



Väggrepp på våt asfalt för slitna och nya vinterdäck

Jämförelse av olika kategorier av vinterdäck

Mattias Hjort
Olle Eriksson

Väggrepp på våt asfalt för slitna och nya vinterdäck

Jämförelse av olika kategorier av vinterdäck

Mattias Hjort

Olle Eriksson

Diarienummer: 2016/0088-8.1

Omslagsbilder: Hejdlösa Bilder AB och VTI/Carl Södergren

Tryck: LiU-Tryck, Linköping 2016

Referat

Denna studie har mätt väggrepp på våt, saltad asfaltväg vid temperaturer kring noll grader för slitna och nya vinterdäck i syfte att undersöka hur väggreppet för de tre olika förekommande typerna av vinterdäck i Sverige försämras med ålder och slitage. Även sommardäck har ingått i studien. Totalt har 84 däck testats, varav 31 helt nya däck och 53 begagnade. Resultaten visar att dubbdäck och nordiska odubbade vinterdäck presterar likvärdigt på detta underlag. Skillnaden mellan nya och slitna däck av dessa två typer är för de flesta undersökta prestandamått i praktiken obefintlig. De nya europeiska däcken presterar cirka 10–13 procent bättre än nya dubbdäck och nordiska odubbade vinterdäck på den våta asfalten vid det aktuella väderförhållandet. För de slitna däcken är prestandaövertaget för de europeiska däcken mindre, cirka 5–7 procent bättre än de andra två typerna av vinterdäck. Sommardäcken presterar i princip likvärdigt eller bättre än de europeiska vinterdäcken, både som nya och slitna.

Titel:	Väggrepp på våt asfalt för slitna och nya vinterdäck. Jämförelse av olika kategorier av vinterdäck.
Författare:	Mattias Hjort (VTI, www.orcid.org/0000-0002-8242-3407) Olle Eriksson (VTI, www.orcid.org/0000-0002-5306-2753)
Utgivare:	VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 901
Utgivningsår:	2016
VTI:s diarienummer:	2016/0088-8.1
ISSN:	0347-6030
Projektnamn:	Slitna vinterdäcks väggrepp på våt asfalt
Uppdragsgivare:	Trafikverket
Nyckelord:	Dubbdäck, dubbfria vinterdäck, nordiska vinterdäck, europeiska vinterdäck, tester, asfalt, friktion
Språk:	Svenska
Antal sidor:	37 + bilagor

Abstract

This study has measured road grip on wet, salted asphalt road at freezing temperatures for used and new winter tyres, with the purpose to investigate how the road grip for the three different types of winter tyres that exist in Sweden degrade by age and degree of wear. Also summer tyres were included in the study. In total, 84 tyres have been tested, of which 31 were completely new while 53 were used. The tyres have been tested on smooth ice and packed snow. The results show that studded tyres and unstudded Nordic winter tyres have the same road grip on the tested road surface. The difference between new and worn tyres for these two tyre types are for most of the investigated performance measures negligible. The new European winter tyres perform 10–13 per cent better than the two other types of winter tyres on wet asphalt in the current weather conditions. For the worn tyres, the advantage of the European tyres is smaller, 5–7 per cent better than the other two types of winter tyres. The summer tyres perform as good as, or better, than the European winter tyres. This applies to both new and worn tyres.

Title:	Road grip on wet asphalt for worn and new winter tyres. A comparison of different types of winter tyres
Author:	Mattias Hjort (VTI, www.orcid.org/0000-0002-8242-3407) Olle Eriksson (VTI, www.orcid.org/0000-0002-5306-2753)
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 901
Published:	2016
Reg. No., VTI:	2016/0088-8.1
ISSN:	0347-6030
Project:	Worn winter tyres road grip on wet asphalt
Commissioned by:	Swedish Transport Administration
Keywords:	Studded tyre, studdless winter tyre, Nordic winter tyre, central European winter tyre, test, asphalt, friction
Language:	Swedish
No. of pages:	37 + appendices

Förord

Denna studie som finansierats av Trafikverket har huvudsakligen utförts av Mattias Hjort som har planerat och varit ansvarig för arbetet, och aktivt medverkat i alla delmoment. Olle Eriksson har ansvarat för och utfört den statistiska analysen av mätdata.

Författarna har fått värdefull hjälp från ett stort antal personer, både inom och utanför VTI, utan vilkas insatser denna undersökning inte hade kunnat utföras. Det är många som förtjänar ett stort tack, och vi vill börja med att tacka uppdragsgivaren, Trafikverket, här representerad av Johnny Svedlund, för ert stöd och er önskan att genomföra en studie av detta slag.

Harry Sörensen, Mikael Bladlund och Carl Södergren utförde mätningarna på Mantorp parks racingbana. Mätningarna hade inte gått att utföra utan Arne Johansson som ansvarade för logistiken och såg till att däck förbereddes och monterades på testfordonen. Ida Järskog hjälpte till med salthaltmätning och Terry McGarvey mätte testbanans textur.

Vi vill tacka Däckhuset i Linköping för hjälp med montering och frakt av däck.

Björn Lidestam har granskat arbetet och kommit med värdefull konstruktiv kritik. Tack också till Eva Åström för arbetet med layout och korrekturläsning av rapporten.

Sist vill vi tacka Allan Ostrovskis från The Scandinavian Tire & Rim Organization (STRO), som både har agerat som referensgrupp till projektet och deltagit aktivt i dess genomförande. Dina djupa kunskaper om däck och däcktestning har än en gång varit ovärderliga.

Linköping, maj 2016

Mattias Hjort
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Granskningsseminarium har genomförts 27 maj 2016 där Björn Lidestam, VTI, var lektor. Författarna har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Jonas Jansson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering den 3 juni 2016. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

Review seminar was performed on May 27 2016 where Björn Lidestam, VTI, reviewed and commented on the report. The authors have made alterations to the final manuscript of the report. The research director Jonas Jansson examined and approved the report for publication on June 3 2016. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	9
Summary	11
1. Introduktion.....	13
1.1. Bakgrund.....	13
1.2. Översikt.....	13
2. Mätmetod	16
2.1. Broms- och styrtester med BV12.....	16
2.2. Bromstester med personbil.....	19
3. Testupplägg och genomförande	21
4. Testresultat	27
4.1. Mätningar med personbil	27
4.2. Jämförelse mellan mobil testtrigg och personbil.....	29
4.3. Bromstester med mobil testtrigg: alla däck.....	30
4.4. Styrtester med mobil testtrigg	31
4.5. Uppdelat på premium och budgetdäck.....	34
4.6. Sammanfattning av däckens prestanda	34
5. Diskussion	36
Referenser	37
Bilaga 1. Alla testade däck.....	39
Bilaga 2. Bromstester med personbil	43
Bilaga 3. Slipkurvor från BV12 bromstester	47
Bilaga 4. Slipkurvor från BV12 styrtester	51
Bilaga 5. Mätdata från tester med BV12.....	55
Bilaga 6. Statistisk utvärdering av bromsprestanda och sidfriktion	59

Sammanfattning

Väggrepp på våt asfalt för slitna och nya vinterdäck – Jämförelse av olika kategorier av vinterdäck

av Mattias Hjort (VTI) och Olle Eriksson (VTI)

Syftet med denna studie har varit att undersöka hur väggreppet på barmark under vinterförhållanden för de olika typerna av vinterdäck försämras med ålder och slitage. Särskild fokus har varit på jämförelsen mellan dubbade och dubbfria vinterdäck. Detta är en fortsättning på en studie utförd av VTI året innan, då på is- och snöunderlag.

Totalt har 84 däck testats, varav 31 helt nya däck och 53 begagnade. Däcken har testats på våt saltad asfaltväg vid nollgradig temperatur. Alla däcken har testats med VTI:s mobila däckprovningstrustning BV12. Dessa tester mätte däckens broms- och styrprestanda. En delmängd av däcken (50 st. varav 16 nya och 34 begagnade) testades också med riktig bil, där bromsprestanda har mätts upp.

Vinterdäcken delas upp i tre huvudkategorier; dubbade däck, dubbfria vinterdäck av nordisk typ och dubbfria vinterdäck av centraleuropeisk typ. Vidare så har en mindre grupp sommardäck också testats som jämförelse. Både däck av premium- och budgetkategori har testats. De slitna däcken valdes ut efter en kartläggning av skicket hos begagnade däck i fyra olika däckhotell, varav ett i Södertälje och ett i Sollentuna. Alla slitna däck hade mönsterdjup mellan 5 och 7 millimeter, och genomsnittsåldern för de olika kategorierna av vinterdäck var 5,5 år. Andel däck från olika tillverkare valdes för att om möjligt överensstämna med de marknadsandelar vi fann vid kartläggningen. När det gäller dubbdäckens skick så har dessa valts ut för att vara representativa för skicket hos de dubbdäck som var lagrade på de undersökta däckhotellen. Detta innebär att dubbdäck i såväl bra som väldigt dåligt skick togs med, och i flera fall testades däckuppsättningar som var olagliga då antalet dubbar varierade för mycket mellan däcken.

Resultat:

- Broms- och styrprestanda för dubbdäck och nordiska däck är i praktiken likvärdiga, nya såväl som begagnade.
- För nya däck så presterar de europeiska däcken cirka 10–13 procent bättre än de andra två typerna av vinterdäck. Detta gäller både bromsning och styrning.
- För dubbdäck och nordiska däck fanns i praktiken ingen skillnad i bromsprestanda mellan nya och slitna däck.
- De slitna europeiska däcken har sämre bromsprestanda än de nya. De slitna europeiska däcken har cirka 5 procent bättre bromsprestanda än de slitna dubb- och nordiska däcken.
- Vid jämförelse av styrprestanda mellan nya och slitna däck så finns ingen skillnad för dubbdäck och nordiska däck när det gäller max sidfriktion. De slitna europeiska däcken har något sämre max sidfriktion än de nya, men är fortfarande bättre än de slitna dubbdäcken och nordiska däcken.
- För alla kategorier av däck gäller att styrprestanda vid hög avdriftsvinkel är cirka 5–8 procent lägre för de slitna däcken jämfört med de nya.

- Bland vinterdäcken så uppvisar både de nordiska och europeiska grupperna av däck tydligt större spridning jämfört med dubbdäcken när det gäller bromsprestanda. Detta gäller både nya och slitna däck. För styrprestanda kunde ingen skillnad i spridning ses mellan däcken.
- Sommardäcken presterar i princip likvärdigt eller bättre än de europeiska vinterdäcken, både som nya och slitna.

Det ska dock påpekas att det trots detta inte är lämpligt att använda sommardäck vid dessa temperaturer då de blir markant sämre än vinterdäck vid isbildning. Andra studier har visat att för ett vinterdäck så är is och snögrepp de viktigaste egenskaperna med avseende på olycksrisk. På dessa underlag visade den tidigare VTI-studien att de europeiska vinterdäcken presterar markant sämre än dubbdäck och nordiska vinterdäck.

Summary

Road grip for worn and new winter tyres – A comparison of different types of winter tyres

by Mattias Hjort (VTI) and Olle Eriksson (VTI)

The purpose of this study was to investigate how the asphalt grip during winter conditions for different types of winter tyres degrade by age and degree of wear. Special focus was on the comparison between studded and unstudded winter tyres.

In total, 84 tyres have been tested, of which 31 were completely new while 53 were used. The tyres have been tested on wet, salted asphalt road at temperatures around zero degrees Celsius. All tyres were tested using VTI's mobile tyre test equipment, the BV12. These tests measured the braking and steering performance of the tyres. A subgroup of tyres (50, of which 16 were new and 34 used) were also tested with a passenger car, which measured braking performance.

The winter tyres are divided into three main types: studded winter tyres, unstudded winter tyres made for Nordic conditions, and unstudded winter tyres made for central European conditions. In this report referred to as studded, Nordic and European tyres. In addition, a smaller group of summer tyres were also tested for comparison. Both premium and budget tyres were tested. The used tyres for selected after a survey of the condition of used winter tyres at four different tyre hotels, two of which situated close to Stockholm. All the used tyres had a tread depth between 5 and 7 millimetres, and the average age for the winter tyres of each selected subgroup were 5.5 years. The share of tyres from different manufacturers was chosen so that if possible it would agree with the market share found in the survey. The condition of the studded tyres was chosen in order to be representative for the condition of the studded tyres stored at the tyre hotels. This means that studded tyres both in good and bad condition were selected. In some cases, the set of tyres tested on a car were illegal, since the number of studs differed too much between the four tyres.

Results:

- Studded tyres and unstudded Nordic winter tyres have the same are performance, for both braking and steering. This applies to new as well as used tyres.
- For new tyres, the European winter tyres performs 10–13 per cent better than the two other types of winter tyres. This applies to both braking and steering.
- For studded tyres and Nordic winter tyres there is no difference in brake performance between new and worn tyres.
- The worn European winter tyres have worse brake performance than the new ones. The worn European tyres have 5 per cent better brake performance than the worn studded and Nordic winter tyres.
- A comparison of the steer performance between new and worn tyres were made and no difference could be seen for either studded tyres or Nordic winter tyres with respect to maximum lateral friction force. The worn European winter tyres have somewhat lower maximum lateral friction force compared to new ones. Still, they are better than the worn studded and Nordic winter tyres.
- For all categories of tyres, the steer performance at high slip angles is 5–8 Per cent lower for worn tyres compared to new.

- The unstudded winter tyres show a larger variation of brake performance within each group compared to the studded tyres. This was seen for both new and worn tyres. For steer performance no difference in variation was found for the different types of tyres.
- The summer tyres perform as good as, or better than the European winter tyres. This applies to both new and worn tyres.

It must be stressed that it is not suitable to use summer tyres at these low temperatures since they are much worse than winter tyres in icy conditions. Other studies have shown that for a winter tyre, ice and snow grip are the most important properties with respect to accident risk. The previous VTI study showed that the European tyres perform much worse than studded tyres or Nordic winter tyres on ice and snow.

1. Introduktion

1.1. Bakgrund

Att som konsument välja vinterdäck idag är komplicerat och det finns många faktorer att ta hänsyn till. När det gäller väggrepp vid vinterväglag har dubbdäck generellt visat sig ge bäst grepp på de halaste underlagen, såsom blankis och våt is. VTI genomförde 2015 en stor studie av begagnade däck, med syftet att undersöka hur väggreppet för de olika typerna av vinterdäck försämras med ålder och slitage (Hjort och Eriksson, 2015). I studien jämfördes is- och snögrepp för grupper av olika typer av vinterdäck, där slitagegrad för de olika däcken kan anses likvärdiga. Särskilt fokus lades på jämförelsen mellan dubbade och dubbfria vinterdäck.

Denna studie är en naturlig fortsättning på det tidigare arbetet, med syfte att också jämföra de olika däcktypernas prestanda på vinterväg med barmark. Då våt vägbanan har lägre friktion än torr är det mest intressanta barmarksväglaget våt, saltad asfaltväg vid temperaturer kring noll grader, eller något kallare. Det påstås ofta att sommardäck blir mycket sämre vid kalla temperaturer, men det finns ingen vetenskaplig undersökning som närmare har jämfört sommar- och vinterdäck på barmark under sådana förhållanden. Därför utökades däcken från första studien med ett antal sommardäck. Det är dock fortfarande jämförelsen mellan de olika typerna av vinterdäck som är det huvudsakliga syftet med denna undersökning.

En tidigare studie av personbilsdäcks bromsfriktion på våt asfalt utfördes i juni 1996 av VTI (Nordström och Gustavsson, 1996). Bromstester med VTI:s däckprovningstrustning BV12 genomfördes med nya och slitna däck (2 – 5 mm mönsterdjup) av olika typer. Dock har ingen liknande studie på asfalt vid vinterförhållanden utförts såvitt författarna känner till.

1.2. Översikt

Totalt har 84 däck testats, varav 31 helt nya däck och 53 begagnade. Däcken har testats på våt, saltad asfaltväg av typ ABT11. Denna asfalttyp är vanlig på svenska landsvägar. Alla däcken testats med BV12, där testerna mätte däckens broms- och styrprestanda. En delmängd av däcken (50 st, varav 16 nya och 34 begagnade) testades också med riktig bil, där bromsprestanda mättes.

Däcken delas upp i fyra huvudkategorier: dubbade däck, dubbfria vinterdäck av nordisk typ, dubbfria vinterdäck av centraleuropeisk typ, samt sommardäck. De två kategorierna av odubbade vinterdäck benämns härefter som ”nordiska” respektive ”europeiska” för enkelhets skull. Varje kategori kan sedan delas in i premium- eller budgetsegment. Tabell 1 visar hur många däck som valdes ut av varje kategori, där siffror inom parantes anger de som valdes ut för att också testas med personbil. Alla däck från den förra studien, förutom ett begagnat dubbdäck, användes också i denna studie. Anledningen att ett dubbdäck inte kunde tas med var att den hade felaktig dimension.

Tabell 1. Antal testade däck fördelat på olika kategorier.

	Premium	Budget	Totalt
Dubb ny	4 (2)	5 (2)	9 (4)
Dubb beg.	8 (5)	9 (5)	17 (10)
Nordisk ny	4 (2)	5 (2)	9 (4)
Nordisk beg.	8 (5)	8 (5)	16 (10)
Europeisk ny	4 (2)	5 (2)	9 (4)
Europeisk beg.	8 (5)	8 (5)	16 (10)
Sommar ny	2 (2)	2 (2)	4 (4)
Sommar beg.	2 (2)	2 (2)	4 (4)

Däcken är utvalda för att vara representativa för de olika kategorierna med avseende på egenskaper som listas nedan. De begagnade däcken har alla ett mönsterdjup mellan 5 och 7 mm, och genomsnittsåldern för varje kategori är ca 5,5 år. Undantaget är gruppen begagnade dubbdäck, som har en snittålder på 6,5 år, samt sommardäcken vilka är betydligt yngre, knappt 3 år. Inget av de begagnade vinterdäcken var yngre än 3 år. De utvalda vinterdäcken är representativa för den fördelning av märken, ålder, gummihårdhet, dubbutstick och antal kvarvarande dubbar som vi funnit vid en däckinventering hos däckhotell i Sollentuna, Södertälje, Linköping och Malmö, där däck slitna till mellan 5 och 7 mm valts ut. Ett nytt vinterdäck har ett mönsterdjup på ca 10 mm, och mönsterdjupskravet är 3 mm, varför 5 till 7 mm ansågs lämpligt för denna undersökning. För att kunna genomföra jämförbara tester användes endast en däckdimension. Vi valde 205/55-16, vilken enligt däckförsäljare är den vanligaste vinterdäcksdimensionen i Sverige idag. Arbetet med hur inventering av däck och hur representativa däck till de olika grupperna valts ut beskrivs i Hjort och Eriksson (2015). Alla testade däck listas i Bilaga 1.

I samråd med skandinaviska branschföreningen för däck- och fälg tillverkare, STRO, definierades premiumdäck som däck från följande 6 märken: Michelin, Bridgestone, Goodyear, Continental, Nokian och Pirelli. Budgetsegmentet kan normalt delas in i olika prissegment, men då det av resursskäl endast var möjligt att ha en budgetkategori i detta test fick denna representera alla prissegment. Stor vikt lades därför på att välja ut däck både från lågbudgetmärken såväl som dyrare budgetdäck.

De ska framhållas att sommardäcken i denna studie inte valdes ut lika metodiskt som vinterdäcken, och därför inte är lika representativa för sina respektive typ av däck som de olika grupperna av vinterdäck.

Bromstester med personbil utfördes som beskrivits endast med en delmängd av däcken, 50 av totalt 84. Det fanns inte resurser för att kunna mäta alla testdäcken med personbil så ett urval var nödvändigt. Denna delmängd valdes ut med omsorg för att i så hög grad som möjligt fortfarande ge grupper av däck som var representativa för de olika typerna. Det är dock viktigt att ha i åtanke att mindre grupper alltid riskerar problem med representativitet. En ytterligare nedbrytning i subgrupper av premium- och budgetdäck blir problematisk om däcken är för få, och bör därför endast göras för testerna utförda med alla däcken.

I testerna så mäts i huvudsak så kallade ”steady state”-egenskaper. Detta är typiskt genomsnittlig retardation under full inbromsning med ett fordon. Styrprestanda är styrförmåga vid konstant

rattvinkel, vilket motsvarar körning i kurva, samt jämförelser av styrförmåga för små respektive stora rattvinklar. Det senare ger en uppfattning på hur förutsägbart ett däck beter sig vid en hastig undanmanöver med avseende på över- och understyrning. Vad som dock inte varit möjligt att testa är hur snabbt däcken reagerar vid ett hastigt rattutslag, exempelvis vid en undanmanöver. Alla däck har en inbyggd reaktionstid från det att ratten vridits tills fordonet börjar svänga. Denna beror på att gummiytan i däckens slitbana måste sträckas ut för att friktionskrafterna ska byggas upp. Vidare så är det inte entydigt hur man ska tolka resultaten av mätningarna. Ser man krasst på det så har vi två separata däcktest: ett med nya däck och ett med ca 5,5 år gamla. Syftet med att inkludera de nya däcken i testet var att undersöka hur mycket de olika däcktyperna tappar i prestanda när de slitits jämfört med när de var nya. För att kunna dra sådana slutsatser från dessa tester krävs dock att prestandaförhållanden mellan de tre däcktyperna är samma idag som de var för 6 år sedan. De nya däcken är dessutom två eller tre generationer nyare än de begagnade, vilket understryker svårigheten vid denna typ av jämförelser.

Vid däcktester på is och snö är testbanans väggrepp föränderligt, och man brukar därför oftast mäta ett däckets prestanda relativt ett referensdäck. I princip så görs en mätning med referensdäcket, varpå mätningar utförs med några olika testdäck, vilket avslutas med ytterligare en mätning med referensdäcket. Det uppmätta absoluta mätvärdet, exempelvis en bromssträcka, används inte direkt i analysen. Istället är det bromssträckans längd i förhållande till de två referensmätningarna som används. Eftersom flera mätvärden justeras mot samma referensmätningar så införs beroenden i de justerade mätvärdena. En efterföljande analys måste därför ta hänsyn till sådana beroenden.

För tester på våt eller torr asfalt så slits däcket kraftigt, varför det är svårt att garantera referensdäckets egenskaper, även om en större mängd referensdäck hade använts. Därför valdes att genomföra testerna utan referensdäck, och istället använda absoluta mätvärden vid jämförelser mellan däcktyper. Det är förstås fortfarande möjligt att normera ett enskilt däckets mätresultat mot en given referensnivå, och på så sätt få ett prestandavärde i förhållande till referensen. I denna studie har vi för varje mått använt medelvärdet för gruppen nya nordiska däck som referensnivå.

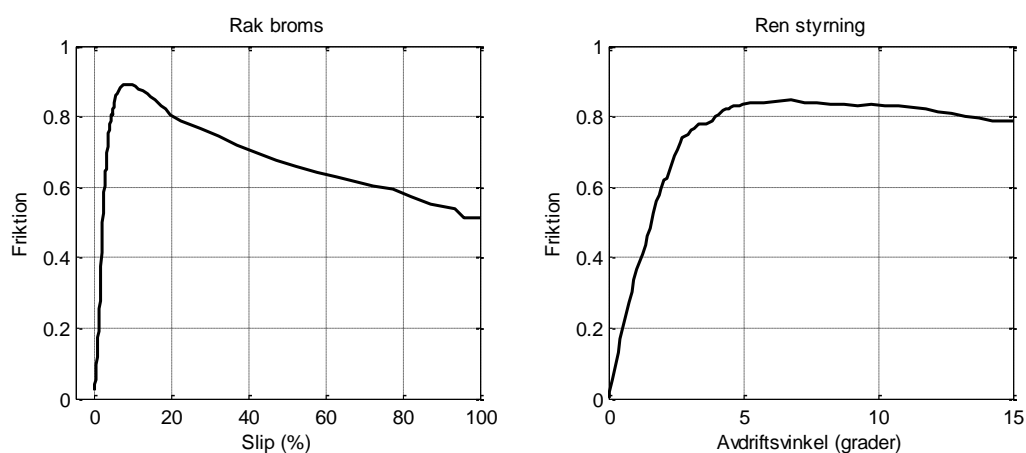
Från bromstester med bil har vi använt retardation som prestandamått. Retardationsprestanda kan enkelt relateras till bromssträcka då bromssträcka är omvänt proportionell mot retardationen. Exempelvis: ett testdäck med bromsprestanda på 80 % innebär att referensgruppens bromssträcka i jämförelse är 80% av testdäckets bromssträcka. En alternativ formulering är att testdäckets bromssträcka är $1/0.80 = 1.25$ ggr referensgruppens bromssträcka, alltså 25 % längre. Bromsprestanda på 50 % innebär alltså att bromssträckan är dubbelt så lång jämfört med referensgruppen.

2. Mätmetod

2.1. Broms- och styrtester med BV12

Tester utfördes med VTI:s mobila däckfriktionsmätare, benämnd BV12, se Figur 3. Här placeras testdäcket i en mättrigg fäst på en lastbil, med vilken både broms- och styrtester kan utföras. Samma hjullast och däcktryck användes som i den tidigare studien på is och snö, vilka var valda för att vara representativa för en normal Volvo V70. Hjullasten var 4200 N och däckens ringtryck var 220 kPa. Mätningarna utfördes vid en konstant hastighet av 50 km/h.

För jämförelser av olika däck mäts vanligtvis friktionskrafterna vid bromsning med rakt hjul, samt rena styrtester utan bromsning där hela mättriggen roteras, vilket skapar en avdriftsvinkel för hjulet. Denna varierar mellan noll grader upp till ett värde som motsvarar ett sladdförlopp, vanligtvis mellan 15 grader. Detta genererar så kallade slipkurvor (efter engelskans "slip" vilket betyder glidning eller halkning). Typiska slipkurvor för personbilsdäck på våt asfalt från tester i denna studie visas i Figur 1.



Figur 1. Typiska slipkurvor för rak broms och ren styrning från mätningar på våt asfalt i denna undersökning.

Slipkurvorna visar hur friktionskrafterna varierar med mängden pålagd broms (slip) samt pålagd avdriftsvinkel. Slip är ett mått på graden av hjullåsning, där 0 % motsvarar ett obromsat frirullande hjul, och 100 % motsvarar ett låst hjul.

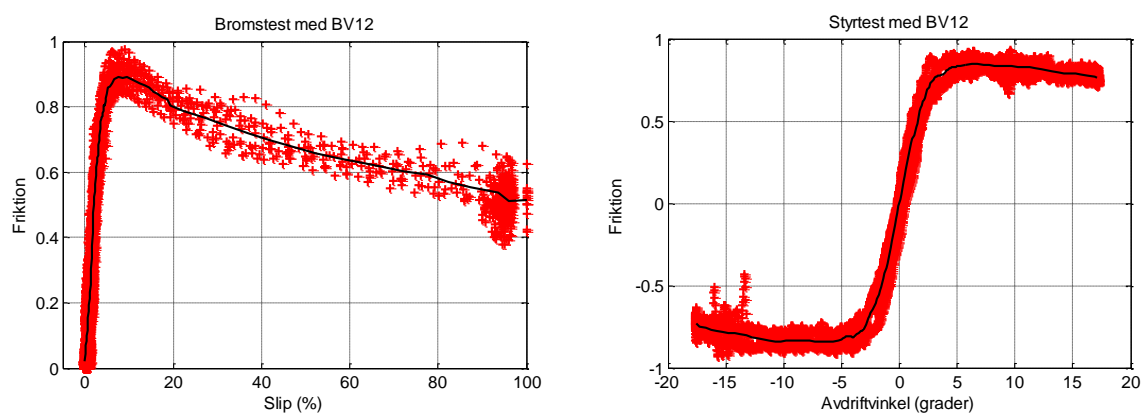
En friktionskraft verkar i rakt motsatt rörelseriktning, och det är vanligt att dela upp kraften i två komponenter: en kraft i hjulets riktning och en vinkelrätt mot hjulets riktning. Vid raka bromstester verkar friktionskrafterna i hjulriktningen och vid styrtester huvudsakligen vinkelrätt mot hjulet, så kallad sidkraft. Ofta divideras friktionskrafterna med den pålagda hjullasten vilket ger så kallad normerad friktionskraft, eller kort och gott friktionstal. I denna rapport avser bromsfriktion den normerade bromskraften mätt vid rak bromsning, och styrfriktion den normerade sidkraft som uppstår vid en pålagd avdriftsvinkel.

Som framgår av den vänstra grafen så finns ett tydligt maximum när det gäller bromskraften. Denna brukar inträffa vid ca 10–20 % slip. Om ytterligare bromsmoment läggs på bromsarna kommer slipet att öka och friktionskraften kommer då att minska. Detta leder ofrånkomligen till hjullåsning, vilket normalt innebär en markant minskning av bromskraften. Den största faran med att låsa hjulen vid inbromsning är dock inte att bromssträckan blir längre, utan att förmågan att generera sidkraft vid pålagd avdriftsvinkel försvinner. Om framhjulen låser vid inbromsning innebär det att styrförmågan försvinner, och om bakhjulen låser så blir fordonet instabilt och börjar rotera, en så kallad sladd.

I den högra grafen i Figur 1 visas sambandet mellan sidkraft (kraften lateralt mot hjulets riktning) och hjulets avdriftsvinkel. Denna kurva påminner om den för bromskraften, men har inte ett lika tydligt maximum och minskar inte lika kraftigt efter maximum. Normalt sett inträffar maximal sidkraft vid mellan 5 och 10 graders avdriftsvinkel.

För att erhålla slipkurvor med god mätnoggrannhet utfördes ett antal upprepade mätningar, vilka sedan medelvärdesbildades för att skapa en slipkurva. För bromstesterna gjordes 16 bromsningar för varje däck, varav 8 i testbanans ena riktning, och 8 i motsatt riktning. För styrtesterna gjordes totalt fyra svepningar per däck av avdriftsvinkeln mellan -20° och $+20^\circ$, två svep i varje riktning av testbanan. Mätningarna utfördes med en samplingsfrekvens på 200 Hz. Ett enskilt styrsvep tog ca 10 sekunder att genomföra, och en bromsning ca 1 sekund.

Testupplägg och genomförande av testerna beskrivs i kapitel 3. Slipkurvor och detaljerade mätdata för varje däck redovisas i bilagorna.



Figur 2. Exempel på slipkurvor mätta på våt asfalt med den mobila testriggen. Medelvärdesbildad kurva (svart) och de separata mätningarna (röd).



Figur 3. VTI:s mobila däckfriktionsmätare, BV12. Foto Carl Södergren, VTI.

Relevanta mått från slipkurvorna:

Låsning fria bromsar (ABS) har för person- och lastbilar minskat problemen med hjullåsning och skillnaderna mellan däcken blir därför inte lika tydliga vid inbromsning som utan ABS-bromsar. Ett däck som förlorar stora delar av sin maximala friktion vid låsning medför dock en större utmaning för systemet att hantera, och leder till en minskning av prestanda. Ett viktigt mått vid jämförelse av olika däck på underlag med låg friktion har därför varit den så kallade bromsstabiliteten, vilken definieras som kvoten mellan bromskraft vid låst hjul och den maximala bromskraften. Ju högre bromsstabilitet, desto bättre förutsättningar har ABS-systemet. Testerna i denna undersökning indikerar att vid bromsning med ett modernt ABS-system på hög friktion så verkar inte hög bromsstabilitet vara nödvändigt för höga bromsprestanda. Från jämförelse mellan bromstester med personbil och den mobila testriggen togs en enkel bromsmodell fram för uppskattning av genomsnittlig retardation vid maximal inbromsning från en uppmätt broms-slipkurva. I denna bromsmodell så antas ett ökande bromstryck så att maximal bromskraft mellan däck och vägbana uppnås. Efter detta ökas bromstrycket ytterligare till dess att bromskraften minskat till 95 % av den maximala, varpå bromstrycket släpps och slipet sjunker. När hjulet är nästan frirullande (0,5 % slip) så ökas bromstrycket igen, och proceduren upprepas. Den enkla modellen saknar dynamik, och ABS-systemet antas tillbringa lika stor tid i hela slipintervallet $[0,5 \text{ slip}_{\text{max}}]$, där slip_{max} är det högsta uppnådda slipvärdet. Ett genomsnittligt friktionsvärde μ fås genom att integrera slipkurvan i det specifika slipintervallet, vilket exemplifieras i Figur 4. Retardationen a_r bestäms sedan genom att multiplicera med tyngdaccelerationen (g):

$$a_r = \mu g$$

Då slipet vid maximal friktion varierar för de testade däcken, varierar också slipintervallet för de olika däcken.

För styrprestanda har flera mått studerats:

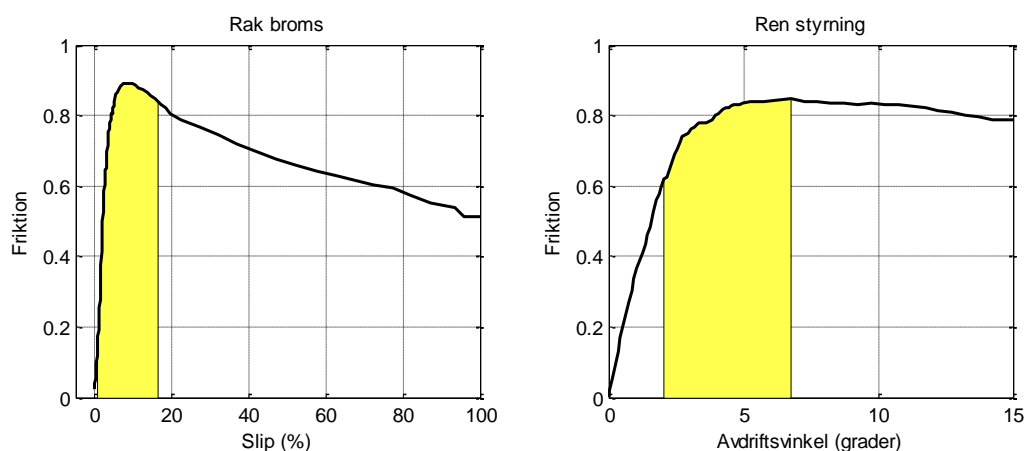
- Maximal sidfriktion
- Sidfriktion integrerat mellan 2 och 7° avdriftsvinkel.
- Sidfriktion vid 15° avdriftsvinkel. Detta motsvarar en sladdsituation.
- Styrstabilitet.
- Slipstyvhet

Det integrerade sidfriktionsmåttet kan motiveras av att det motsvarar styrförmåga i ett vinkelområde som täcker in normala rattvinklar vid en undanmanöver i hög hastighet, och där däcket har en hög utnyttjandegrad av maximal friktion, och inte längre beter sig linjärt med avseende på avdriftsvinkel. En personbil har normalt en utväxling på 16 gånger mellan hjulvinkel och rattvinkel, och vid ett väldigt snabbt styrutslag i hög hastighet kommer hjulets avdriftsvinkel initialt att vara rattvinkel dividerat med utväxling. Det motsvarar ett rattvinkelområde från ca 30 till 110°.

Styrstabilitet definieras som sidfriktionen vid 15° avdriftsvinkel dividerad med den maximala sidfriktionen. Om sidfriktionsmaximum överskrids först på bakhjulen kommer bilen att råka ut för en s.k. bakvagnssladd, vilket innebär att fordonet börjar rotera på ett oönskat sätt. Ju lägre stabilitetstal desto snabbare utvecklas sladdrörelsen och är då naturligtvis svårare att häva med styrkorrektioner. Om istället framhjulen överskrider vinkeln för sidofriktionsmax avtar kurvtagningsförmågan vid ökat rattutslag. Ju lägre stabilitetstal desto större är denna minskning som upplevs som att bilen tappar styrförmågan och tenderar att gå rakt fram.

Slipstyvhet definieras som slipkurvans initiala lutning, och högre slipstyvhet innebär att däckets reagerar snabbare på rattutslag. Slipstyvheten är dock inte den enda faktorn som påverkar däckets reaktionstid. Däckstommens styvhet är också en viktig egenskap, vilken vi inte har testat i denna undersökning.

Vad gäller låg friktion så har vi bedömt den integrerade sidfriktionen, sidfriktion vid 15° avdriftsvinkel, och styrstabilitet som de tre viktigaste måtten. Denna undersökning visar dock att styrstabiliteten på den våta, saltade asfaltbanan är hög för alla de testade däcken. Avsaknad av en utpräglad friktionstopp innebär att det är lättare att uppnå maximal styrförmåga vid exempelvis en undanmanöver jämfört med isigt underlag, där friktionstoppen ofta är utpräglad och smal. Därför har maximal sidfriktion och sidfriktion vid 15° avdriftsvinkel valts som de två viktigaste måtten för trafiksäkerhet. Slipstyvheten har också utvärderats, men huruvida hög slipstyvhet är positivt för trafiksäkerhet är oklart. En ny simulatorstudie indikerar att förare upplever däck med högre slipstyvhet som mer kontrollerbara jämfört med däck med lägre slipstyvhet, ifall däckens egenskaper i övrigt är samma (Kusachov et al., 2016).



Figur 4. De integrerade måtten för bromsning (vänster) och styrning (höger), representerade av de gula fältens ytor.

2.2. Bromstester med personbil

Bromstester med personbil utfördes med en delmängd av däcken, 50 av totalt 84. Mätfordonet var en Volvo V60 D4 AWD. Samma däcktryck, 220 kPa, som för testerna med den mobila testriggen användes. Bilen var utrustad med ett GPS-baserat mätsystem av märke VBOX, vilken mätte fordonets position, hastighet och acceleration med en samplingsfrekvens på 100 Hz. För ökad mätnoggrannhet var en s.k. IMU (Intertial Measurement Unit), bestående av en treaxlig accelerometer och vinkelhastighetsgyro kopplad till VBOXen.

För varje däck utfördes fem separata inbromsningar från 75 km/h till stillastående. Bromssträckan mellan 70 och 5 km/h har fullt utvecklad ABS-retardation och kan mätas med stor noggrannhet med VBOXen.

Från bromssträckan mellan 70 och 5 km/h beräknas den genomsnittliga retardationen a_r enligt

$$a_r = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2s}$$

där v_1 är starthastigheten (m/s) och v_2 är sluthastigheten (m/s), och s är bromssträckan (m). För det specifika fallet för bromssträcka mellan 70 och 5 km/h blir $a_r \approx 188,1/s$.

Mätvärden från enskilda bromsningar redovisas i Tabell 17 i Bilaga 2. För ett enskilt däck var standardavvikelsen för de fem uppmätta retardationerna oftast inom 1-2 % av medelvärdet, vilket indikerar bra reliabilitet i mätningen.

3. Testupplägg och genomförande

Testerna utfördes på Mantorp Park racingbana den 24 februari till 2 mars 2016. Testerna utfördes parallellt med både personbil och den mobila testtriggen. För bromstesterna med personbil användes en ca 40 meter lång och 4 meter bred sträcka. För testerna med testtriggen användes en ca 400 meter lång del av racingbanans raksträcka. Då banan har en lutning i longitudinell led utfördes för varje däck ett lika stort antal mätningar i båda riktningarna.



Figur 5. Testbanan på Mantorp Park: långa raksträckan för tester med mobil testtrigg. Foto Mattias Hjort, VTI.



Figur 6. Bromstest med personbil. Foto Mattias Hjort, VTI.

Lufttemperaturen varierade mellan -2 och $+3^{\circ}\text{C}$ och vädret mellan mulet och soligt. Testbanans temperatur varierade på samma sätt från ett par minusgrader till fem plusgrader. Testbanan vattnades med jämna mellanrum, och salt (NaCl) ströddes ut med saltbil i både vattenupplöst och fast form. Saltning utfördes varje morgon innan mätningarna påbörjades, samt vid behov också på eftermiddagen. Salthalten mättes kontinuerligt, och låg mellan 40 g/m^2 (nysaltat) och 5 g/m^2 (efter ett antal vattningar efter saltning). Vid en saltning av svensk vinterväg lägger man ut en saltmängd som beror på aktuell eller förväntad vattenmängd på vägen. Normalt innebär det $5 - 40 \text{ g/m}^2$. Det finns ingen undersökning som visar att NaCl salthalt påverkar vägfriktionen, så länge vattnet inte fryser till is.



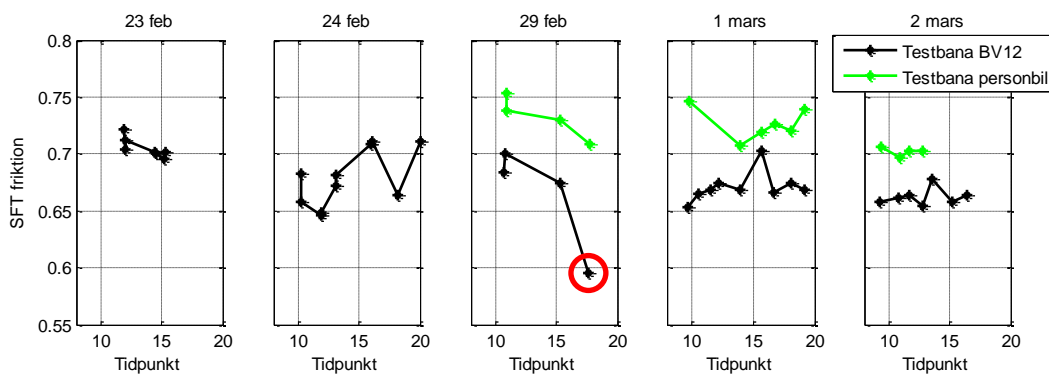
Figur 7. Saltning av testbanan. (Foto Carl Södergren, VTI). Mätning av salthalt. (Foto Mattias Hjort, VTI)



Figur 8. Vattning av testbanan. (Foto Carl Södergren, VTI)

För att testbanan ska hålla en jämn friktion är det viktigt att den inte torkar upp, utan förblir våt. Vid mätningar med den mobila testtriggen lägger mätfordonet normalt ut ett tunt vattenskikt framför mät hjulet. Detta förfarande bedömdes dock kunna leda till att saltet späddes ut och spolades bort från testbanan, med isbildning som följd. Istället vattnades båda testbanorna vid behov. För testerna med personbil inspekterades banan inför varje nytt test. Inspektion av testbanan för testtriggen kunde inte utföras lika ofta då den var 400 meter lång. Båda testbanornas friktionsnivåer mättes också regelbundet med VTI:s SAAB Friction Tester (SFT), vilket är ett standardinstrument för mätning av friktion på svenska vägnätet. Normalt lägger SFT ut vatten framför mät hjulet vid mätning på samma sätt som mobila testtriggen. Här utfördes dock mätningarna utan vatten. Syftet med mätningarna var endast att få uppfattning om hur mycket friktionen varierar och för att eventuellt upptäcka problem med isbildning eller upptorkning. SFT friktionsnivåer för de olika mät dagarna visas i Figur 9.

Mätningarna ska tolkas med viss försiktighet då varje mätning endast representerar en enstaka körning över testbanan, vilket ger en ökad osäkerhet jämfört med upprepade mätningar. Vid ett antal tillfällen utfördes två mätningar i följd, och även om dessa ofta visade väldigt lika värden kunde friktionen dock skilja upp till 0,025 enheter mellan de två mätningarna. Uppmätt SFT-friktion på personbilens testbana var mellan 0,7 och 0,75, och på BV12-banan låg den huvudsakligen mellan 0,65 och 0,7 om man bortser från ett problem med isbildning (markerad med röd ring). Den markerade isbildningen upptäcktes och de tester som utfördes under dessa förhållanden gjordes om. Även om testbanornas friktion får betraktas som jämn, så är variationen så stor att det är viktigt att balansera däckens testordning.



Figur 9. Friktionsnivåer uppmätta med SFT under de olika mätdagarna.

Av de totalt 84 däck, testades 50 med både testtrigg och personbil. Dessa däck delades upp i 14 testserier med tre däck i varje serie, se Tabell 3. De förkortningar som använts för de olika däcktyperna förklaras i Tabell 2. Ett specifikt däck namnges med däcktyp och en siffra.

Som framgår av Tabell 4, så kan serierna delas in i fyra olika typer: ny premium (NP), ny budget (NB), begagnat premium (BP), och begagnat budget (BB). För att reducera inverkan av olika väderförhållanden mellan testdagarna vill man variera testordningen så att de olika typerna sprids ut jämnt under den totala tiden testerna tar i anspråk. Idealt vill man också om möjligt balansera testordningen för att ta hänsyn till systematiska förändringar i vädret, exempelvis att det ofta är kyligare på morgon och kväll, samt starkt solsken (vilket kan inträffa några timmar mitt på dagen) vilket främst kan påverka testbanans friktion (i form av isbildning eller upptorkning), men även däckens prestanda.

Då tester med personbil och den mobila testtriggen tog olika lång tid var det i praktiken omöjligt att konstruera en testordning som balanserade ut den förväntade dagliga vädervariationen. Istället följde vi en testordning där däckerna delades upp i två kluster, på samma sätt som de tidigare testerna på snö (Hjort och Eriksson, 2015). Testerna i de båda klustren följer samma ordning mellan typerna med den skillnaden att premiumdäck är skiftade mot budgetdäck för respektive serie.

Tabell 2. Använda förkortningar för däcktyper och testserier

Kategorier av däcktyper	Kategorier av olika serier
ND: ny dubb	NP: ny premium
BD: begagnat dubb	ND: ny budget
NN: ny nordisk	BP: begagnat premium
BN: begagnat nordisk	BB: begagnat budget
NE: ny europeisk	
BE: begagnat europeisk	
NS: ny sommar	
BS: begagnat sommar	

Tabell 3. Testserier för de 50 däck som testades med både personbil och mobil testtrigg.

	Typ	Dubbad	Nordisk	Europisk	Sommar
Nytt		4 däck:	4 däck:	4 däck:	4 däck:
1	Premium	ND2	NN1	NE1	NS1
2		ND3	NN4	NE3	NS2
3	Budget	ND5	NN5	NE7	NS3
4		ND9	NN7	NE8	NS4
Beg.		10 däck:	10 däck:	10 däck:	4 däck:
5	Premium	BD1	BN1	BE1	BS1
6		BD2	BN2	BE2	BS2
7		BD5	BN3	BE3	
8		BD8	BN5	BE5	
9		BD9	BN7	BE6	
10	Budget	BD10	BN9	BE9	BS3
11		BD11	BN11	BE12	BS4
12		BD14	BN14	BE13	
13		BD15	BN15	BE14	
14		BD17	BN16	BE15	

Tabell 4. Den ordning i vilken serierna i Tabell 3 testades. Grupper markerade med * innehåller sommardäck.

Serie	Kluster 1	1	10	5	13	3	7	12
Typ		NP*	BB*	BP*	BB	NB	BP	BB
Serie	Kluster 2	4	6	11	8	2	14	9
Typ		NB	BP*	BB*	BP	NP*	BB	BP

En serie i kluster 1 testades från vänster till höger enligt Tabell 3, vilket innebär följande ordning: dubb – nordisk – europeisk – sommar. En serie i kluster 2 testades i omvänd ordning, dvs sommar – europeisk – nordisk – dubb.

För den mobila testtriggen så fanns det ytterligare 35 däck att testa. En liknande tabell med testserier konstruerades även för dessa däck, se Tabell 5. Dessa balanserades så gott det var möjligt. En serie i kluster 1 testades i följande ordning: dubb – nordisk – europeisk, medan testordningen var den omvända i kluster 2 och 3.

Tabell 5. Testserier för de 35 däck som testades med enbart med den mobila testtriggen.

	Typ	Dubbad	Nordisk	Europisk
Nytt		5 däck:	5 däck:	5 däck:
1	Premium	ND1	NN2	NE2
2		ND4	NN3	NE4
3	Budget	ND6	NN6	NE5
4		ND7	NN8	NE6
5		ND8	NN9	NE9
Beg.		8 däck:	6 däck:	6 däck:
6	Premium	BD3	BN4	BE4
7		BD7	BN6	BE7
8		BD6	BN8	BE8
9	Budget	BD12	BN10	BE10
10		BD13	BN12	BE11
11		BD16	BN13	BE16
12		BD18		

Tabell 6. Den ordning i vilken serierna i Tabell 3 testades.

Serie	Kluster 1	1	9	6	3	10
Typ		NP	BB	BP	NB	BB
Serie	Kluster 2	4	7	11	2	8
Typ		NB	BP	BB	NP	BP
Serie	Kluster 3	5	12			
Typ		NB	BB			

Mätningarna med den mobila testtriggen utfördes enligt beskrivningen i kapitel 2.1. Först genomfördes styrtester med alla däcken, vilket tog 2 dagar, varefter bromstester utfördes de återstående tre dagarna.

Mätningarna med personbil utfördes parallellt med mätningarna med testtriggen, och tog drygt tre dagar.

4. Testresultat

I detta kapitel presenteras och diskuteras resultaten från mätningarna. Först presenteras bromsmätningarna med personbilen, vilka omfattade 50 däck. Sedan görs en jämförelse mellan bromsresultat för personbil och den mobila testtriggen med samma 50 däck, vilken ger stöd åt den bromsmodell som används för att bestämma bromsprestanda från BV12-mätningarna. Vidare görs en analys av broms- och styrprestanda för alla 84 däcken med testtriggen. Slutligen görs en jämförelse mellan grupperna premium och budgetdäck baserat på mätningarna med testtriggen. En formell statistik analys av resultaten redovisas i Bilaga 6. Analysen sammanfaller väl med vad som redovisas i det här kapitlet, och presenterar dessutom ytterligare information om strukturer i data och signifikanta effekter. Redovisningen i Bilaga 6 behandlar broms- och styrfriktion i samma ordning som det här kapitlet.

Viktigt att tänka på är att sommardäcken i denna studie inte valdes ut lika metodiskt som vinterdäcken, och därför inte är lika representativa för sina respektive typ av däck som de olika grupperna av vinterdäck. Sommardäcken är dessutom färre, 8 stycken, jämfört med vinterdäcken som är ca 25 av varje typ. Därför bör resultaten med sommardäck tolkas med viss varsamhet.

De undersökta däcken har selekterats så att de representerar fördelningen av däckmodeller inom respektive kategori. De är inte slumpmässigt valda vilket bryter mot en förutsättning för de statistiska analyserna. Förutsatt att selektionen har varit välgjord så liknar detta ett systematiskt urval ur en, åtminstone delvis, ordnad population. För en ordnad population är ett medelvärde baserat på systematiskt urval bättre än ett medelvärde baserat på slumpmässigt urval som skattning av väntevärdet. Andra egenskaper kan däremot bli sämre med den här urvalsmetoden. Att utreda alla konsekvenser av selektionen skulle bli mycket omfattande.

4.1. Mätningar med personbil

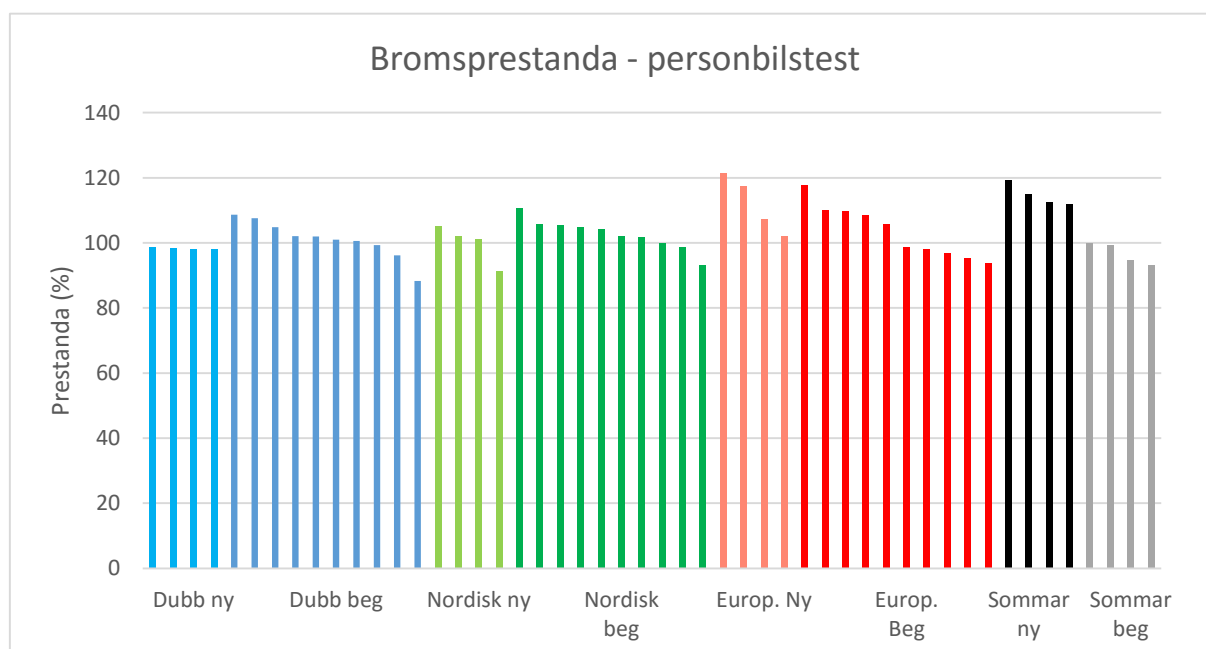
Resultat från bromstesterna med personbil visas i Tabell 7, samt i Figur 10. Dessa tester utfördes på en delmängd av de däck som testades med den mobila testtriggen. Bromsresultaten går att jämföra med de från mätningarna med testtriggen, vilket görs nedan i kapitel 4.2. I prestandajämförelserna så har gruppen nordisk ny (4 däck) använts som referens. De individuella mätresultaten presenteras i Bilaga 2.

Det framgår av Tabell 5 att dubbdäck och nordiska däck presterar i princip likvärdigt. Detta gäller såväl nya som begagnade, och även om det finns en svag tendens till att de slitna däcken bromsar något bättre så är skillnaden marginell. Som väntat presterar de nya europeiska däcken bättre än de två andra typerna av vinterdäck, med ca 10 % bättre prestanda. Till skillnad från dessa så verkar de europeiska däcken dock tappa i prestanda när de blir slitna, och de tre typerna av vinterdäck presterar i praktiken likvärdigt som begagnade i detta test. Bäst presterar de nya sommardäcken, och i jämförelse med dessa presterar referensgruppen nordisk ny 15 % längre bromssträckor. Detta kan jämföras med en tidigare VTI-studie av däckes väggrepp på våt asfalt sommartid, där nya nordiska däck i genomsnitt hade 20 % längre bromssträckor än nya sommardäck. Sommardäcken är de som tycks tappa mest bromsprestanda när de blir slitna, och de begagnade sommardäcken presterar i nivå med de begagnade vinterdäcken. Då gruppen begagnade sommardäck endast består av 4 däck ska dock de resultaten tolkas med försiktighet.

Tabell 7. Bromstester med personbil.

	Antal däck	Bromsretardation (m/s ²)	Bromsprestanda (%)	Prestanda jämfört med nytt däck av samma typ
Dubb ny	4	7,66	98	-
Dubb beg.	10	7,87	101	103 %
Nordisk ny	4	7,79	100	-
Nordisk beg.	10	8,00	103	103 %
Europeisk ny	4	8,73	112	-
Europeisk beg.	10	8,06	104	92 %
Sommar ny	4	8,93	115	-
Sommar beg.	4	7,54	97	84 %

Spridningen inom respektive grupp av däck framgår av Figur 10, där däcken har sorterats inom varje grupp, från högst till lägst prestanda. För de 50 testade däcken så varierar retardationsnivåerna mellan ca 6,9 och 9,4 m/s², vilket innebär att det sämsta däcket hade en bromssträcka ca 35 % längre jämfört med det bästa däcket. Den uppmätta bromssträckan från 70 till 5 km/h varierade mellan 20 och 27 meter i testerna.



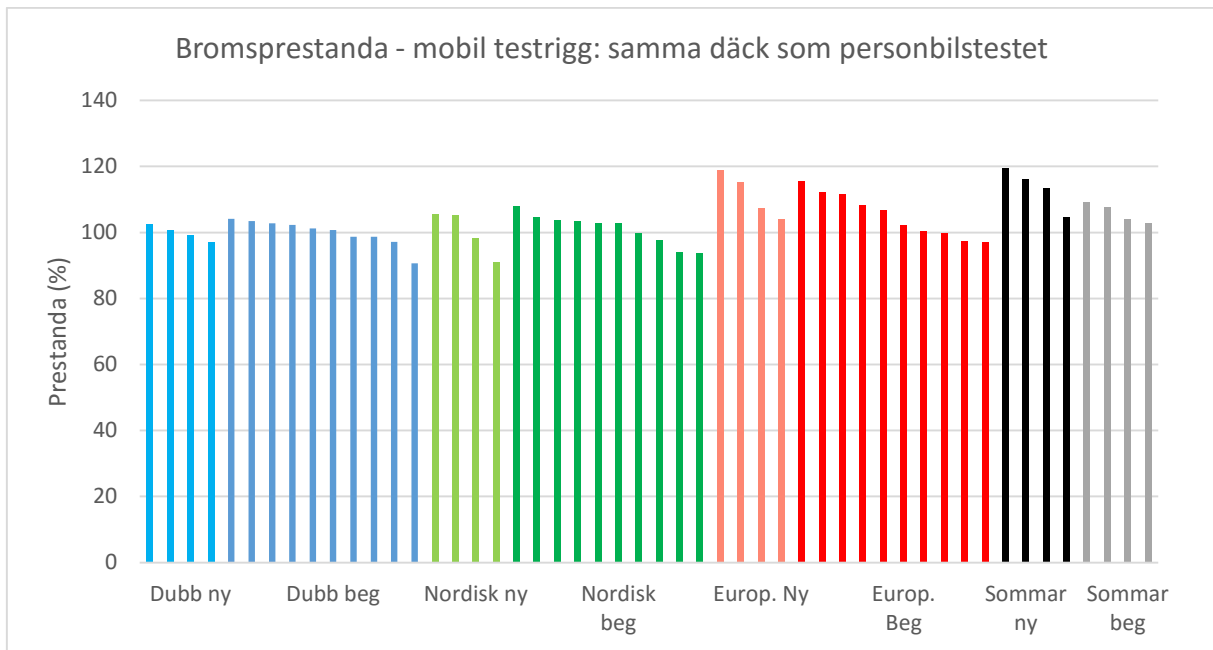
Figur 10. Bromsprestanda från bromstester med personbil. Prestanda jämfört med gruppen nordisk ny.

4.2. Jämförelse mellan mobil testtrigg och personbil

Med den mobila testtriggen har bromsprestanda för de 84 däcken uppmätts i form av bromsslipkurvor. Fler däck gör att grupperna blir större vilket möjliggör jämförelser mellan undergrupper som premium och budgetdäck. Testtriggen mäter däckens slipkurva, och med en enkel modell för beräkning av retardation från ABS-bromsning så kan vi jämföra resultaten från testtriggen med de från personbilen. Se kapitel 2.1 för en beskrivning av bromsmodellen. En sammanställning görs i Tabell 8, där jämförelsen endast avser de 50 däck som testades med personbilen. Det framgår av tabellen att den uppskattade retardationen från testtriggen är något lägre än för personbilen. Detta kan dock förklaras av att testbanan för mätningarna med den mobila testtriggen hade lägre friktion jämfört med testbanan för personbilmätningarna, vilket framgår av mätningar med SAAB Friction Tester (se Figur 9). Prestandan för de olika grupperna jämfört med referensgruppen nordisk ny är dock väldigt lika mellan testtrigg och personbil. Det enda undantaget är gruppen begagnade sommardäck som presterar märkbart bättre för testtriggen än för personbil. En förklaring kan vara att gruppen är liten, endast 4 däck, och därför mer känslig för variationer i mätförhållanden än större grupper. Då det huvudsakliga syftet med denna studie är att jämföra prestandan för de olika typerna av vinterdäck så spelar dock denna avvikelse mindre roll. Vid en jämförelse av Figur 10 och Figur 11 framgår också att spridningen inom de olika grupperna är jämförbar mellan testtrigg- och personbilmätningarna. Sammantaget bedöms metoden för att uppskatta bromsretardation från testtriggen som relevant och i kapitlet som följer analyseras både broms- och styrprestanda från testerna med den mobila testtriggen.

Tabell 8. Jämförelse av bromsprestanda mellan mätningar med mobil testtrigg och personbil.

	Antal däck	Personbil		Testtrigg	
		Retardation (m/s ²)	Prestanda (%)	Retardation (m/s ²)	Prestanda (%)
Dubb ny	4	7,66	98	7,12	100
Dubb beg.	10	7,87	101	7,13	100
Nordisk ny	4	7,79	100	7,13	100
Nordisk beg.	10	8,00	103	7,21	101
Europeisk ny	4	8,73	112	7,94	111
Europeisk beg.	10	8,06	104	7,49	105
Sommar ny	4	8,93	115	8,09	114
Sommar beg.	4	7,54	97	7,56	106



Figur 11. Bromsprestanda från bromstester med den mobila testrigger för samma däck som testades med personbil. Prestanda jämfört med gruppen nordisk ny.

4.3. Bromstester med mobil testrigg: alla däck

Bromsprestanda för mätningar på alla 84 däcken med den mobila testrigger visas i Tabell 9. Resultaten för de enskilda däcken visas i Figur 12, där däcken har sorterats inom varje grupp, från högst till lägst prestanda. I prestandajämförelserna så har gruppen nordisk ny (9 däck) använts som referens. Mätresultat för de enskilda däcken redovisas i Bilaga 5.

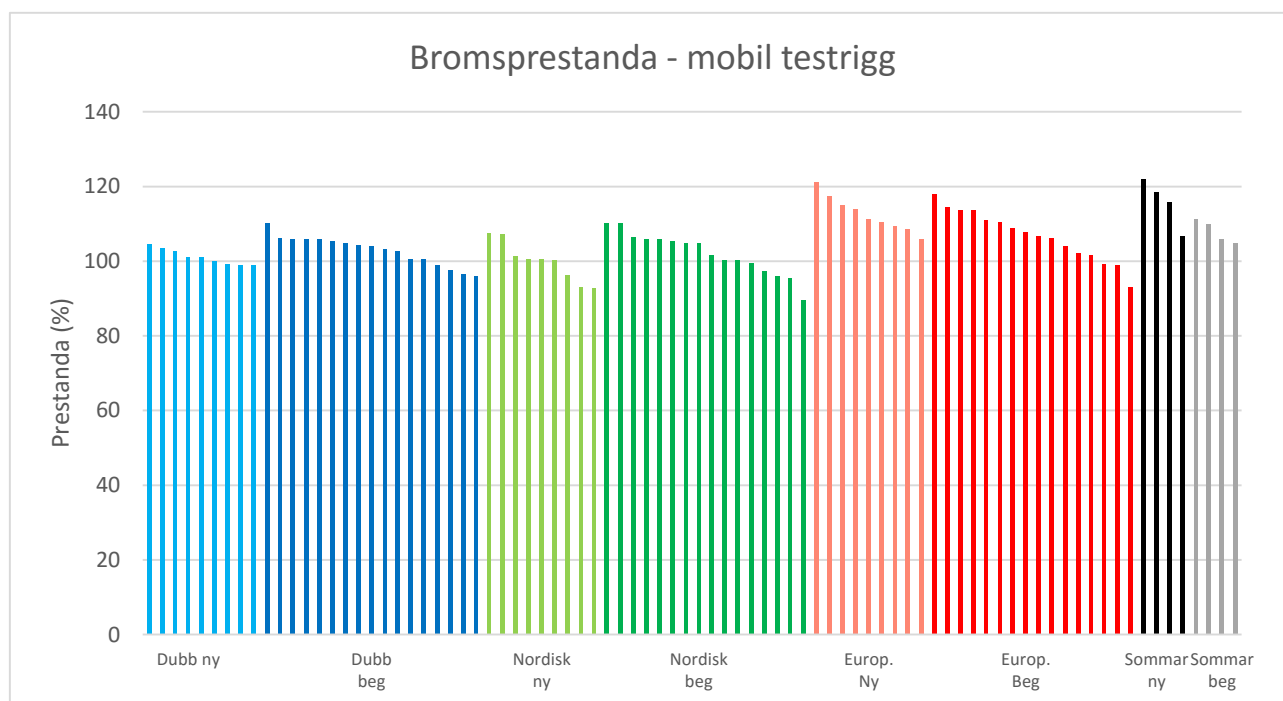
Dessa tester bekräftar bilden från personbilmätningarna. Dubbdäck och nordiska däck presterar i princip likvärdigt, nya såväl som begagnade. Det finns en svag tendens till att de slitna däcken bromsar något bättre än nya, men skillnaden är så liten att den i praktiken är obefintlig. De nya europeiska däcken presterar bättre än de andra två typerna av vinterdäck, med ca 13 % bättre prestanda.

Även här tappar de europeiska däcken i prestanda när de blir slitna, även om tappet inte är lika stort som i personbilstestet. De slitna europeiska däcken har ca 5 % bättre prestanda än de slitna dubb- och nordiska däcken. Sommardäcken presterar i princip likvärdigt med de europeiska vinterdäcken, både som nya och slitna.

Spridningen som finns inom respektive kategori redovisas i form av standardavvikelse i tabellen, och framgår visuellt i Figur 12. Bland vinterdäcken så uppvisar både de nordiska och europeiska grupperna av däck tydligt större spridning jämfört med dubbdäcken. Detta gäller både nya och slitna däck.

Tabell 9. Bromsprestanda för alla däcken mätt med den mobila testriggen.

	Antal däck	Bromsretardation (m/s ²)	Stdv	Bromsprestanda (%)	Prestanda jämfört med nytt däck av samma typ
Dubb ny	9	7,07	0,14	101	-
Dubb beg.	17	7,14	0,32	102	101 %
Nordisk ny	9	6,99	0,37	100	-
Nordisk beg.	16	7,14	0,39	102	102 %
Europeisk ny	9	7,88	0,33	113	-
Europeisk beg.	16	7,48	0,47	107	95 %
Sommar ny	4	8,09	0,45	116	-
Sommar beg.	4	7,56	0,22	108	93 %

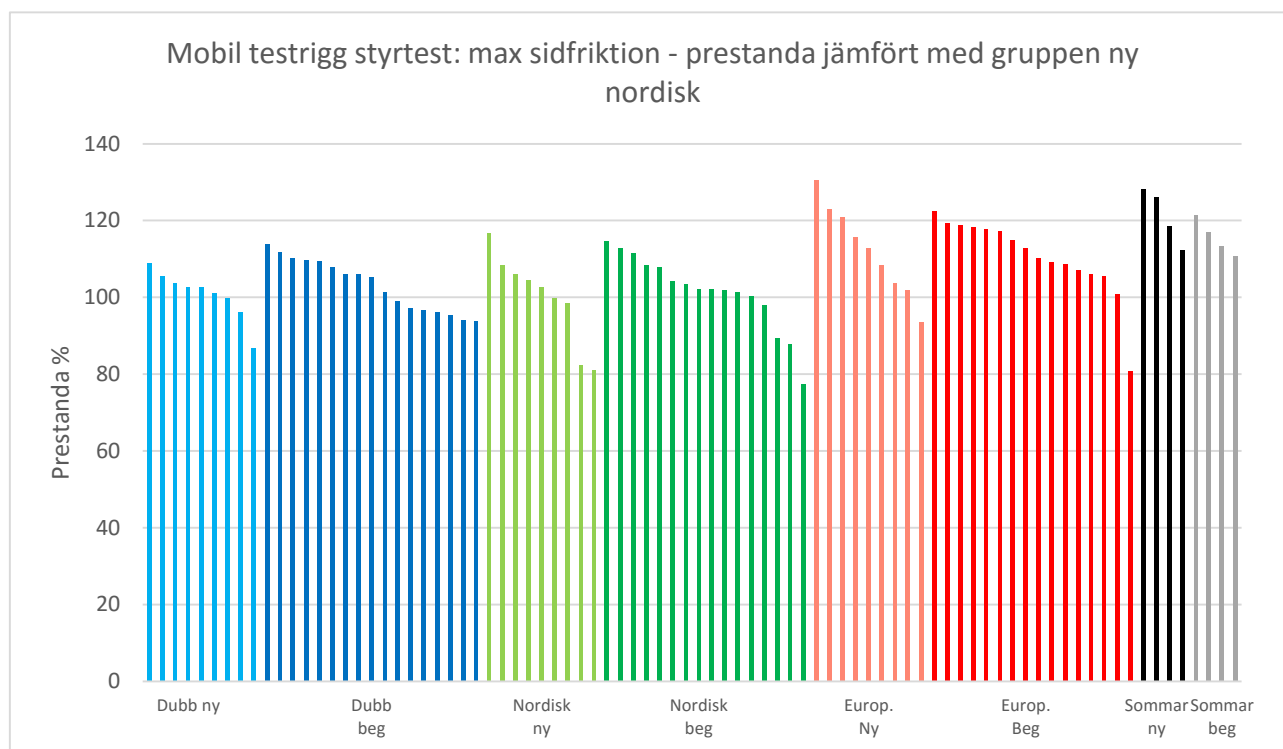


Figur 12. Bromsprestanda för alla däck med mobila testriggen. Prestanda jämfört med gruppen nordisk ny.

4.4. Styrtester med mobil testrigg

Från styrtesterna beräknades de mått som presenteras i kapitel 2.1. Samtliga värden redovisas i Bilaga 5, men här tas endast de mått som huvudsakligen bedöms som viktiga ur ett trafiksäkerhetsperspektiv. Dessa är maximal sidfriktion, samt sidfriktionen vid 15° avdriftsvinkel, vilken anses representativ för en sladdsituation. Slipstyvheten är ett mått som det är oklart om den påverkar trafiksäkerheten. En ny

simulatorstudie (Kusachov et al. 2016) indikerar dock att testförare upplever däck med högre slipstyhhet som mer kontrollerbara, och vi inkluderar därför också en analys av detta mått.



Figur 13. Mobil testrigg styrtest: max sidfriktion. Alla däck

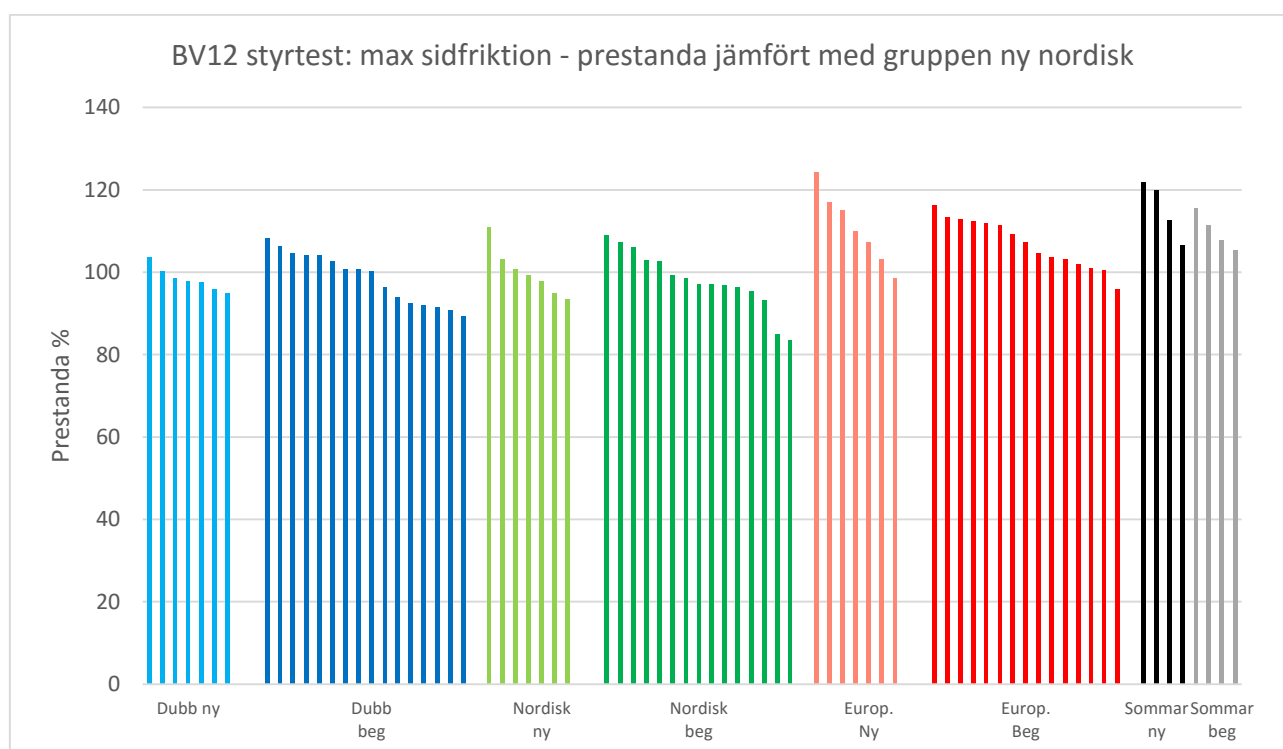
Resultaten från styrtesterna visas i Tabell 10, och ger samma bild som bromstesterna. Ingen skillnad mellan dubb och nordisk när det gäller friktionsnivåerna. De europeiska däcken och sommardäcken har en prestanda som är 10 – 20 % högre än de andra två typerna. Till skillnad från bromsprestanda så tycks inte de europeiska däcken tappa någon prestanda när de blir slitna. För nya vinterdäck varierar slipstyhheten mellan de olika typerna, där dubbdäcken har lägst styvhet och de europeiska högst. Det är tänkbart att högre slipstyhhet innebär ett mer responsivt däck, men utan att ha testat andra viktiga egenskaper så som däckstommens styvhet kan man inte säga hur de testade däcken presterar vid en dynamisk styrsituation, exempelvis undanmanöver.

Alla däcken får ökad slipstyhhet när de är slitna. Ett slitet dubb eller nordisk har samma slipstyhhet som ett nytt europeiskt. För de europeiska däcken och sommardäcken är ökningen av slipstyhhet när de blir slitna relativt lika stor.

Tabell 10. Resultat från styrtesterna

	Max Friktion	Prestanda (%)	Friktion 15°	Prestanda (%)	Slipstyhhet	Prestanda (%)
Dubb: ny	0.78	101	0.75	103	0.23	89
Dubb: beg	0.80	103	0.74	102	0.30	117
Nordisk: ny	0.77	100	0.73	100	0.25	100
Nordisk: beg	0.78	101	0.72	99	0.30	120
Europeisk: ny	0.87	112	0.81	111	0.29	115
Europeisk: beg	0.85	111	0.77	107	0.35	137
Sommar ny	0.93	121	0.87	120	0.31	121
sommar beg	0.89	116	0.78	108	0.38	148

Från Figur 13 framgår att några av däcken tycks prestera märkbart sämre än genomsnittet för den specifika däcktypen. Detta uppträdande återfanns inte i resultaten från bromstesterna, och det finns anledning att titta närmare på detta. De fem däck som utmärker sig presterar omkring 80 % av de nya nordiska däckens prestanda, och är följande: ND6, NN6, NN8, BN12 och BE11. Det visar sig att alla dessa däck testades under en tidsperiod av två timmar på eftermiddagen den 24 februari. Det gjordes inga friktionsmätningar av testbanan under denna tidsperiod, så det går inte att med säkerhet fastslå att det fanns ett problem med banans friktion. Det är dock högst troligt att det har skett isbildning från och till under denna tidsperiod, vilket i så fall skulle påverkat däck i mätserie 3, 10 och 4 enligt Tabell 5. Det finns därför fog för att exkludera alla 9 däck från dessa mätserier i analysen för att se om det förändrar något resultat. Det är då två nya och ett begagnat budgetdäck av varje vinterdäckstyp som exkluderas.



Figur 14. Mobil testrigg styrtest: max sidfriktion. Alla däck efter att 9 misstänkta däck exkluderats.

Däckens maximala sidfriktion efter exkludering av de 9 däcken visas i Figur 9, och de justerade resultaten för de olika däcktyperna presenteras i Tabell 11. Det visar sig att de huvudsakliga slutsatserna förblir oförändrade. Dubbdäck och de nordiska vinterdäck presterar likvärdigt när det gäller styrning, både som nya och slitna. Vad som däremot framkommer är att prestanda vid hög avdriftsvinkel, dvs sladdsituation, sjunker med 5 – 8 % när däcken blir slitna. Huruvida denna prestandaminskning inverkar negativt på trafiksäkerheten för slitna däck är något som skulle behöva undersökas närmare genom manöverprov med bil.

Tabeller med alla framtagna mått från styr-slipkurvorna redovisas i Bilaga 5.

Tabell 11. Resultat från styrtesterna efter att 9 misstänkta däck exkluderats.

	Max Friktion	Prestanda (%)	Friktion 15°	Prestanda (%)	Slipstyvhet	Prestanda (%)
Dubb: ny	0.80	98	0.77	101	0.22	89
Dubb: beg	0.80	99	0.74	97	0.30	118
Nordisk: ny	0.81	100	0.77	100	0.25	100
Nordisk: beg	0.79	98	0.73	95	0.31	121
Europeisk: ny	0.90	111	0.84	110	0.29	117
Europeisk: beg	0.87	107	0.79	103	0.35	139
Sommar ny	0.93	115	0.87	113	0.31	122
sommar beg	0.89	110	0.78	102	0.38	148

4.5. Uppdelat på premium och budgetdäck

En jämförelse av premium och budgetdäck finns med i den statistiska analysen i Bilaga 6. Det framgår att premiumdäcken från de utförda testerna på våt asfalt i genomsnitt har något bättre bromsprestanda än budgetdäcken. Skillnaden mellan budget- och premiumdäck är störst hos de europeiska däcken men det är endast i ett fall, bromsvärden uppmätt med testriggen med samma däck som används till personbil, som skillnad mellan premium- och budgetdäck varierar signifikant mellan däcktyper.

4.6. Sammanfattning av däckens prestanda

Slutsatserna från resultaten av testerna på våt saltad asfaltväg vid nollgradig temperatur kan sammanfattas i följande punkter:

- Broms- och styrprestanda för dubbdäck och nordiska däck är i praktiken likvärdiga, nya såväl som begagnade.
- För nya däck så presterar de europeiska däcken ca 10-13 % bättre än de andra två typerna av vinterdäck. Detta gäller både bromsning och styrning.
- För dubbdäck och nordiska däck fanns i praktiken ingen skillnad i bromsprestanda mellan nya och slitna däck.
- De slitna europeiska däcken har sämre bromsprestanda än de nya. De slitna europeiska däcken har ca 5 % bättre bromsprestanda än de slitna dubb- och nordiska däcken.
- Vid jämförelse av styrprestanda mellan nya och slitna däck så finns ingen skillnad för dubbdäck och nordiska däck när det gäller max sidfriktion. De slitna europeiska däcken har något sämre max sidfriktion än de nya, men är fortfarande bättre än de slitna dubbdäcken och nordiska däcken.
- För alla kategorier av däck gäller att styrprestanda vid hög avdriftsvinkel är ca 5 – 8 % lägre för de slitna däcken jämfört med de nya.

- Bland vinterdäcken så uppvisar både de nordiska och europeiska grupperna av däck tydligt större spridning jämfört med dubbdäcken när det gäller bromsprestanda. Detta gäller både nya och slitna däck. För styrprestanda kunde ingen skillnad i spridning ses mellan däcken.
- Somnardäcken presterar i princip likvärdigt eller bättre än de europeiska vinterdäcken, både som nya och slitna.

5. Diskussion

I denna studie har för första gången väggreppet på våt, saltad asfaltväg vid vintertemperaturer undersökts på ett systematiskt sätt för olika kategorier av vinterdäck. Väggreppet för dubbdäck och nordiska odubbade vinterdäck är i praktiken lika för detta underlag. För dessa typer av däck sågs heller ingen skillnad mellan nya och slitna däck, förutom för styrprestanda vid hög avdriftvinkel, där alla typer av däck presterade sämre som slitna än nya. För nya däck så har de europeiska odubbade vinterdäcken ett bättre väggrepp på den våta asfalten än de andra två typerna av vinterdäck, och presterar ca 10-13 % bättre. Till skillnad från dubbdäck och nordiska vinterdäck så är bromsprestandan för de slitna europeiska däcken lägre än för de nya däcken av samma kategori. De slitna europeiska vinterdäcken har ca 5 % bättre bromsprestanda jämfört med slitna dubbdäck eller nordiska vinterdäck. Även styrprestandan är lägre för de slitna europeiska däcken jämfört med de nya. Styrprestandan är dock fortfarande högre än slitna dubbdäck eller nordiska däck, men skillnaden mellan däcktyperna är mindre än för nya däck.

I den tidigare VTI-studien av personbilsdäck på våt asfalt (Nordström och Gustavsson, 1996), vilken utfördes sommardag jämfördes också nya och slitna däck av olika kategorier genom BV12-test vid 70 km/h. Testerna gjordes på en HAB12 asfaltbeläggning, vilken är representativ för en svensk vägbeläggning i gott skick. Här var de begagnade däcken mer slitna (2-5 mm mönsterdjup) än i denna studie. Resultaten från de båda studierna var dock liknande. Man fann att sommardäcken hade klart bättre våtfriktion än vinterdäck både vid optimal bromsning och vid bromsning med låst hjul. Dubbarna kunde inte påvisa någon signifikant effekt på bromsfriktionen på våt väg. Däckslitaget hade ingen signifikant effekt på bromsförmågan med låsta hjul. Däremot såg man en signifikant effekt vid optimal bromsning, där slitna sommardäck hade sämre friktion än nya, medan slitna vinterdäck hade bättre friktion jämfört med nya.

Sammanfattningsvis så presterar de nya europeiska däcken ca 10-13 % bättre än nya dubbdäck och nordiska odubbade vinterdäck på den våta, saltade asfaltvägen vid nollgradig temperatur. För de slitna däcken är prestandaövertaget för de europeiska däcken mindre, ca 5-7 % bättre än de andra två typerna av vinterdäck. Huruvida de europeiska däcken tappar i prestanda när de blir slitna, eller om det är så att de europeiska däcken har förbättrat sitt våtgrepp mer de senaste åren än vad de andra däcktyperna har är dock inte uppenbart. För sommardäcken är det tydligare att de tappar i prestanda när de blir slitna. De begagnade sommardäcken var i snitt två år äldre än de nya, vilket får anses för kort tid för att produktutveckling ska förklara skillnaderna mellan nya och slitna däck. De nya sommardäcken uppvisar det bästa väggreppet på den våta, kalla asfalten. Trots detta är det inte lämpligt att använda sommardäck när temperaturen börjar närma sig nollgradigt, då risken för isbildning är påtaglig.

För vinterdäck så är självklart också is och snögrepp en väsentlig egenskap. På dessa underlag är det större skillnader mellan däcktyperna, och också stora skillnader mellan nya och slitna däck. Som framgår av den tidigare undersökningen på dessa underlag (Hjort och Eriksson, 2015) så är de europeiska vinterdäcken klart sämre på is och snö jämfört med dubbdäck och nordiska vinterdäck. Ur ett trafiksäkerhetsperspektiv tycks is och snöegenskaper vara de viktigaste egenskaperna för ett vinterdäck. Enligt Strandroth et al (2012) så inträffar ca tre gånger så många dödsolyckor på is eller snö jämfört med våt asfalt vintertid. För dödsolyckor där föraren tappat kontrollen över fordonet, vilket är en olyckstyp där väggreppet har betydelse, så är olyckor på is och snö 13 gånger fler än på våt asfalt. Olycksrisker vid olika väglag där alla personskadeolyckor inkluderas har tidigare beräknats av VTI (Wallman, 1999 och 2001). Dessa studier bygger dock på data som är snart 20 år gamla, och det har skett en stor utveckling på däcksidan sedan dess. För en bättre förståelse av olycksrisker för olika typer av vinterdäck, och kopplingen till olika vinterväglag, skulle en ny olycksstudie behöva genomföras.

Hur olika styregenskaper hos däcken ska värderas ur ett trafiksäkerhetsperspektiv bör också studeras närmare, där inverkan av antisladdsystem kan inkluderas.

Referenser

Craelius K. 1989. Safe winter driving: Grip as for winter, driving properites as for summer. SAE paper 890006. SECC Subzero Engineering Conditions Conference Proceedings P220 Rovaniemi Finland 9-11 January 1989. pp. 61-66.

Hjort M, Bruzelius F. och Andersson H. 2011. Överstyrning på is och snö med olika vinterdäck. Metodutveckling och fältstudie. VTI rapport 708, 2011.

Hjort M. och Eriksson O. 2015. Test av is- och snögrepp för slitna vinterdäck. VTI rapport 875, 2015.

Kusachov A., Bruzelius F. och Hjort M. Perception of Tire Characteristics in a Motion Base Driving Simulator. Driving Simulator Conference DSC 2016, Paris 7-9 September 2016.

Nordström O. och Gustavsson L.-E. Personbilsdäcks bromsfriktion på våt asfaltbeläggning. VTI Notat 61, 1996.

Strandroth J., Rizzi M., Olai M., Lie A. och Tingvall C.: The effects of studded tires on fatal crashes with passenger cars and the benefits of electronic stability control (ESC) in Swedish winter driving. Accident Analysis and Prevention 45, s. 50-60, 2012.

Wallman C-G.: Olycksrisker vid olika väglag vintern 1996/97. VTI notat 36-1999. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

Wallman C-G.: Tema Vintermodell: Olycksrisker vid olika vinterväglag. VTI notat 60-2001. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

Bilaga 1. Alla testade däck

Här listas alla däck som testats i studien. Följande förkortningar används:

D: dubbdäck, N: nordisk dubbfri; E: europeisk dubbfri; S=sommardäck

P: premiumdäck; B: budgetdäck

De däck som också testades med personbil är gråmarkerade

Tabell 12. Testade nya däck.

Typ	Segment	Tillverkare	Modell	klass	Tillverkad	gummiår	gummiår
Dubbdäck							
D	P	Continental	ContiIceContact	94T XL	2014	56	
D	P	Nokian	Hakkepeliiitta 8	94T XL	2014	48	
D	P	Michelin	X-ice North 3	94T XL	2014	53	
D	P	Goodyear	Ultragrip Ice Arctic	94T	2014	57	
D	B	Gislaved	NordFrost 100	94T XL	2014	49	
D	B	Kumho	Wintercraft ice Wi31	94T	2014	56	
D	B	General	Alitmax Arctic	94Q	2013	56	
D	B	Tigar	Sigura Stud	94T	2013	53	
D	B	Sunny	Winter-Grip SN3860	91H	2014	64	
Nordiska dubbfria							
N	P	Continental	ContiVikingContact 6	94T XL	2014	56	
N	P	Nokian	Hakkepeliiitta R2	94R Extra Load	2013	50	
N	P	Michelin	X-ice XI3	94H Extra Load	2014	50	
N	P	Goodyear	Ultragrip Ice2	94T Extra Load	2014	55	
N	B	Kumho	l'ZEN KW31	91R	2014	47	
N	B	Vredestein	Nord-Trac 2	94T Extra Load	2014	55	
N	B	General	Alitmax Nordic	94T Extra Load	2014	50	
N	B	Hankook	Winter Icept IZ	91T	2014	52	
N	B	Nankang	SV-1 Nordic Compound	94H Extra Load	2014	49	
Europeiska dubbfria							
E	P	Continental	ContiWinterContact TS 850	91H	2014	58	
E	P	Nokian	WR D3	91H	2012	61	
E	P	Michelin	Alpin 5	91H	2014	56	
E	P	Goodyear	UltraGrip 9	91H	2014	60	
E	B	Gislaved	EuroFrost 5	91T	2014	62	
E	B	General	Alitmax Winter Plus	94H	2013	63	
E	B	Tigar	Winter 1	94H	2014	51	
E	B	Hankook	Winter Icept Evo	94H	2014	63	
E	B	Sunny	Snowmaster SN3830	91H	2014	62	
Sommardäck							
S	P	Continental	ContiPremiumContact 5	91V	2015	60	
S	P	Michelin	Primacy 3	91V	2015	62	
S	B	Kumho	Ecstra HS51	94V XL	2015	63	
S	B	Sava	Intensa HP	91V	2015	64	

Tabell 13. Testade begagnade dubbdäck. Procentandel dubbar kvar och ursprungligt dubbantal är uppskattat från räkning av en dubbantal för en tredjedel av däckets slitbana.

Segm.	Tillverkare	Modell	klass	Tillverkad	Gummi- hårdhet	Mönster- djup	Dubb- utstick	Dubbar kvar %	Ursprungl. dubbantal
P	Nokian	Hakkapeliitta 5	94T	2008	53	6.7	0.7	77	132
P	Michelin	X-ice North	91Q	2005	64	5.3	1.0	67	117
P	Nokian	Hakkapeliitta 7	94T	2009	56	6.3	0.6	90	126
P	Continental	Conti Winter Viking 2	96T	2007	65	6.0	1.4	44	123
P	Continental	Conti Winter Viking 2	94T	2007	65	5.7	1.1	86	126
P	Nokian	Hakkapeliitta 7	94T	2010	52	5.3	1.4	70	132
P	Michelin	X-ice North	94T	2011	55	6.7	1.1	97	117
P	Continental	Conti Winter Viking 2	91T	2008	60	7	0.8	100	132
P	Goodyear	Ultra Grip Extreme	91T	2010	59	7	1.7	90	126
B	Gislaved	Nordfrost 5	94T	2006	53	6.0	0.7	95	132
B	Gislaved	Nordfrost 5	94T	2009	61	5.0	0.7	93	129
B	Nankang	Snow Winter SW- 5	94T	2005	76	6.3	1.2	98	123
B	Gislaved	Nordfrost 5	94T	2011	57	6.7	0.6	40	120
B	Kumho	I'zen WIS KW19	91T	2008	65	7.3	0.6	97	111
B	Kleber	Kapnor 5	91Q	2006	57	7	1.5	91	129
B	Dunlop	SP Winter Ice 01	94T	2009	60	6.3	1.4	77	132
B	Dayton	DW700	91T	2007	68	5.3	1.8	54	138
B	Yokohama	Ice Guard	91Q	2008	58	5.3	0.8	65	144

Tabell 14. Testade begagnade nordiska dubbfria däck.

Segm.	Tillverkare	Modell	klass	Tillverkad	Gummi- hårdhet	Mönster- djup
P	Continental	Conti Viking Contact 5	94T	2008	50	5.7
P	Nokian	Hakkapeliitta R	94R	2010	56	6.7
P	Michelin	X-ice	94T	2005	66	5.0
P	Michelin	X-ice	94T	2010	62	6.7
P	Goodyear	Ultragrip Ice+	94T	2011	60	5.7
P	Nokian	Hakkapeliitta Rsi	94R	2006	56	7.0
P	Bridgestone	Blizzak Nordic	94R	2007	57	6.3
P	Michelin	X-ice	94T	2011	57	5.7
B	Dayton	DW510	91T	2008	64	5.3
B	Gislaved	Softfrost 3	94T	2008	58	5.0
B	Gislaved	Softfrost 3	94T	2008	54	6.0
B	Dunlop	Graspic DS-3	91Q	2010	60	6.3
B	Yokohama	Ice Guard IG20	91Q	2007	48	6.0
B	Matador	Nordica	91T	2009	64	7.0
B	Gislaved	Softfrost 3	94T	2008	57	7.0
B	Kumho	Ice Power KW21	91Q	2008	53	6.3

Tabell 15. Testade begagnade centraleuropeiska dubbfria däck.

Segm.	Tillverkare	Modell	klass	Tillverkad	Gummihårdhet	Mönsterdjup
P	Nokian	Hakkapeliitta WR	94V	2007	69	6.3
P	Continental	Conti Winter Contact TS810	91H	2007	63	7.0
P	Michelin	Pilot Alpin	91H	2002	74	6.0
P	Nokian	Hakkapeliitta WR	94H	2010	70	5.0
P	Nokian	Hakkapeliitta WR G2	94H	2010	70	5.3
P	Michelin	Alpin	91H	2011	66	5.0
P	Nokian	Hakkapeliitta WR G2	94H	2010	67	6.3
P	Nokian	Hakkapeliitta WR G2	94V	2009	68	5.0
B	General	Altimax Winter Plus	91H	2011	63	6.0
B	Dunlop	Sp Winter Sport 3D MO	91H	2011	68	7.0
B	Wanli	Winter Challenger	91H	2006	66	5.3
B	Hankook	Icebear W300	91H	2005	72	5.0
B	Firestop	Winter 2	91T	2010	63	5.7
B	Tigar	Winter 1	94H	2011	61	6.7
B	Tigar	Winter 1	91H	2009	65	5.0
B	Hankook	Icebear W300	91H	2011	73	6.0

Tabell 16. Testade begagnade somnardäck.

Segm.	Tillverkare	Modell	klass	Tillverkad	Gummihårdhet	Mönsterdjup
P	Continental	ContiPremiumContact 5	91H	2014	69	6.0
P	Pirelli	P7	91W	2012	67	5.5
B	Kumho	Solus KH17	91V	2013	70	6.5
B	Delinte	DH2	94W	2014	68	5.0

Bilaga 2. Bromstester med personbil

Uppmätta bromssträckor för personbilstesterna i den ordning som testerna utfördes. Genomsnittlig retardation är beräknad utifrån bromssträckan. Standardavvikelse (Stdv) anges för både bromssträcka och retardation.

Tabell 17. Bromstester med personbil.

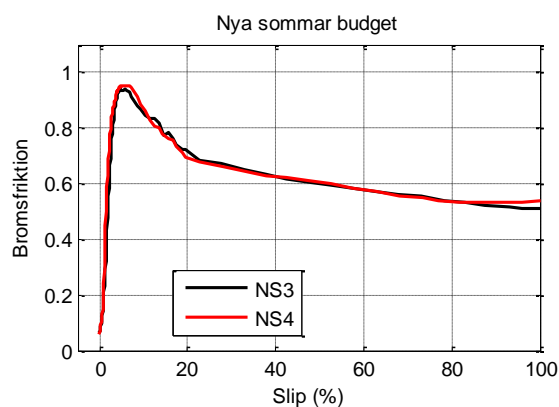
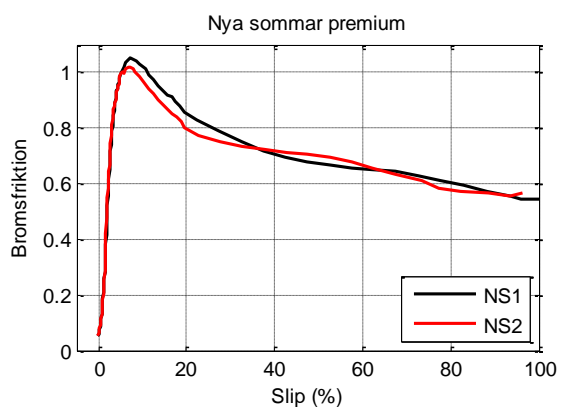
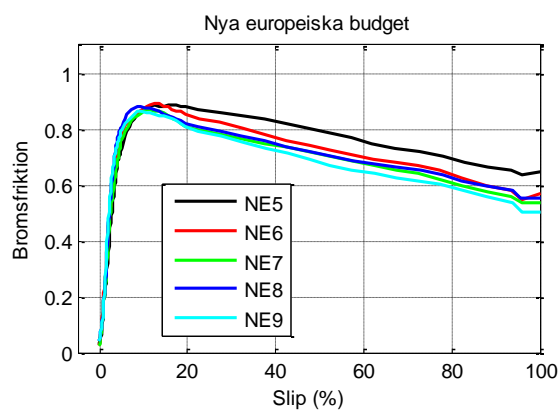
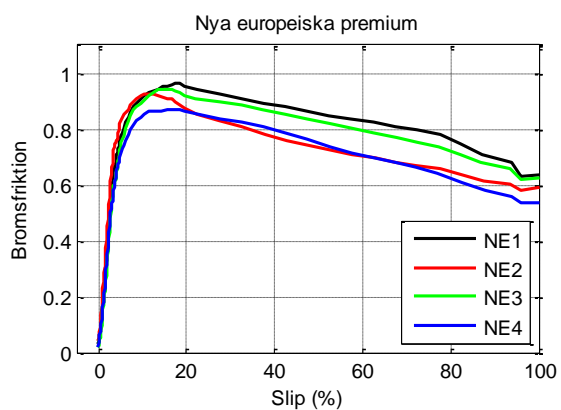
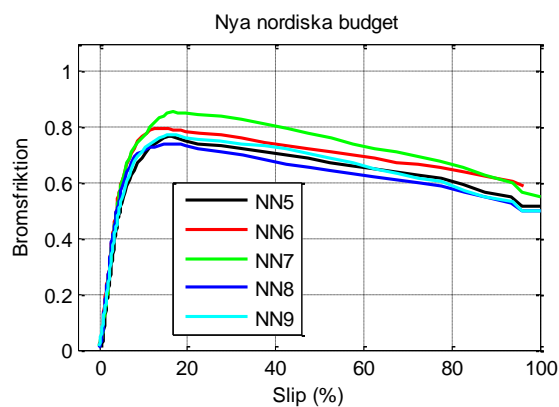
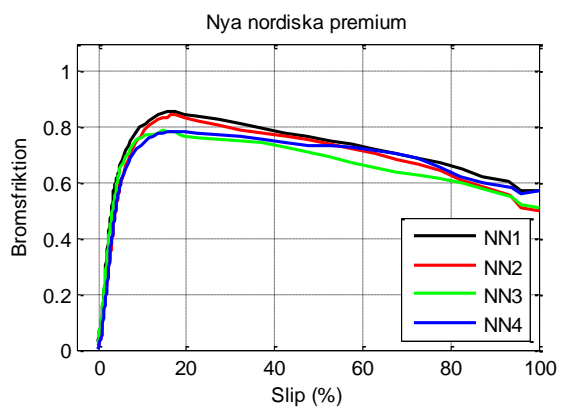
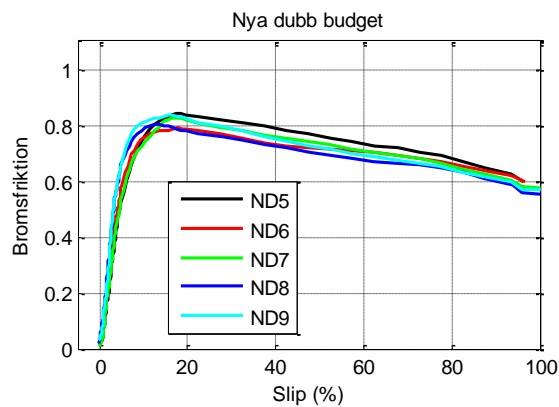
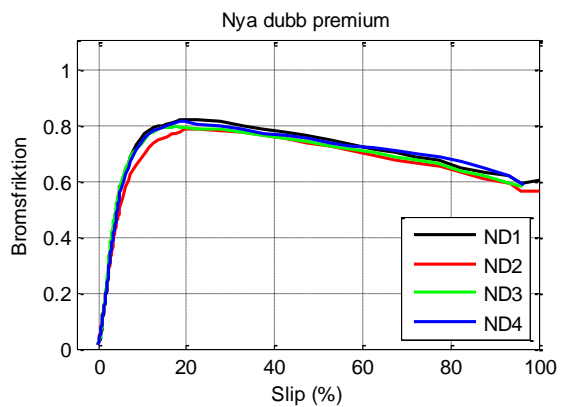
Däck	Broms 1	Broms 2	Broms 3	Broms 4	Broms 5		Broms medel	Stdv	Retardation medel	Stdv
ND2	24.77	24.47	24.74	24.55	24.51		24.61	0.14	7.64	0.04
NN1	23.75	23.68	23.52	23.74	23.58		23.65	0.10	7.95	0.03
NE1	20.76	20.90	20.27	20.42	20.45		20.56	0.26	9.15	0.12
NS1	21.70	21.57	21.20	21.48	21.21		21.43	0.22	8.78	0.09
NS1	21.41	20.82	21.37	21.08	21.35		21.21	0.25	8.87	0.11
NE1	19.86	20.45	20.31	21.01	20.54		20.43	0.42	9.21	0.19
NN1	23.22	23.66	23.47	23.83	23.58		23.55	0.23	7.99	0.08
ND2	24.30	24.41	24.33	24.48	24.49		24.40	0.09	7.71	0.03
BD10	24.32	24.11	24.09	24.50	24.61		24.33	0.23	7.73	0.07
BN9 (13)	23.71	24.24	24.58	24.56	25.24		24.47	0.56	7.69	0.17
BE9	21.96	21.88	21.90	21.75	22.12		21.92	0.13	8.58	0.05
BS3	25.67	25.91	26.29	25.80	25.98		25.93	0.23	7.25	0.07
BD1	23.13	23.61	23.70	23.88	24.03		23.67	0.34	7.95	0.12
BN1	23.29	23.36	23.45	24.17	24.08		23.67	0.42	7.95	0.14
BE1	21.91	22.25	22.05	21.79	21.95		21.99	0.17	8.55	0.07
BS1	23.73	23.98	24.77	24.19	24.12		24.16	0.38	7.79	0.12
BD15	22.20	23.03	22.96	23.33	23.71		23.05	0.56	8.16	0.20
BN15	21.94	22.84	22.87	23.08	23.62		22.87	0.61	8.23	0.22
BE14	24.72	25.05	24.66	26.09	26.20		25.34	0.75	7.43	0.22
ND5	24.28	24.89	24.25	24.49	24.36		24.46	0.26	7.69	0.08
NN5	27.03	26.72	26.21	26.26	25.91		26.42	0.45	7.12	0.12
NE7	23.76	23.50	23.53	23.83	23.66		23.66	0.14	7.95	0.05
NS3	20.98	21.52	21.05	20.60	21.02		21.03	0.33	8.94	0.14
BD5	22.24	22.56	22.71	22.40	22.39		22.46	0.18	8.37	0.07
BN3	22.76	23.87	24.06	23.74	24.36		23.76	0.60	7.92	0.21
BE3	24.10	24.62	24.40	24.54	24.57		24.45	0.21	7.69	0.07
BD14	24.49	25.15	25.25	25.52	25.15		25.11	0.38	7.49	0.11
BN14	21.98	21.75	21.81	21.35	22.09		21.80	0.28	8.63	0.11
BE13	24.30	25.24	25.24	25.09	24.90		24.95	0.39	7.54	0.12

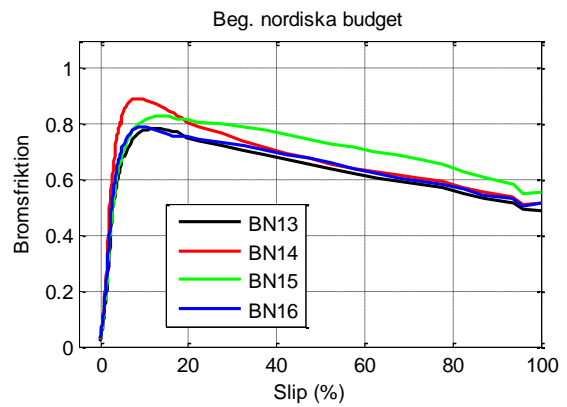
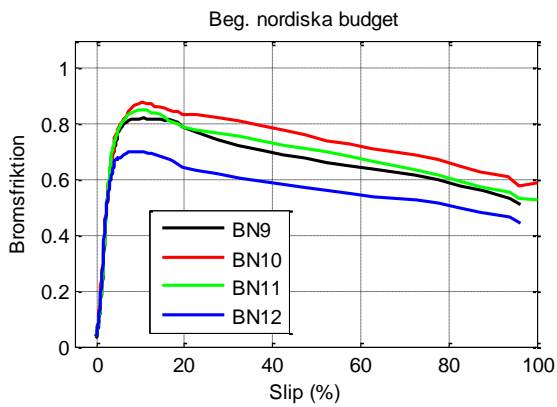
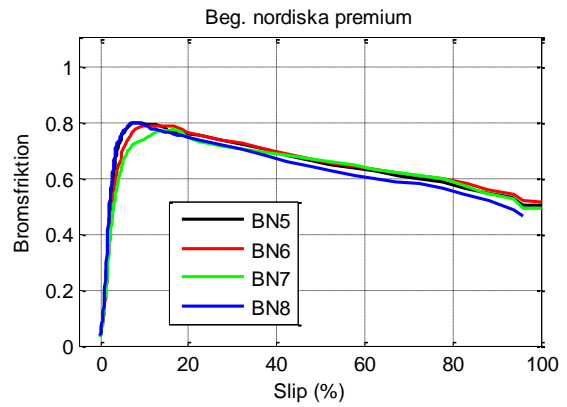
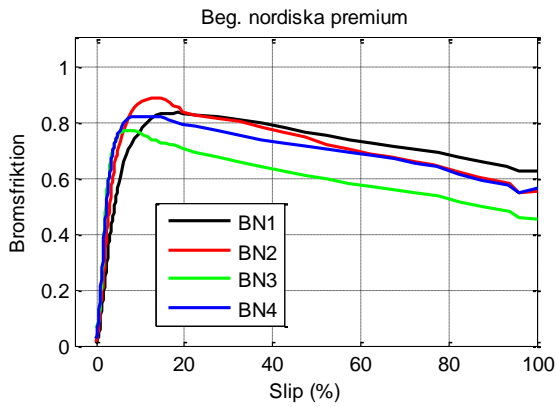
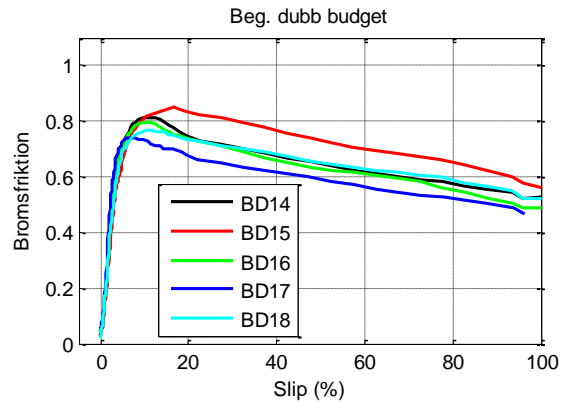
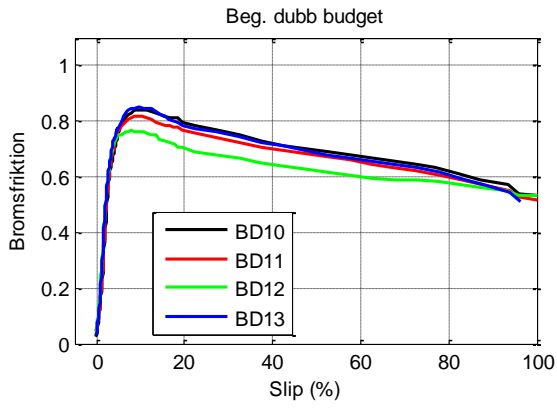
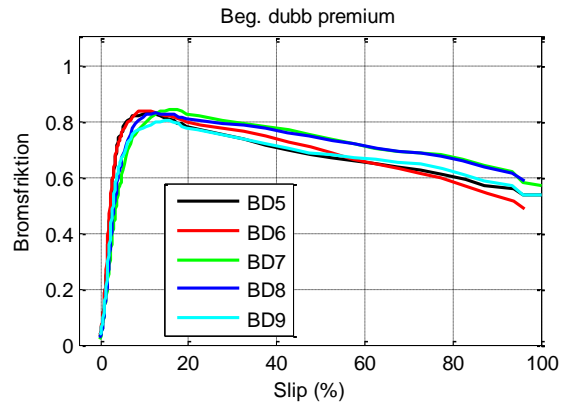
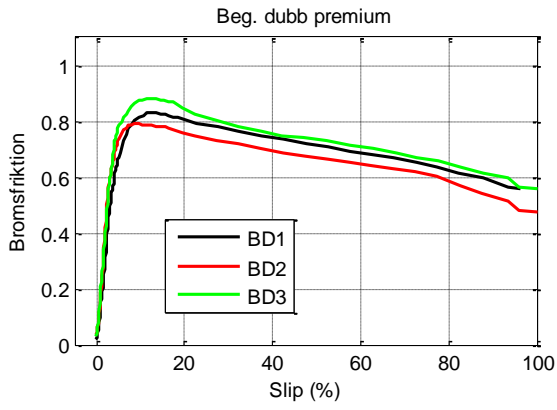
NS4	21.46	20.89	20.91	21.72	22.94		21.58	0.84	8.72	0.33
NE8	22.33	22.64	22.62	22.62	22.32		22.51	0.17	8.36	0.06
NN7	23.66	23.71	23.80	24.04	24.17		23.88	0.22	7.88	0.07
ND9	24.50	24.25	24.81	24.31	24.72		24.52	0.25	7.67	0.08
Däck	Broms 1	Broms 2	Broms 3	Broms 4	Broms 5		Broms medel	Stdv	Retardation medel	Stdv
BS2	25.11	24.48	24.40	24.29	23.24		24.30	0.67	7.74	0.22
BE2	20.27	20.56	20.24	20.78	20.59		20.49	0.23	9.18	0.10
BN2	22.52	22.60	23.29	23.62	23.26		23.06	0.48	8.16	0.17
BD2	23.17	23.97	24.03	24.32	24.10		23.92	0.44	7.87	0.15
BS4	25.08	26.23	25.54	25.44	25.08		25.48	0.47	7.38	0.13
BE12	24.36	25.03	24.82	24.47	24.41		24.62	0.29	7.64	0.09
BN11	22.44	22.67	23.28	23.10	22.94		22.89	0.34	8.22	0.12
BD11	23.58	23.66	23.85	23.73	23.66		23.69	0.10	7.94	0.03
BE5	22.39	22.45	23.09	23.63	22.75		22.86	0.51	8.23	0.18
BN5	22.73	23.02	23.35	23.36	23.31		23.16	0.28	8.12	0.10
BD8	21.46	22.12	22.04	22.69	22.93		22.25	0.58	8.46	0.22
NS2	20.82	20.74	19.90	20.19	19.74		20.28	0.49	9.28	0.22
NE3	20.18	19.79	19.56	19.99	19.96		19.90	0.23	9.45	0.11
NN4	22.35	22.99	23.17	23.00	23.21		22.94	0.35	8.20	0.13
ND3	24.64	24.64	24.64	24.62	24.43		24.59	0.09	7.65	0.03
BE15	25.01	25.95	26.26	25.60	26.00		25.76	0.48	7.30	0.14
BN16	23.56	24.35	24.18	24.09	24.68		24.17	0.41	7.78	0.13
BD17	26.84	27.43	27.44	27.57	27.47		27.35	0.29	6.88	0.07
BE6	21.95	22.33	22.33	22.37	22.23		22.24	0.17	8.46	0.07
BN7	24.76	26.08	25.74	26.56	26.59		25.95	0.75	7.25	0.22
BD9	23.67	23.74	24.16	24.38	24.11		24.01	0.30	7.83	0.10

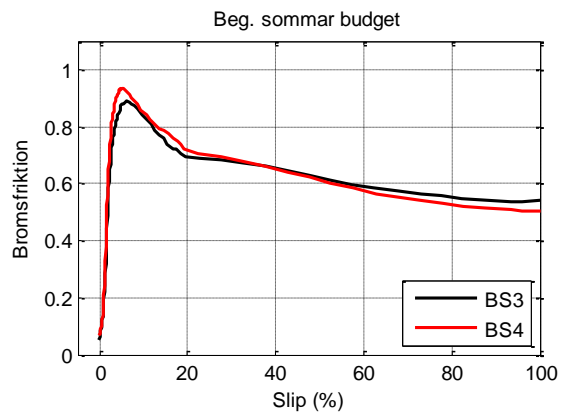
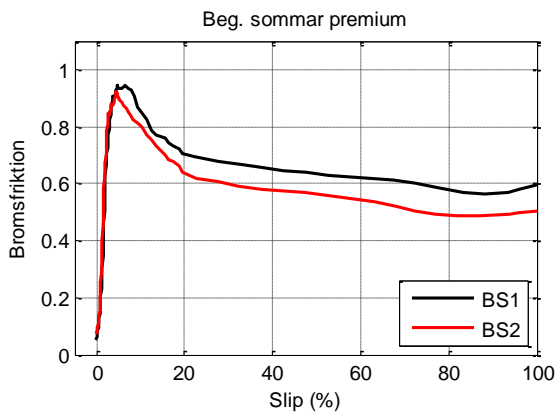
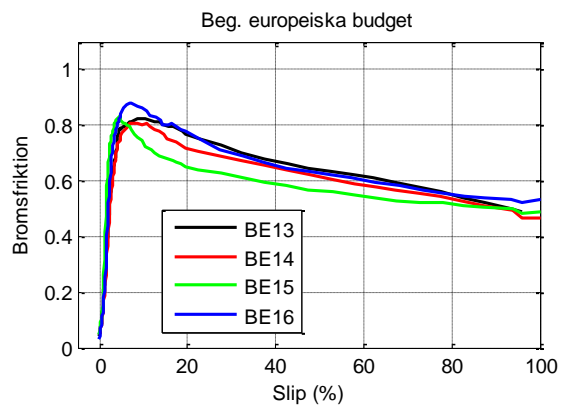
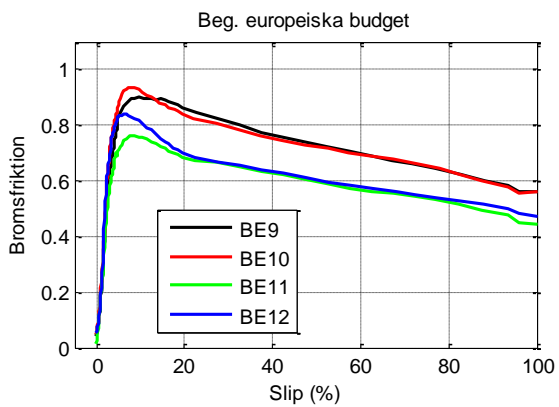
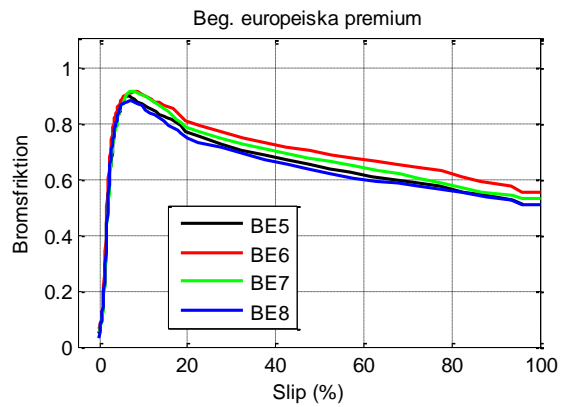
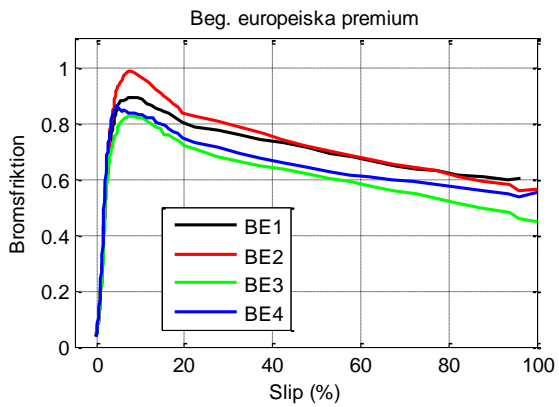
Tabell 18. Sammanställning av testresultat från bromstester med personbil. Retardation (m/s^2) och prestanda (%) jämfört med gruppen ny nordisk anges för de enskilda däck, tillsammans med medelvärde och standardavvikelse (stdv) för de olika grupperna. Grön färg markerar premium- och orange budgetdäck.

	Nordiska	Retard.	Prestanda	Europeiska	Retard.	Prestanda	Dubb	Retard.	Prestanda	Sommar	Retard.	Prestanda
Nya	NN1	7.95	102	NE1	9.15	117	ND2	7.64	98	NS1	8.78	113
	NN4	8.20	105	NE3	9.45	121	ND3	7.65	98	NS2	9.28	119
	NN5	7.12	91	NE7	7.95	102	ND5	7.69	99	NS3	8.94	115
	NN7	7.88	101	NE8	8.36	107	ND9	7.67	99	NS4	8.72	112
	Medel	7.79	100.0	medel	8.73	112	medel	7.66	98.4	medel	8.93	115
	Stdv	0.47	6.0	stdv	0.69	8.9	stdv	0.02	0.3	stdv	0.25	3.2
	medel premium	8.1	104	medel premium	9.3	119	medel premium	7.6	98	medel premium	9.0	116
	medel budget	7.5	96	medel budget	8.2	105	medel budget	7.7	99	medel budget	8.8	113
Beg.	BN1	7.95	102	BE1	8.55	110	BD1	7.95	102	BS1	7.79	100
	BN2	8.16	105	BE2	9.18	118	BD2	7.87	101	BS2	7.74	99
	BN3	7.92	102	BE3	7.69	99	BD5	8.37	108			
	BN5	8.12	104	BE5	8.23	106	BD8	8.46	109			
	BN7	7.25	93	BE6	8.46	109	BD9	7.83	101			
	BN9	7.69	99	BE9	8.58	110	BD10	7.73	99	BS3	7.25	93
	BN11	8.22	106	BE12	7.64	98	BD11	7.94	102	BS4	7.38	95
	BN14	8.63	111	BE13	7.54	97	BD14	7.49	96			
	BN15	8.23	106	BE14	7.43	95	BD15	8.16	105			
	BN16	7.78	100	BE15	7.30	94	BD17	6.88	88			
	Medel	8.00	103	medel	8.06	104	medel	7.87	101	medel	7.54	97
	Stdv	0.37	4.7	stdv	0.62	8.0	stdv	0.45	5.8	stdv	0.26	3.4
	medel premium	7.88	101	medel premium	8.42	108	medel premium	8.10	104	medel premium	7.77	100
	medel budget	8.11	104	medel budget	7.70	99	medel budget	7.64	98	medel budget	7.32	94

Bilaga 3. Slipkurvor från BV12 bromstester

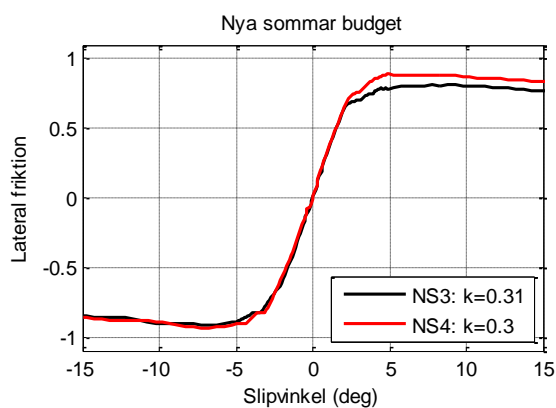
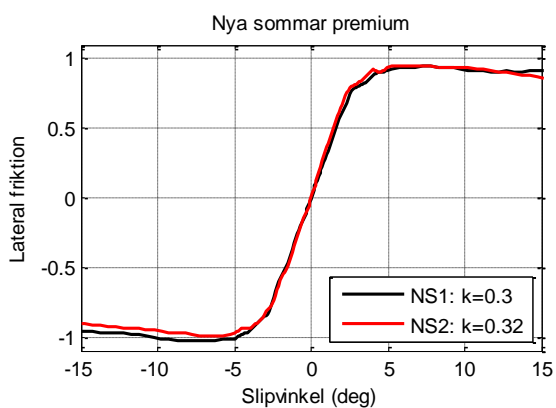
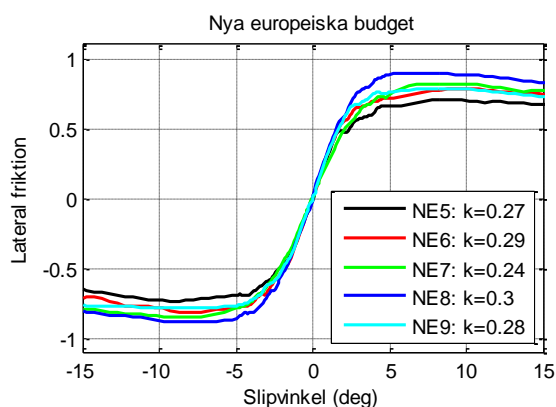
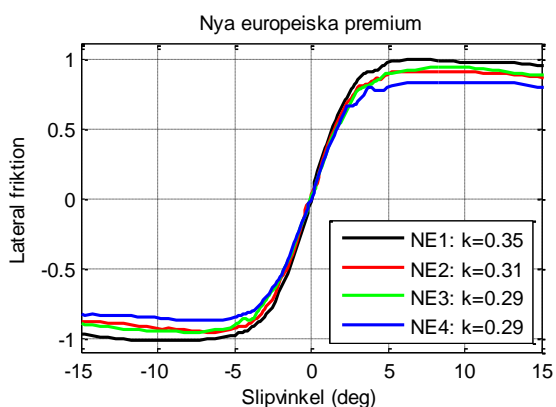
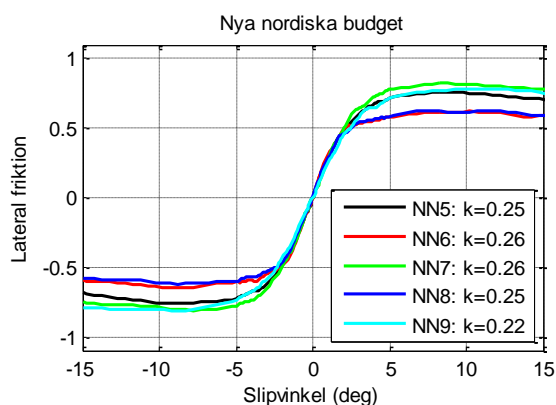
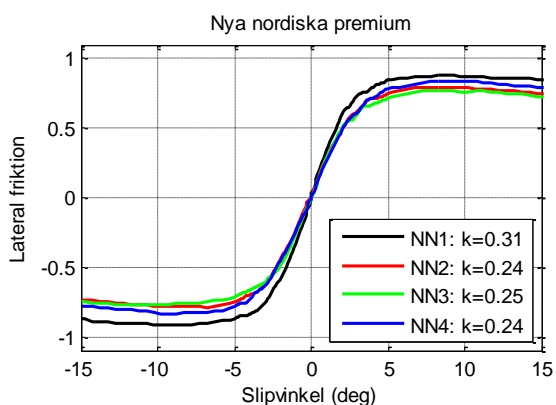
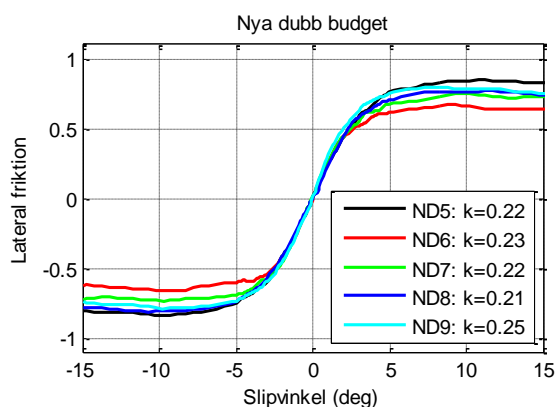
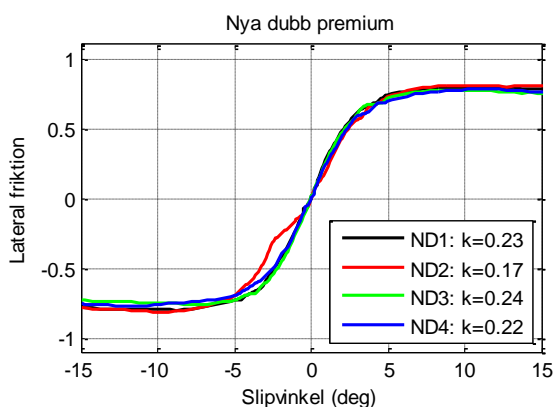


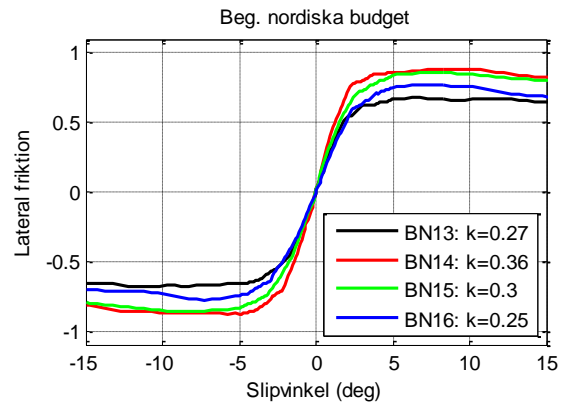
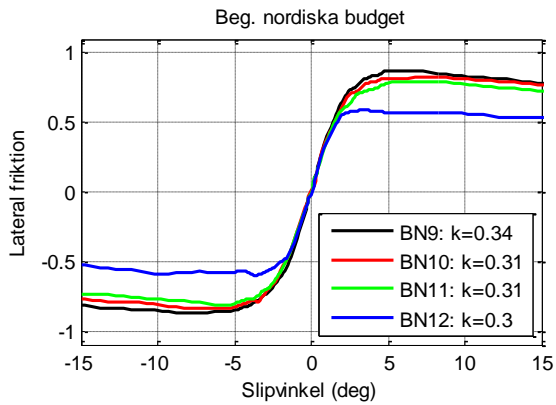
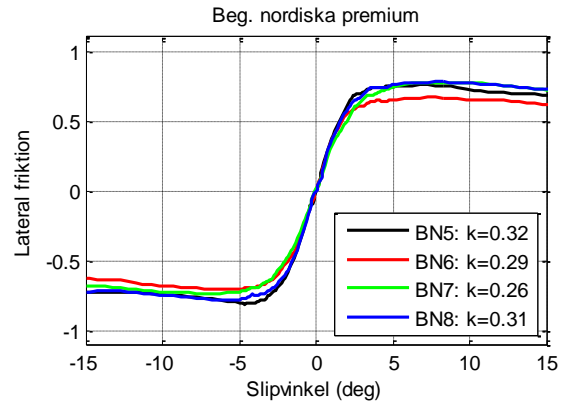
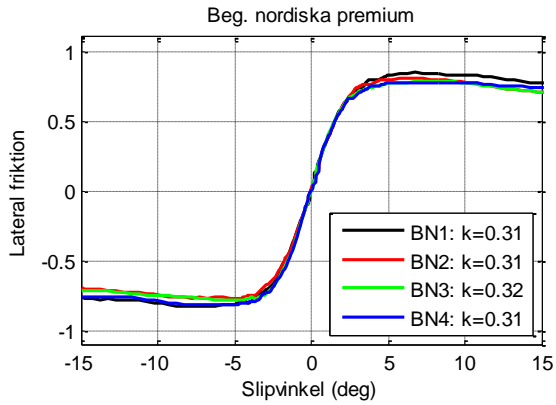
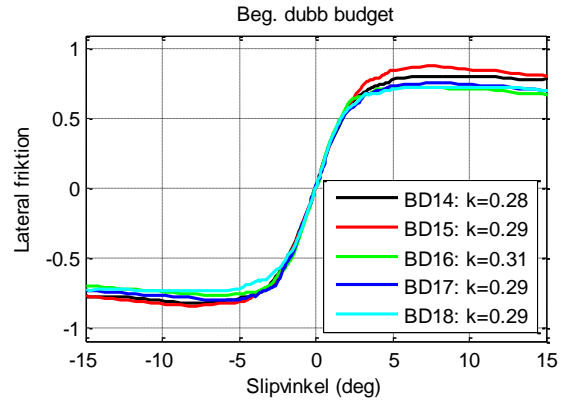
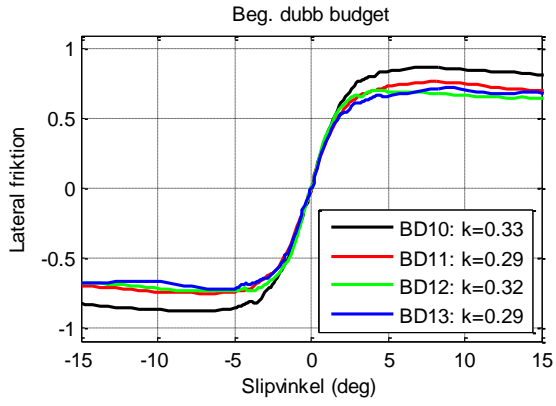
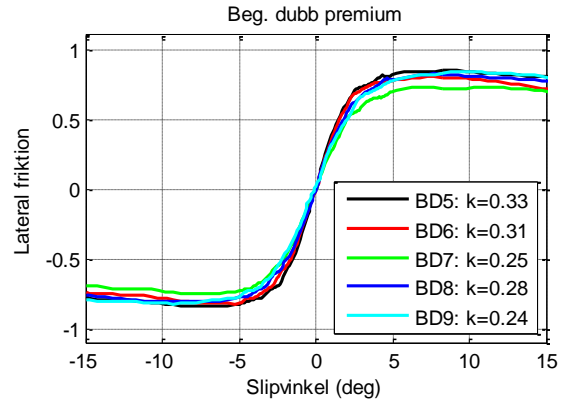
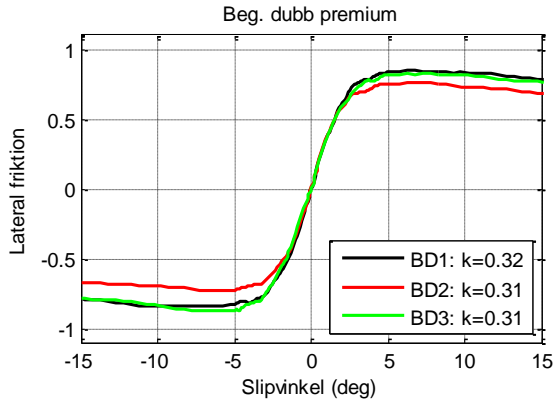


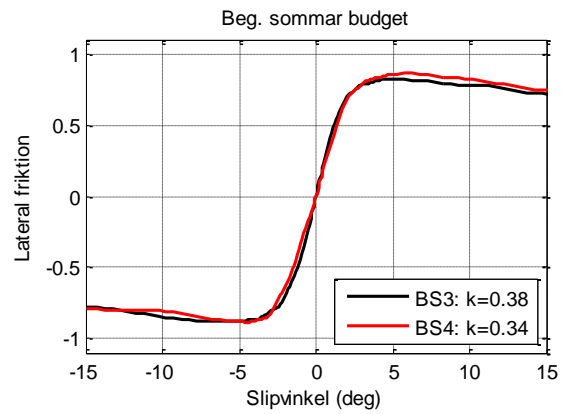
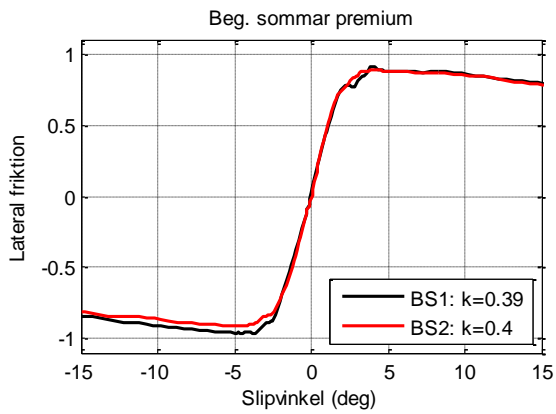
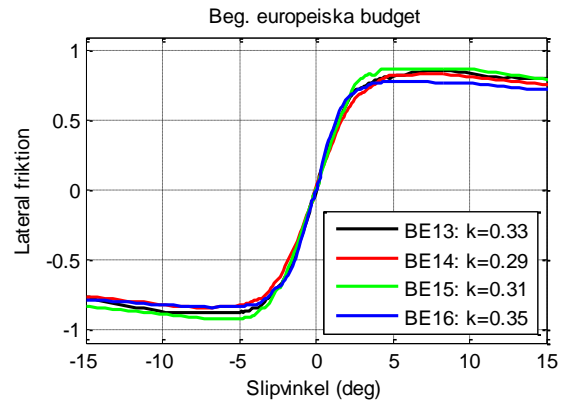
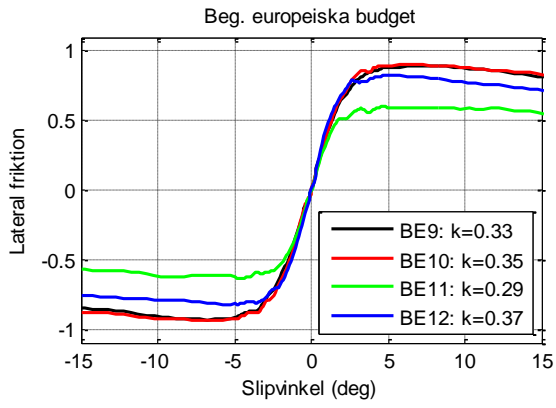
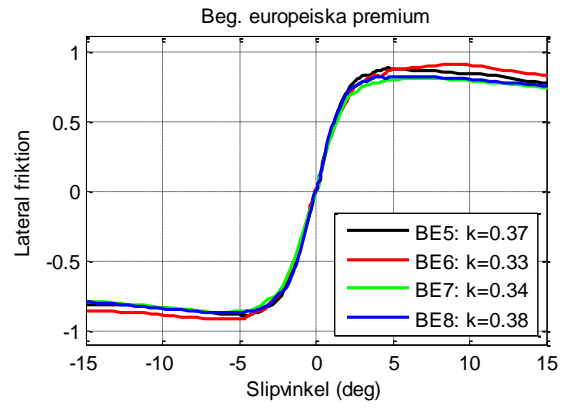
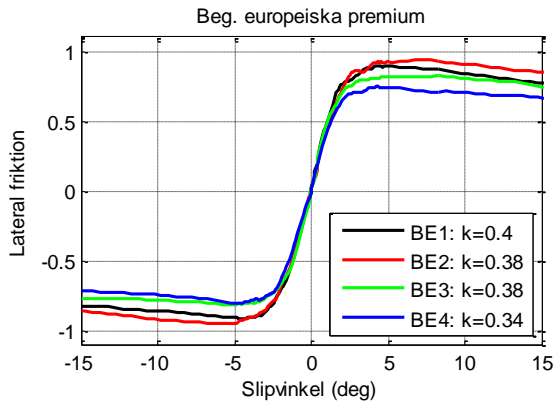


Bilaga 4. Slipkurvor från BV12 styrtester

Här visas slipkurvor från styrtesterna. För varje däck anges också slipstyvheten k , dvs. kurvans lutning i origo.







Bilaga 5. Mätdata från tester med BV12

Från uppmätta broms-slipkurvor anges friktionens peakvärde, medelvärde inom bromsintervallet, beräknad genomsnittsretardation vid bromsning (m/s^2), friktion vid låst hjul, samt bromsstabilitet (förhållandet mellan friktion vid låst hjul och peakvärdet).

Färgkod: grön: premiumdäck, orange: budgetdäck.

Tabell 19. Bromstester med BV12 för de individuella däck.

Däck	Peak	medel	Ret.	Låst hjul	Stab.
ND1	0.82	0.74	7.23	0.60	0.73
ND2	0.78	0.71	6.92	0.56	0.72
ND3	0.80	0.72	7.07	0.58	0.73
ND4	0.81	0.72	7.07	0.58	0.72
ND5	0.84	0.73	7.19	0.60	0.71
ND6	0.79	0.71	6.92	0.60	0.76
ND7	0.83	0.71	6.94	0.58	0.70
ND8	0.80	0.71	6.99	0.55	0.69
ND9	0.83	0.75	7.31	0.57	0.68
NN1	0.86	0.77	7.52	0.57	0.67
NN2	0.85	0.72	7.10	0.50	0.59
NN3	0.79	0.72	7.03	0.51	0.65
NN4	0.79	0.71	7.01	0.57	0.73
NN5	0.77	0.66	6.50	0.52	0.67
NN6	0.80	0.72	7.04	0.59	0.74
NN7	0.85	0.76	7.49	0.55	0.64
NN8	0.74	0.66	6.52	0.50	0.68
NN9	0.77	0.69	6.74	0.50	0.65
NE1	0.97	0.86	8.47	0.64	0.66
NE2	0.93	0.82	8.04	0.59	0.64
NE3	0.94	0.84	8.21	0.63	0.66
NE4	0.87	0.79	7.73	0.54	0.62
NE5	0.89	0.81	7.97	0.65	0.73
NE6	0.89	0.79	7.78	0.57	0.64
NE7	0.87	0.76	7.42	0.54	0.62
NE8	0.88	0.78	7.66	0.55	0.63
NE9	0.86	0.77	7.59	0.50	0.58
NS1	1.05	0.87	8.53	0.54	0.52
NS2	1.02	0.84	8.28	0.57	0.55
NS3	0.94	0.76	7.47	0.51	0.54
NS4	0.95	0.83	8.10	0.54	0.57

Däck	Peak	medel	Ret.	Låst hjul	Stab.
BD1	0.83	0.74	7.22	0.56	0.67
BD2	0.79	0.72	7.04	0.48	0.60
BD3	0.88	0.79	7.71	0.56	0.63
BD5	0.83	0.74	7.30	0.54	0.65
BD6	0.84	0.76	7.42	0.48	0.58
BD7	0.84	0.74	7.29	0.57	0.68
BD8	0.83	0.75	7.37	0.59	0.71
BD9	0.80	0.72	7.03	0.53	0.67
BD10	0.84	0.75	7.33	0.53	0.63
BD11	0.82	0.73	7.18	0.51	0.63
BD12	0.77	0.70	6.83	0.53	0.69
BD13	0.85	0.75	7.40	0.51	0.60
BD14	0.81	0.71	6.93	0.53	0.65
BD15	0.85	0.76	7.42	0.56	0.66
BD16	0.80	0.69	6.76	0.49	0.61
BD17	0.74	0.66	6.47	0.47	0.63
BD18	0.77	0.68	6.72	0.52	0.68
BN1	0.83	0.75	7.34	0.62	0.75
BN2	0.89	0.75	7.40	0.55	0.62
BN3	0.77	0.68	6.71	0.45	0.59
BN4	0.82	0.76	7.41	0.56	0.68
BN5	0.80	0.73	7.12	0.50	0.63
BN6	0.79	0.71	7.01	0.52	0.65
BN7	0.77	0.68	6.68	0.49	0.63
BN8	0.80	0.71	7.01	0.46	0.58
BN9	0.82	0.75	7.34	0.51	0.62
BN10	0.88	0.79	7.70	0.59	0.67
BN11	0.85	0.75	7.37	0.53	0.62
BN12	0.70	0.64	6.27	0.44	0.63
BN13	0.78	0.69	6.82	0.49	0.62
BN14	0.89	0.79	7.71	0.51	0.58
BN15	0.83	0.76	7.45	0.56	0.67
BN16	0.79	0.71	6.96	0.52	0.65

Däck	Peak	medel	Ret.	Låst hjul	Stab.
BE1	0.89	0.79	7.72	0.60	0.67
BE2	0.99	0.84	8.25	0.57	0.57
BE3	0.82	0.73	7.15	0.45	0.54
BE4	0.86	0.76	7.47	0.55	0.64
BE5	0.90	0.78	7.61	0.51	0.57
BE6	0.91	0.82	8.00	0.55	0.60
BE7	0.92	0.79	7.77	0.53	0.58
BE8	0.88	0.77	7.54	0.51	0.57
BE9	0.90	0.81	7.95	0.56	0.63
BE10	0.94	0.81	7.95	0.56	0.60
BE11	0.76	0.66	6.50	0.45	0.59
BE12	0.84	0.73	7.12	0.47	0.56
BE13	0.82	0.74	7.28	0.49	0.59
BE14	0.81	0.70	6.91	0.47	0.58
BE15	0.83	0.71	6.94	0.49	0.59
BE16	0.88	0.76	7.43	0.53	0.61
BS1	0.94	0.79	7.79	0.59	0.63
BS2	0.92	0.76	7.41	0.50	0.55
BS3	0.89	0.75	7.33	0.54	0.61
BS4	0.93	0.78	7.69	0.50	0.54

Från uppmätta styr-slipkurvor anges slipkurvans slipstyvhet k , friktionens peakvärde, medelvärdet inom vinkelintervallet $[2, 7^\circ]$, friktion vid 15° avdriftvinkel, samt styrstabilitet (förhållandet mellan friktion vid 15° och peakvärdet).

Färgkod: grön: premiumdäck, orange: budgetdäck.

Tabell 20. Styrtester med BV12 för de individuella däcken.

Däck	k	Peak	Interv.	15°	Stab.
ND1	0.23	0.80	0.68	0.78	0.98
ND2	0.18	0.81	0.63	0.79	0.98
ND3	0.24	0.77	0.67	0.74	0.96
ND4	0.22	0.78	0.64	0.76	0.97
ND5	0.22	0.84	0.69	0.82	0.97
ND6	0.23	0.67	0.58	0.63	0.94
ND7	0.23	0.74	0.63	0.72	0.98
ND8	0.21	0.79	0.66	0.76	0.96
ND9	0.25	0.79	0.69	0.75	0.94
NN1	0.31	0.90	0.81	0.86	0.96
NN2	0.24	0.79	0.70	0.75	0.94
NN3	0.25	0.77	0.67	0.74	0.96
NN4	0.24	0.84	0.72	0.78	0.94
NN5	0.25	0.76	0.67	0.70	0.92
NN6	0.26	0.64	0.58	0.59	0.93
NN7	0.26	0.82	0.72	0.77	0.94
NN8	0.25	0.62	0.57	0.59	0.94
NN9	0.22	0.81	0.67	0.77	0.96
NE1	0.35	1.01	0.91	0.96	0.95
NE2	0.31	0.93	0.85	0.87	0.94
NE3	0.29	0.95	0.84	0.89	0.94
NE4	0.29	0.87	0.78	0.81	0.93
NE5	0.27	0.72	0.64	0.66	0.91
NE6	0.29	0.80	0.71	0.73	0.91
NE7	0.24	0.84	0.72	0.78	0.93
NE8	0.30	0.89	0.81	0.82	0.92
NE9	0.28	0.79	0.72	0.75	0.95
NS1	0.30	0.99	0.90	0.94	0.95
NS2	0.32	0.97	0.90	0.88	0.91
NS3	0.31	0.86	0.80	0.81	0.93
NS4	0.30	0.91	0.84	0.85	0.93

Däck	k	Peak	Interv.	15°	Stab.
BD1	0.32	0.84	0.79	0.79	0.93
BD2	0.31	0.75	0.70	0.68	0.91
BD3	0.31	0.85	0.79	0.78	0.91
BD5	0.33	0.84	0.78	0.79	0.94
BD6	0.31	0.81	0.76	0.73	0.90
BD7	0.25	0.74	0.67	0.70	0.94
BD8	0.28	0.82	0.73	0.77	0.94
BD9	0.25	0.83	0.72	0.80	0.96
BD10	0.33	0.88	0.81	0.82	0.94
BD11	0.29	0.76	0.70	0.70	0.92
BD12	0.32	0.72	0.70	0.66	0.92
BD13	0.29	0.72	0.67	0.68	0.94
BD14	0.28	0.82	0.74	0.78	0.96
BD15	0.29	0.86	0.78	0.79	0.92
BD16	0.31	0.75	0.71	0.69	0.92
BD17	0.29	0.78	0.73	0.72	0.92
BD18	0.29	0.74	0.68	0.72	0.97
BN1	0.31	0.84	0.78	0.77	0.92
BN2	0.31	0.79	0.75	0.70	0.89
BN3	0.32	0.79	0.75	0.71	0.90
BN4	0.32	0.80	0.76	0.75	0.94
BN5	0.32	0.79	0.75	0.70	0.89
BN6	0.30	0.69	0.66	0.62	0.91
BN7	0.26	0.76	0.69	0.70	0.93
BN8	0.31	0.78	0.74	0.73	0.93
BN9	0.34	0.87	0.81	0.80	0.92
BN10	0.31	0.83	0.78	0.77	0.93
BN11	0.31	0.80	0.75	0.73	0.91
BN12	0.29	0.60	0.57	0.53	0.90
BN13	0.28	0.68	0.63	0.65	0.96
BN14	0.35	0.88	0.84	0.82	0.93
BN15	0.30	0.86	0.78	0.80	0.93
BN16	0.25	0.77	0.70	0.69	0.89

Däck	k	Peak	Interv.	15°	Stab.
BE1	0.40	0.91	0.87	0.80	0.88
BE2	0.38	0.94	0.90	0.85	0.90
BE3	0.38	0.82	0.79	0.76	0.93
BE4	0.34	0.78	0.75	0.69	0.89
BE5	0.37	0.89	0.85	0.79	0.89
BE6	0.34	0.91	0.85	0.84	0.92
BE7	0.34	0.84	0.80	0.77	0.92
BE8	0.38	0.85	0.82	0.77	0.91
BE9	0.34	0.92	0.85	0.83	0.91
BE10	0.35	0.92	0.87	0.85	0.93
BE11	0.29	0.62	0.59	0.56	0.90
BE12	0.38	0.83	0.80	0.74	0.90
BE13	0.33	0.87	0.81	0.79	0.91
BE14	0.29	0.84	0.77	0.76	0.91
BE15	0.31	0.90	0.85	0.82	0.90
BE16	0.40	0.91	0.87	0.80	0.88
BS1	0.39	0.94	0.89	0.82	0.87
BS2	0.40	0.90	0.87	0.80	0.88
BS3	0.38	0.85	0.82	0.75	0.87
BS4	0.34	0.87	0.83	0.77	0.88

Nedan redovisas alla de framtagna måtten från styr-slipkurvorna. De 9 däck som förmodligen har testats på isig testbana är exkluderade. Notera att det innebär att grupperna med nya vinterdäck av budgettyp endast innehåller 3 däck (ursprungligen 5 däck), varför dessa grupper inte längre är lika representativa för sin typ av däck.

Tabell 21. BV12 Styrtest: max sidfriktion (9 misstänkta däck exkluderade)

Alla däcken			Premium			Budget		
	Friktion	Prestanda		broms	Prestanda		broms	Prestanda
Dubb: ny	0.80	98	Dubb: ny	0.79	97	Dubb: ny	0.81	100
Dubb: beg	0.80	99	Dubb: beg	0.81	100	Dubb: beg	0.79	97
Nordisk: ny	0.81	100	Nordisk: ny	0.82	102	Nordisk: ny	0.79	98
Nordisk: beg	0.79	98	Nordisk: beg	0.78	96	Nordisk: beg	0.81	100
Europeisk: ny	0.90	111	Europeisk: ny	0.94	116	Europeisk: ny	0.84	103
Europeisk: beg	0.87	107	Europeisk: beg	0.87	107	Europeisk: beg	0.87	107
Sommar ny	0.93	115	Sommar ny	0.98	121	Sommar ny	0.89	110
sommar beg	0.89	110	sommar beg	0.92	113	sommar beg	0.86	107

Tabell 22. BV12 Styrtest: Integrerad sidfriktion 2-7 grader avdriftsvinkel (9 misstänkta däck exkluderade)

Alla däcken			Premium			Budget		
	Friktion	Prestanda		broms	Prestanda		broms	Prestanda
Dubb: ny	0.67	94	Dubb: ny	0.66	93	Dubb: ny	0.68	96
Dubb: beg	0.74	104	Dubb: beg	0.74	105	Dubb: beg	0.73	103
Nordisk: ny	0.71	100	Nordisk: ny	0.72	102	Nordisk: ny	0.69	97
Nordisk: beg	0.74	105	Nordisk: beg	0.73	103	Nordisk: beg	0.76	107
Europeisk: ny	0.80	113	Europeisk: ny	0.85	119	Europeisk: ny	0.75	106
Europeisk: beg	0.82	116	Europeisk: beg	0.83	117	Europeisk: beg	0.82	116
Sommar ny	0.86	121	Sommar ny	0.90	127	Sommar ny	0.82	116
sommar beg	0.85	120	sommar beg	0.88	124	sommar beg	0.83	117

Tabell 23. BV12 Styrtest: Friktion vid 15 grader avdriftsvinkel (9 misstänkta däck exkluderade)

Alla däcken			Premium			Budget		
	Friktion	Prestanda		broms	Prestanda		broms	Prestanda
Dubb: ny	0.77	101	Dubb: ny	0.77	100	Dubb: ny	0.78	101
Dubb: beg	0.74	97	Dubb: beg	0.75	98	Dubb: beg	0.74	96
Nordisk: ny	0.77	100	Nordisk: ny	0.78	102	Nordisk: ny	0.75	97
Nordisk: beg	0.73	95	Nordisk: beg	0.71	93	Nordisk: beg	0.75	98
Europeisk: ny	0.84	110	Europeisk: ny	0.88	115	Europeisk: ny	0.78	102
Europeisk: beg	0.79	103	Europeisk: beg	0.78	102	Europeisk: beg	0.79	104
Sommar ny	0.87	113	Sommar ny	0.91	119	Sommar ny	0.83	108
sommar beg	0.78	102	sommar beg	0.81	105	sommar beg	0.76	99

Tabell 24. BV12 Styrtest: Styrstabilitet (9 misstänkta däck exkluderade)

Alla däcken			Premium			Budget		
	Friktion	Prestanda		broms	Prestanda		broms	Prestanda
Dubb: ny	0.97	102	Dubb: ny	0.97	103	Dubb: ny	0.96	102
Dubb: beg	0.93	99	Dubb: beg	0.93	98	Dubb: beg	0.93	99
Nordisk: ny	0.94	100	Nordisk: ny	0.95	100	Nordisk: ny	0.94	99
Nordisk: beg	0.92	97	Nordisk: beg	0.91	97	Nordisk: beg	0.92	98
Europeisk: ny	0.94	99	Europeisk: ny	0.94	100	Europeisk: ny	0.93	99
Europeisk: beg	0.91	96	Europeisk: beg	0.91	96	Europeisk: beg	0.91	97
Sommar ny	0.93	99	Sommar ny	0.93	98	Sommar ny	0.93	99
sommar beg	0.88	93	sommar beg	0.88	93	sommar beg	0.88	93

Tabell 25. BV12 Styrtest: Slipstyvhet (9 misstänkta däck exkluderade)

Alla däcken			Premium			Budget		
	Friktion	Prestanda		broms	Prestanda		broms	Prestanda
Dubb: ny	0.22	89	Dubb: ny	0.22	87	Dubb: ny	0.23	91
Dubb: beg	0.30	118	Dubb: beg	0.29	116	Dubb: beg	0.30	119
Nordisk: ny	0.25	100	Nordisk: ny	0.26	103	Nordisk: ny	0.24	97
Nordisk: beg	0.31	121	Nordisk: beg	0.31	121	Nordisk: beg	0.31	121
Europeisk: ny	0.29	117	Europeisk: ny	0.31	122	Europeisk: ny	0.28	109
Europeisk: beg	0.35	139	Europeisk: beg	0.37	145	Europeisk: beg	0.33	133
Sommar ny	0.31	122	Sommar ny	0.31	122	Sommar ny	0.31	121
sommar beg	0.38	148	sommar beg	0.39	155	sommar beg	0.36	142

Bilaga 6. Statistisk utvärdering av bromsprestanda och sidfriktion

Försöksplanen är utformad så att resultaten enkelt kan behandlas med statistiska analysmetoder. På det sättet kan man utvärdera om en observerad skillnad mellan t.ex. däcktyper rimligen kan vara en följd av osäkerhet och variation i data eller om det snarare borde ligga en verklig skillnad bakom.

Däcken egenskaper delas in i nivåer hos faktorerna NYTT (begagnat eller nytt däck), TYP (dubbat, europeiskt, nordiskt eller sommardäck) och BUDGET (budgetdäck eller premiumdäck). Alla kombinationer av egenskaper finns i försöket men inte det är inte exakt lika många däck i varje kombination. Denna obalans hanteras av analysen och de medelvärden som redovisas här är justerat för att antalen är olika i de olika kombinationerna.

Analyserna omfattar huvudeffekter t.ex. om det finns skillnad mellan däcktyper i genomsnitt över begagnat/nytt och budget/premium. Modellen bestämdes genom att också söka efter signifikanta interaktioner t.ex. om skillnaden mellan däcktyper ser ut på ett sätt bland begagnade däck och på ett annat bland nya däck. I modellvalet har alla möjliga interaktioner undersökts men endast de som visat signifikant resultat vid test finns med i redovisningen. Variationen mellan däck inom samma kombination har använts som huvudsaklig felkomponent i analyserna.

6.1 Resultat av bromstest

Det finns tre dataset med uppgifter om retardation.

1. Personbil,
2. Mobil testtrigg med samma däck som används till personbil,
3. Mobil testtrigg med alla däck.

En viktig fråga är om alla dataset ger konsekventa utfall med snarlika modellval och samstämmiga resultat. Resultaten för de tre dataseten redovisas parallellt.

Tabell 26 visar P-värden när man testar förekomsten av huvudeffekter och interaktioner enligt den modell som valts. På sista raden visas också förklaringsgraden. Modellen har valts så att den är samma för alla 3 dataseten även om någon ej signifikant term förekommer för något dataset.

Tabell 26. P-värden och förklaringsgrad vid analys av retardation

	Dataset 1	Dataset 2	Dataset 3
NYTT	0.002	0.041	0.034
TYP	0.002	0.000	0.000
BUDGET	0.003	0.049	0.004
NYTT*TYP	0.000	0.117	0.009
TYP*BUDGET	0.060	0.036	0.229
R-Sq(%)	62.91	59.27	53.90

Om man baserar modellvalet helt och hållet på tillgängliga data där man tar bort ej signifikanta effekter så skulle de tre dataseten ge olika modellval. Trots det bör dataseten betraktas som att modellval i det närmaste desamma. För samtliga dataset har redan ej signifikanta interaktioner tagits bort ur modellen på ett samstämmigt sätt medan viss olikhet finns när det gäller val mellan de återstående två

Alla huvudeffekter var signifikanta i testen enligt Tabell 26. I Tabell 27 redovisas marginalmedelvärden för de olika faktornivåerna.

Tabell 27. Medelretardation för olika faktornivåer

	Dataset 1	Dataset 2	Dataset 3
Begagnat	7.867	7.346	7.331
Nytt	8.277	7.572	7.518
Dubbat	7.766	7.126	7.115
Europeiskt	8.394	7.717	7.687
Nordiskt	7.891	7.169	7.070
Sommar	8.236	7.825	7.825
Budget	7.887	7.358	7.298
Premium	8.257	7.561	7.550

För alla dataset redovisas en liten skillnad (ca 3-5 %) mellan begagnat och nytt, där nytt har de högre (bättre) värdena. Vid jämförelse mellan däcktyperna delar materialet in sig i två grupper, dubbat och nordiskt resp. europeiskt och sommardäck, för alla dataset. Sommardäck och europiska har ca 6-9 % högre (bättre) värden. I alla dataset finns en liten skillnad (ca 3-5 %) mellan budget och premium, där premium har bättre (högre) värden.

Mönstret av signifikant interaktion var inte exakt detsamma för alla dataset. Tabell 28 visas medelvärden för kombinationerna TYP*NYTT och TYP*BUDGET

Tabell 28. Medelretardation för kombinationer av faktornivåer

		Dataset 1	Dataset 2	Dataset 3
Dubbat	Begagnat	7.868	7.129	7.147
Dubbat	Nytt	7.664	7.124	7.082
Europeiskt	Begagnat	8.060	7.493	7.475
Europeiskt	Nytt	8.728	7.941	7.899
Nordiskt	Begagnat	7.996	7.208	7.144
Nordiskt	Nytt	7.787	7.130	6.996
Sommar	Begagnat	7.542	7.556	7.556
Sommar	Nytt	8.931	8.093	8.093
Dubbat	Budget	7.608	7.117	7.019
Dubbat	Premium	7.923	7.135	7.211
Europeiskt	Budget	7.971	7.422	7.474
Europeiskt	Premium	8.817	8.011	7.901
Nordiskt	Budget	7.891	7.244	7.053
Nordiskt	Premium	7.892	7.094	7.087
Sommar	Budget	8.077	7.647	7.647
Sommar	Premium	8.396	8.002	8.002

En interaktion TYP*NYTT kan uttryckas som att skillnaden mellan begagnat och nytt inte återkommer på samma sätt för alla typer. Medelvärdena visar att för nordiska och dubbade så har de begagnade däcken något bättre (högre) värden än de nya medan för sommar och europeiska har de nya däcken bättre värden än de begagnade. Resultaten är ganska samstämmiga för alla dataset, men för sommardäck är skillnaden mellan begagnat och nytt större i dataset 1 än i de övriga dataseten. Man ser också i Tabell 26 att förekomsten av sådan interaktion är signifikant i dataset 1 och 3 men inte i dataset 2.

En interaktion TYP*BUDGET kan uttryckas som att skillnaden mellan budget och premium inte återkommer på samma sätt för alla däcktyper. Medelvärdena visar att för nordiska och dubbade så har de begagnade däcken något bättre (högre) värden än de nya medan för sommardäck och europeiska har de nya däcken bättre värden än de begagnade. Resultaten är ganska samstämmiga för alla datakällor, men för europeiska är skillnaden mellan budget och premium lite större än vad den är i de övriga dataseten. Man ser också i Tabell 26 att förekomsten av sådan interaktion är signifikant i dataset 2 men inte i dataset 1 och 3.

6.2 Resultat för styrning

För styrning med den mobila testtriggen efter att ha raderat däck där man misstänker att det fanns is på banan är resultaten lite olika. Resultaten för slipstyhhet visas för sig. Resultaten för sidfriktion max och vid 15 grader är ganska lika varandra och visas gemensamt. Även här visas resultaten först med signifikanstest för en vald modell och sen som en förklaring med beskrivande medelvärden.

6.2.1 Resultat för slipstyhhet

Tabell 29. P-värden och förklaringsgrad vid analys av slipstyhhet

Slipstyhhet	
NYTT	0.000
TYP	0.000
BUDGET	0.090
R-Sq(%)	71.53

Modellvalet resulterar i en relativt okomplicerad modell utan interaktioner interaktioner.

Det förekommer signifikanta huvudeffekter. Tabell 30 visar medelvärden av slipstyhhet vid olika faktornivåer.

Tabell 30. Genomsnittlig slipstyhhet för olika faktornivåer

Slipstyhhet	
Begagnat	0.3317
Nytt	0.2694
Dubbat	0.2624
Europeiskt	0.3218
Nordiskt	0.2766
Sommar	0.3413
Budget	0.2953
Premium	0.3058

Det finns en signifikant huvudeffekt för NYTT där begagnat har högre värden. Huvudeffekten för TYP är också signifikant där, i stora drag, sommardäck och europeiskt bildar en grupp medan dubbat och nordiskt bildar en andra grupp. Gruppen sommardäck och europeiska har lite högre värden. Det finns inte signifikant effekt för BUDGET. Eftersom det ej fanns någon signifikant interaktion så redovisas inte medelvärden för kombinationer av faktornivåer.

6.2.2 Analys av sidfriktion max och vid 15 grader

Resultaten för sidfriktion max och vid 15 grader liknar varandra men är inte identiska. Resultaten visas parallellt med kommentarer till vilka delar av redovisningen som vilar på signifikanta resp. ej signifikanta resultat.

Tabell 31 visar P-värden när man testar förekomsten av huvudeffekter och interaktioner enligt den modell som valts gemensamt för styrfriktion max och vid 15 grader. På sista raden visas också förklaringsgraden. Modellen har valts så att den är samma för de två variablerna. Mönstret av vad som ska betraktas som signifikant är inte detsamma för båda variablerna.

Tabell 31. P-värden och förklaringsgrad vid analys av sidfriktion

	Max	15°
NYTT	0.245	0.001
TYP	0.000	0.000
BUDGET	0.073	0.075
NYTT*BUDGET	0.064	0.027
R-Sq(%)	48.48	42.96

För sidfriktion max finns ingen signifikant huvudeffekt.

I Tabell 32 visas medelvärden av sidfriktion för de olika faktornivåerna

Tabell 32. Genomsnittlig sidfriktion för olika faktornivåer

	Max	15°
Begagnat	0.8416	0.7659
Nytt	0.8562	0.8067
Dubbat	0.8012	0.7597
Europeiskt	0.8789	0.8118
Nordiskt	0.8018	0.7478
Sommar	0.9136	0.8257
Budget	0.8376	0.7753
Premium	0.8602	0.7972

Huvudeffekten för NYTT är signifikant för sidfriktion vid 15 grader, där ett nya däck i genomsnitt har ca 5% högre värde än begagnade. Det finns signifikant huvudeffekt för däcktyp. Sommar och europeiskt bildar en grupp medan nordiskt och dubbat bildar en annan grupp. Sommardäck och europeiska har lite högre värden. Det finns ej signifikant huvudeffekt för BUDGET.

Medelvärden för kombinationer av NYTT och BUDGET

Tabell 33. Genomsnittlig sidfriktion för olika kombinationer av faktornivåer

		max	15°
Begagnat	Budget	0.8420	0.7686
Begagnat	Premium	0.8411	0.7631
Nytt	Budget	0.8332	0.7820
Nytt	Premium	0.8792	0.8313

Interaktionen NYTT*BUDGET signifikant för det ena av de två måtten. P-värdena faller ut på olika sidor om signifikansgränsen 5 % men de är ändå ganska lika varandra. För sidfriktionen vid 15 grader är effekten signifikant och kan uttryckas som att nytt premium har ca 5% högre värde än nytt budget medan skillnaden mellan budget och premium är i praktiken obefintlig för begagnat. För sidfriktion max är mönstret snarlikt men effekten når inte upp till gränsen för att betraktas som signifikant.

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

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

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

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

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

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

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

