
NCC Roads Sverige

FoU Asphalt

Projekt Limning del 2

Vidhäftning mellan beläggningslager: utvärdering av dragtest och jämförelse med skjuvtest.



Rebecka Magnusson

Rapport 2013-02
SBUF-projekt 12740
FUD-info: TRV 2011/83328

Distribution: Fri

Sammanfattning

Den här rapporten är en studie över dragtest och skjuvtest för bestämning av vidhäftning mellan beläggningslager.

Idag saknar branschen standardiserade metoder för bestämning av vidhäftning mellan beläggningslager och brister i samband med klistringen är vanligt förekommande.

Syftet med studien var att utföra provning enligt den metod som European Committee for Standardization, CEN, har föreslagit för dragtest vilket är Pull-Off Test Method. I studien utfördes också en jämförande provning med dragtest enligt Pull-Off Test Method och skjuvtest enligt Leutner, samt att en jämförelse mellan laboratorietillverkade prover och prover tagna i fält gjordes.

Pull-Off Test Method har i den här rapporten studerats för att få praktisk erfarenhet av provning med metoden och för att göra en bedömning på metodens precision. Metoden anses vara lovande då variationskoefficienterna för den inledande provningen med laboratorietillverkade provkropparnas testomgångar var runt 10 %.

Den jämförande provningen visar att de resultat som dragtestet uppvisade har en relativt god korrelation sett till de resultat som framkom av skjuvtestet. Sett till det praktiska utförandet är skjuvtestet att föredra framför dragtestet då dragtestet är omständigare och mer tidskrävande, men skjuvtestet är begränsat då det inte kan användas på tunnare beläggningar. Metoderna bör i fortsättningen användas tillsammans för att man ska kunna avgöra om en metod är tillräcklig för att bestämma vidhäftning mellan beläggningslager.

Genom jämförelse av fältprovers och laboratorietillverkade provers värden kan ingen slutsats dras om hur värdena skiljer sig mellan laboratorietillverkade prover och fältprover, då det skiljer sig från varje provutförande som användes i den här studien.

Nyckelord

Dragtest, skjuvtest, vidhäftning, beläggningslager, asfaltklister, bitumenemulsion, asfalt.

Summary

This report is a study of tensile test and shear test to determine interface bond strength between pavement layers.

At present there are no standardized methods for the purpose of determination of adhesion and failure in the interface bond is frequent when it comes to the use of tack coat.

The aim of the study was to perform tensile tests according to the method proposed by European Committee for Standardization, CEN, which is the Pull-Off Test Method, to evaluate the methods accuracy. The study did also perform a comparative test between tensile test according to Pull-Off Test Method and shear test according to Leutner, including a comparison of laboratory prepared samples and samples taken in field.

Pull-Off Test Method has been studied in this report to gain practical experience about the actual use of the method and to assess the accuracy of the method. The method is considered to be promising as the coefficient of variation of the initial test rounds is approximately 10 %.

The comparative tests show that the results obtained by the tensile test have a relatively good correlation in terms of the results obtained by the shear test. In terms of the performance is the shear test preferable compared to the tensile test as the tensile test is more complicated and time consuming, but the shear test is limited as it cannot be used for thin surfacings. The methods should continue to be used together in order to be able to determine whether one method is more sufficient to determine the adhesion between pavement layers.

The comparison of the field samples and laboratory made samples cannot be used to base conclusions on when it comes to how the values differ between laboratory prepared samples and field samples on, as it differs from each sample design used in this study.

Keywords

Tensile test, shear test, adhesion, pavement layers, tack coat, bond coat, bituminous emulsion, asphalt.

Förord

Denna rapport är en fortsättning på arbetet med utvärdering av testmetoder i Projekt Limning. Tidigare rapporter har handlat om litteraturstudie och en utvärdering av en modifierad skjuvtest enligt Leutner. Denna rapport handlar om en utvärdering dragtest enligt Pull-Off Test Method samt en jämförelse i tester mellan de båda metoderna. De utvärderade metoderna utgör två av de tre testmetoder som CEN har föreslagit.

Arbetet i den här rapporten har genomförts och beskrivits av Rebecka Magnusson, NCC Roads. Utvärderingen av dragtest enligt Pull-Off Test Method genomfördes som ett examensarbete till Bergsskolan under våren 2012. Delar av detta ingår som utvärdering även för detta projekt och resterande arbete är utfört under hösten 2012.

Detta arbete är som tidigare samfinansierat av SBUF, Trafikverket, Nynas AB samt NCC Roads.

Referensgrupp för projektet är:

Bo Sävinger
Kenneth Olsson
Thorsten Nordgren
Jonas Ekblad
Sven Fahlström
Leif Viman
Lennart Holmqvist

NCC Roads
Skanska
Trafikverket
NCC Roads
Nynas AB
VTI
PEAB

Göteborg i januari 2013

Bo Sävinger
Projektledare

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	7
1.1	BAKGRUND	7
1.2	SYFTE OCH MÅL	7
1.3	ÖVERGRIPANDE PROBLEMFÖRMULERING	7
1.4	METOD	8
2	ALLMÄNT	9
3	DRAGTEST ENLIGT PULL-OFF TEST METHOD	10
4	SKJUVTEST ENLIGT LEUTNER	11
5	INLEDANDE PROVNING MED DRAGTEST ENLIGT PULL-OFF TEST METHOD	
5.1	UTRUSTNING	
5.2	PROVBEREDNING	12
5.3	DRAGTESTETS FUNKTION	13
5.6	UTFÖRANDE OCH RESULTAT AV INLEDANDE DRAGTESTER	16
5.6.1	<i>Inledande provning med fältprover</i>	16
5.6.1	<i>Inledande provning med laboratorietillverkade prover</i>	16
6	JÄMFÖRANDE PROVNING OCH SAMMANFATTADE RESULTAT	19
6.2	FÄLTPROVER	20
6.3	DRAGTESTER	22
6.3.1	<i>Provplattor</i>	22
6.3.1	<i>Fältprover</i>	24
6.4	MAXIMAL DRAGSPÄNNING	25
6.5	SKJUVTEST	26
6.5.1	<i>Provplattor</i>	26
6.5.2	<i>Fältprover</i>	26
6.6	MAXIMAL SKJUVSPÄNNING	28
7	ANALYSER OCH SLUTSATSER	29
8	DISKUSSION	30
9	REKOMMENDERAD FORTSÄTTNING	32
10	REFERENSER	33

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En väg består ofta av flera beläggningslager, vilka måste sammanfogas så att de tillsammans bildar en enhetlig struktur för att motverka skador samt förbättra bärigheten i konstruktionen. Detta görs vanligtvis genom användning av asfaltklister på befintligt bundet lager innan ytterligare lager läggs.

Syftet med att använda klister mellan två beläggningslager är huvudsakligen att reducera förskjutningar som kan leda till skador så som spårbildning, sprickor och potthål vilket förkortar konstruktionens livslängd. Klistringen förhindrar också att vatten tränger in i konstruktionen och fungerar som ett membran för att täta mellan lager.

Som klister används idag till största del bitumenemulsioner, vilket är bitumen emulgerat med vatten under högt tryck. Då det tidigare använts bitumenlösning som innehåller lösningsmedel istället för vatten men nu har övergått till användning av bitumenemulsioner, har det uppmärksammats att klistringen inte alltid håller så hög kvalitet som önskat. Detta kan bero på exempelvis klistringens utförande och applicering, temperatur och struktur eller klistrets vidhäftande egenskaper.

Det är också konstaterat att klistringen inte alltid utförs professionellt och kontroll av utlagd mängd klister görs oftast i efterhand.

Det saknas idag metoder för att testa om asfaltlagret har häftat fast i tillräcklig omfattning. De länder som idag har en standardisering för provmetoder vad gäller vidhäftning mellan beläggningslager i Europa är endast Österrike och Schweiz. I Österrike används dragtest och skjuvtest, i Schweiz används skjuvtest.

I Sverige finns i dagens läge endast begränsade anvisningar för hur klistringsförfarandet ska utföras och branschen är i behov av utvecklade och standardiserade prov- och analysmetoder för att kunna avgöra vilken kvalitet vidhäftningen håller.

CEN, European Committee for Standardization som är en standardiseringsorganisation för Europa har föreslagit tre testmetoder för att bestämma vidhäftning mellan beläggningslager.

1.2 Syfte och mål.

Syftet med rapporten är att utföra och utvärdera dragtest enligt Pull-Off Test Method samt att genomföra en jämförande provning mellan skjuvtest enligt Leutners modifierade metod och dragtest enligt Pull-Off Test Method, med hjälp av provkroppar från laboratorietillverkade provplattor och fältprover från pågående projekt. En jämförelse mellan laboratorietillverkade prover och fältprover kommer också att göras, för att kunna se skillnader mellan resultaten.

Målet är att undersöka om endast en av metoderna kan användas för att avgöra kvaliteten på utförd klistring. Detta genom att först utföra inledande provning med dragtest, för att sedan utföra jämförande provning enligt de båda tidigare nämnda metoderna. Metoderna bedöms sedan utifrån vilken precision de uppvisar samt hur praktiskt tillämpbara de är. Bedömningen av precision baseras på bestämning av variationskoefficient.

1.3 Övergripande problemformulering

För att kunna avgöra vilken kvalitet vidhäftningen mellan beläggningslager håller är branschen i behov av standardiserade prov- och analysmetoder. Denna rapport är en del i Projekt Limning och kommer att behandla följande frågeställningar, vilka kommer att besvaras i kapitel sju:

1. Är den CEN-föreslagna metoden för dragtest praktiskt tillämpbar att använda för kvalitetskontroll på vidhäftningen mellan beläggningslager? Vilken precision har metoden?
2. Är metoderna för drag- och skjuvtest praktiskt tillämpbara vid mer omfattande provning?
3. Visar metoderna något samband när det gäller att bestämma vidhäftningen mellan beläggningslager? Kan en av metoderna användas för att bestämma vidhäftning mellan beläggningslager eller bör båda metoderna användas?
4. Vilka skillnader finns mellan metoderna gällande resultatet och utförandet?

5. Vilka skillnader finns mellan de laboratorietillverkade proverna och de prover som är tagna i fält?

1.4 Metod

I det första och inledande steget av rapporten utförs dragtest enligt en av de metoder som CEN föreslagit. Provningsplaneras till att successivt gå igenom och utvärdera testutrustning, programvara och provberedning. Därefter tillverkas provkroppar under kontrollerade former för att kunna göra en bedömning av precisionen i metoden.

I det andra steget kommer dragtester och skjvtester att utföras på laboratorietillverkade prover som borrhålls från provplattor samt på prover tagna i fält för att kunna göra en bedömning och jämförelse av metoderna, sett till deras precision och praktiska tillämpbarhet. Provkropparna kommer också att jämföras mot varandra för att man ska kunna urskilja eventuella skillnader mellan de olika utförandena, det vill säga mellan laboratorietillverkade prover och fältprover.

2 Allmänt

2.1 Klister

Dålig vidhäftning mellan beläggningslager kan bidra till ökade skador som till exempel sprickor, potthål och spårbildning. Klistringens uppgift är att sammanlänka vägens beläggningslager och som en effekt av bristfällig klistering kan det uppkomma glidning och förskjutningar mellan lagren. Klistringen ska genom vidhäftning mellan lager ge en ökad bärlast samt fungera som ett tätskikt för att förhindra att vatten tränger in i konstruktionen då vatten gör att beläggningen eroderar. Alla områden där ett nytt asfaltlager ska läggas ska klistras, även rännor och liknande enligt Tack Coat Guidelines (2009). Även skarven mellan två läggningdrag ska limmas.

Tidigare användes lösningsmedelbaserade bitumenlösningar som vidhäftningsmedel men numera används bitumenemulsioner. Detta på grund av att man av miljö- och hälsoskäl vill undvika nafta, vilket finns till 50 % i bitumenlösningar.

En bitumenemulsion består av fina droppar av bitumen emulgerat i vatten tillsammans med emulgeringsmedel. I emulsionen kan mindre tillsatser av lösningsmedel, olja eller latex också finnas. En emulsions bitumenhalt ligger mellan 40 -80 % av vikten och användningstemperaturen ligger mellan 70 °C till 90 °C.

De vanligast använda klistertyperna i Sverige är katjoniska, raskbrytande bitumenemulsioner med en restbitumenhalt på 50-60% av vikten. Mest använd är BE50R vilket är en bitumenemulsion som är anpassad för klistering, enligt Nynas(2012).

De klistermängder som finns angivna varierar. Internationellt sett varierar mängden mellan cirka 0,2 -0,4 kg/m². Asfaltboken (1995) anger en rekommenderad klistermängd på 0,2-0,4 kg/m² och enligt AMA (2011) ska mängden vara 0,3-0,5 kg/m² vid klistering av asfaltsbeläggning. ATB Väg (2005) anger en rekommenderad mängd på 0,15–0,4 kg/m² beroende på underlaget.

Klistereffekten är beroende av ytstruktur, ytans renhet, applikationsmängd och val av asfaltklister. Beläggningsytor av olika kvalitet, som till exempel ny yta, gammal yta, sprickig yta och liknande, kräver olika mängd klister för bra resultat.

De klister som användes i den här studien var BE50R vilket är en raskt brytande bitumenemulsion med en restbitumenhalt på cirka 50 % och Nymuls BC 100, även kallat BeTs vilket är en polymermodifierad emulsion med en restbitumenhalt på drygt 70 %.

2.2 Provmeter

För att bestämma vidhäftning mellan beläggningslager finns det olika metoder baserade på belastning genom skjuvning, drag eller torsion. De flesta metoder baseras på statiska belastningar, men det finns även metoder som bygger på repeterade responser, Sangiorgi m.fl (2003). De metoder som det finns flest dokumenterade studier om är metoder som bygger på skjuvhållfasthet.

CEN, European Committee for Standardization, är en standardiseringsorganisation för Europa och de har valt att vidareutveckla tre metoder för bestämning av vidhäftning mellan beläggningslager för en eventuell europeisk standard.

- Skjuvtest enligt Leutner, vilken bygger på skjuvhållfasthet
- Pull-Off Test Method, vilken bygger på draghållfasthet.
- Torque Test, vilket bygger på vridning som räknas om till skjuvhållfasthet.

De enda Europeiska länder som i nuläget har standardiserade testmetoder för bestämning av vidhäftning mellan beläggningslager är Österrike och Schweiz. Standarden i Österrike heter ÖNORM B 3639-2(1997)och är ett dragtest som beskrivs bland annat i en studie av Roffe och Chaignon (2002). I Österrike finns också en standard för skjuvtest som heter ÖNORM 3639-1 (1997). Standarden som finns i Schweiz heter SN 670 461 (2000) och är ett skjuvtest som bygger på Leutners skjuvtest.

Projektet har valt att studera och arbeta med två av dessa tre som CEN föreslagit, Pull-Off Test Method och Skjuvtest enligt Leutner då Torque Test bygger på ett manuellt manövrerat provningsförfarande vilket kan försvåra provningen.

3 Dragtest enligt Pull-off Test Method

Då dragtest enligt Pull Off Test Method tidigare inte studerats och utvärderats i Projekt Limning, gjordes i inledande delen av rapporten en utvärdering av provning enligt metoden och dess repeterbarhet.

Metoden bygger på den österrikiska metoden, som är standardiserad i Österrike, ÖNORM B 3639-2(1997). Provnings utförs på 150 mm provkroppar bestående av två asfaltlager, i vilka ett spår med en diameter av 100 mm borrar ner till cirka 10 mm under gränssnittet och en provplatta fästes på ytan innanför spåret. Provet belastas sedan med en hastighet av 200N/s till det går i brott.

Metoden är föreslagen av CEN för en eventuell standard och finns beskriven i utkastet N875.2 E (2009).

Med den österrikiska standardiseringen finns också rekommenderade nivåer för värdena beroende på vilken sorts väg och vilket sorts klister som används;

- Prover med omodifierade klister $\geq 1,0$ MPa
- Prover med modifierade klister $\geq 1,5$ MPa.

I Sverige har VTI, Statens Väg och Transportforskningsinstitut, gjort en studie inom Projekt Limning vad gäller dragtest. I dagens läge är det den enda studien som tidigare utförts vad gäller dragtest i Sverige, utöver denna rapport, varför det inte finns några kravnivåer eller lämpliga lägsta nivåer i nuläget. Den dokumentation som finns är beskrivet i ett examensarbete av Magnusson (2012).



Figur 1 visar dragtestet under provning. (Foto: Rebecka Magnusson, 2012)

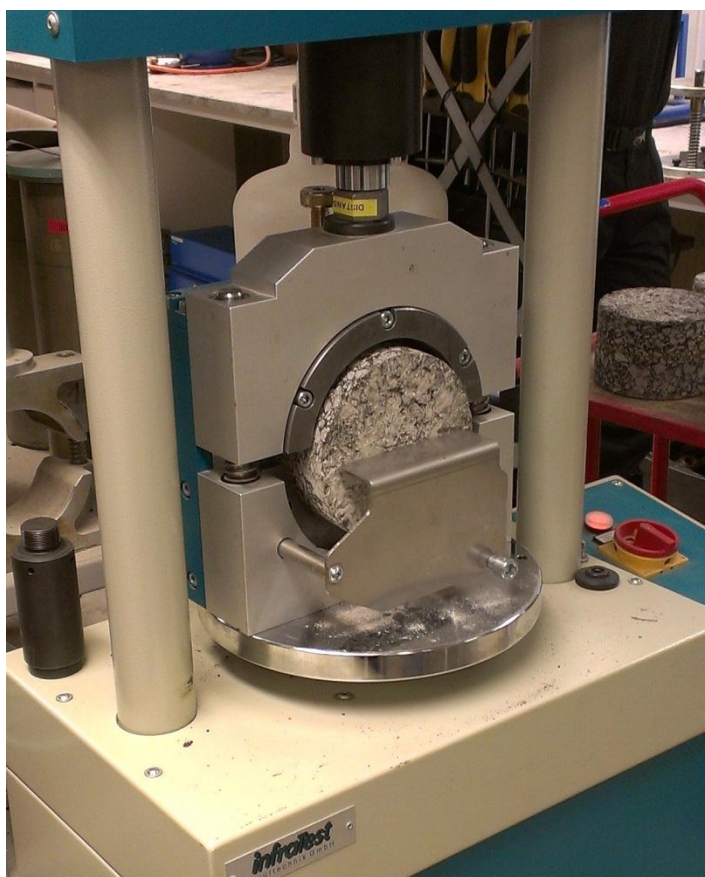
4 Skjuvtest enligt Leutner

Metoden bygger på den i Schweiz standardiserade metoden, SN 670 461(2000) och utrustningen för skjuvtestet består av en modul som används i en universaltestmaskin, där 150 mm provkroppar bestående av två asfaltlager placeras i modulen. Provet belastas sedan med hastigheten 50 ± 2 mm/minut tills provet går i brott vilket sker genom att asfaltlagren förskjuts och släpper från varandra. Resultatet anges i MPa.

Metoden är ett förslag på standard som utarbetas av CEN och finns beskrivet i utkastet N879 E(2009). Med standarden i Schweiz finns också en lägsta kravnivå eller lämplig lägsta nivå, vilken är 0,85 MPa.

Metoden är tidigare utvärderad och finns utförligt beskriven i ett arbete av Elesand (2012). I studien utfördes cirka 130 prover enligt Leutners modifierade metod för skjuvtest där målet var att utvärdera metoden och göra en bedömning på hur metoden fungerar rent praktiskt. Prover utfördes på både fältprover och laboratorietillverkade prover med olika klister samt olika klistermängd.

Skjuvtestet har en relativt utbredd användning och har använts i olika utförande i olika studier men principen är densamma, genom att tillföra kraft förskjuta ett lager relativt det andra.



Figur 2 visar skjuvtestet under provning. (Foto: Rebecka Magnusson, 2012)

5 Inledande provning med dragtest enligt Pull-Off Test Method

I följande kapitel kommer inledande provning enligt Pull-Off Test Method att behandlas, det praktiska utförande av dragtester kommer att beskrivas och att presenteras i tabell- respektive diagramform.

Den analys och slutsats som kommer att dras av de inledande proverna baseras primärt på de testomgångarna utförda på laboratorietillverkade provkroppar, då de tidiga testomgångarna gjorts på prover tagna i fält för att testa utrustning samt utveckla provberedning och utförande.

5.1 Utrustning

Utrustningen består av en modul som används i en universaltestmaskin, och består av själva modulen, en provplatta som ska fästas på provkroppen samt en stålring som sedan läggs runt provplattan, se figur 3. Metoden och dess utrustning beskrivs närmre i CEN:s utkast, N875.2 E (2009).



Figur 3 visar den utrustning som krävs för provning enligt Pull-Off Test Method. (Foto: Rebecka Magnusson, 2013)

5.2 Provberedning

Den provberedning som krävs för att kunna göra provning möjlig, är att proverna sågas till cirka 60 mm tjocklek och ett 100 mm spår borrar i provet, ner till cirka 10 mm under gränssnittet.

Provplattor ska appliceras på proverna för att möjliggöra provning, se figur 4. Provplattorna, vilka är cirka 100 mm i diameter, limmades fast på provkroppens yta innanför det borrarade spåret. Det lim som användes var ett epoxylim av typen Devcon A Plastic Steel Putty.

5.3 Dragtestets funktion

Dragtestet fungerar genom att man sätter fast provkroppen, med den fastlimmade provplattan och en stålring som sitter runt provplattan, i modulen. Hela modulen förs sedan uppåt med hjälp av den platta som modulen är placerad på, vilket gör att last appliceras med en belastningshastighet av 200N/s. Det gör att den ring som sitter runt provplattan pressas neråt vilket leder till att provkroppen går i brott, se figur 4-7.



Figur 4 visar dragtestmodulen placerad i en universaltestmaskin med en provkropp som genomgår provning (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).



Figur 5 visar dragtestets mekanism. Plattan som modulen är placerad på trycker upp modulen medan den övre delen hålls still. Det leder till att en kraft tillförs provet. (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).



Figur 6 visar hur provkroppen ser ut när provplattan är fäst. Den visar också hur plattan sitter realterat till det borrade spåret (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).



Figur 7 visar dragtestets mekanism med applicerad provplatta och stålring (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).

5.4 Beräkningar

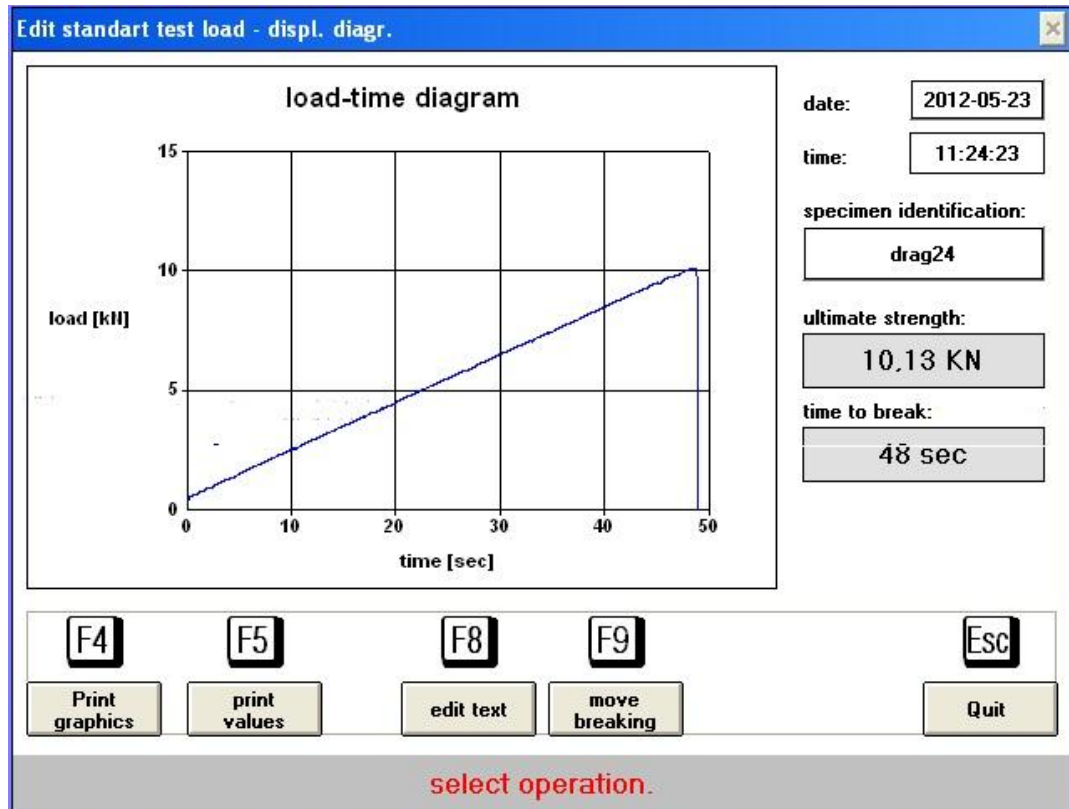
Dragtestets resultat registreras i en kurva som visar den maximala kraft [N] och den tid [s] som krävs för att provkroppen ska gå i brott, se figur 8. Genom att beräkna arean på ytan innanför det borrade spåret, kan den maximala dragspänningen [MPa] beräknas. Utifrån bestämd brottspänning beräknas sedan medelvärde och standardavvikelse för att variationskoefficienterna kunna räknas ut. Variationskoefficienten beräknas för att repeterbarheten ska kunna bedömas. Beräkning av draghållfasthet görs enligt formeln;

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} \quad (1)$$

Där σ = Dragspänning i MPa.

F_{max} = Maximala kraften i N.

A = Area på ytan innanför spåret.



Figur 8 visar en typisk kurva för dragtestet, i detta fall en provkropp klistrad med BE50R där den maximala kraften var 10 130 N.

5.5 Bedömning av brott

Vid varje dragtest ska ytan bedömas då det ska avgöras var i provkroppen brott inträffat. Brottet bör ske i gränssytan för att värdet ska avspegla vidhäftningens styrka, se figur 9 och 10.



Figur 9 visar en dragtestad provkropp klistrad med BE50R, som gått i brott i gränssnittet. (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).



Figur 10 visar dragtestade prover där brott skett i gränssnittet. Figuren visar också hur provplattorna är applicerade. (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).

5.6 Utförande och resultat av inledande dragtester

5.6.1 Inledande provning med fältprover

Provkropparna som användes i de första testomgångarna är borrade i fält från gamla Stäketvägen utanför Upplands-Väsby där en beläggning lades på uppdrag av Projekt Limning med syftet att kunna ta en större mängd provkroppar för att systematiskt kunna utföra skjuv- och dragtester. Provkropparna består av två lager asfaltsmassa, ABT16, som sammanfogats med asfaltklister. Som klister har BE50R använts och provkropparna har olika mängd klister.

På de provkroppar som är borrade i fält utfördes dragtesterna i rumstemperatur. Tester utfördes på tre prover utan klister samt fyra med mindre mängd klister, se tabell 1 och 2.

Standardavvikelsen är 0,15 för serien utan klister och 0,16 när det gäller den med mindre mängd klister. Variationskoefficienterna ligger runt 50 % för serierna.

Tabell 1 Resultat från dragtest utförda på provkroppar borrade i fält utan asfaltklister.

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	0,31
Standardavvikelse	0,15
Variationskoefficient	0,484

Tabell 2 Resultat från dragtest utförda på provkroppar borrade i fält med mindre mängd asfaltklister.

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	0,34
Standardavvikelse	0,16
Variationskoefficient	0,471

5.6.1 Inledande provning med laborietillverkade prover

Provning av tre serier med laborietillverkade prover utfördes för att kunna bedöma provmetodens precision, då prover tillverkade under kontrollerade former kan ses som mer tillförlitliga.

Första och nedersta delen i provkropparna tillverkades av cirka 3350 g massa som lades i en form på 150 mm i en gyroskopisk kompaktör som packar massan till en cirkulär provkropp. Dessa togs ur formarna och fick sedan stå i ett dygn för att sågas i två delar för

att användas som det undre lagret i den slutliga provkroppen. Efter detta värmdes formarna, nederdelarna lades tillbaka och den sågade ytan klistrades med asfaltsklister. Ett lager med cirka 1700 g asfaltsmassa lades på detta efter att asfaltsklistret brutit och provkroppen packades ytterligare en gång gyrotoriskt. De fick sedan stå i en vecka.

Den massa som användes till provkropparnas båda lager var ABT16. Tre olika testomgångar kördes med laboratorietillverkade provkroppar, varav två testomgångar med olika klister, BE50R och BeTs, samt en testomgång utan klister. Den mängd klister som användes var 0,5 kg/m² BE50R och 0,36 kg/m² BeTs, detta för att få samma restbitumenmängd.

De provkroppar som var laboratorietillverkade tempererades till 10 ° under fyra timmar innan dragtestet utfördes. Enligt metodbeskrivningen från CEN ska proverna tempereras under 12 timmar men fyra timmar bedömdes vara tillräckligt i detta fall.

Tabell 3 Resultat från dragtest utförda på gyrokompakterade provkroppar utan klister

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,16
Standardavvikelse	0,11
Variationskoefficient	0,095

Till första testomgången med labbprover tillverkades fem provkroppar utan klister, det andra massalagret lades direkt på det första. I detta fall släppte provplattan från två av provkropparna efter en relativt hög belastning. Dessa resultat är medräknade i tabellen ovan.

Medelvärdet för serien var 1,16 MPa, standardavvikelsen var 0,11 och variationskoefficienten var 9,5 %. Se tabell 3.

Tabell 4 Resultat från dragtest utförda på gyrokompakterade provkroppar klistrade med BE50R

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,15
Standardavvikelse	0,118
Variationskoefficient	0,103

Inför nästa testomgång tillverkades och klistrades fem provkroppar med BE50R. Under testomgången uppkom inga problem med provplattornas vidhäftning. Medelvärdet för serien var 1,15 MPa, standardavvikelsen 0,118 och variationskoefficienten 10,3%, se tabell 4.

Tabell 5 visar resultat från dragtest utförda på gyrokompakterade provkroppar klistrade med BeTs

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,502
Standardavvikelse	0,191
Variationskoefficient	0,127

Fem provkroppar tillverkades och klistrades med Nymuls BC 100, även kallad BeTs. Medelvärdet för serien var 1,502 MPa och standardavvikelsen 0,191. Variationskoefficienten blev då 12,7%, se tabell 5.

5.7 Maximal brotthållfasthet

Diagram 1 visar klistertypernas olika maximala dragspänning i genomsnitt. Medelvärdet i [MPa] för serierna har beräknats och illustrerats i diagrammet för att ge en uppfattning om hur klistertypernas vidhäftning skiljer sig i den inledande provningen.

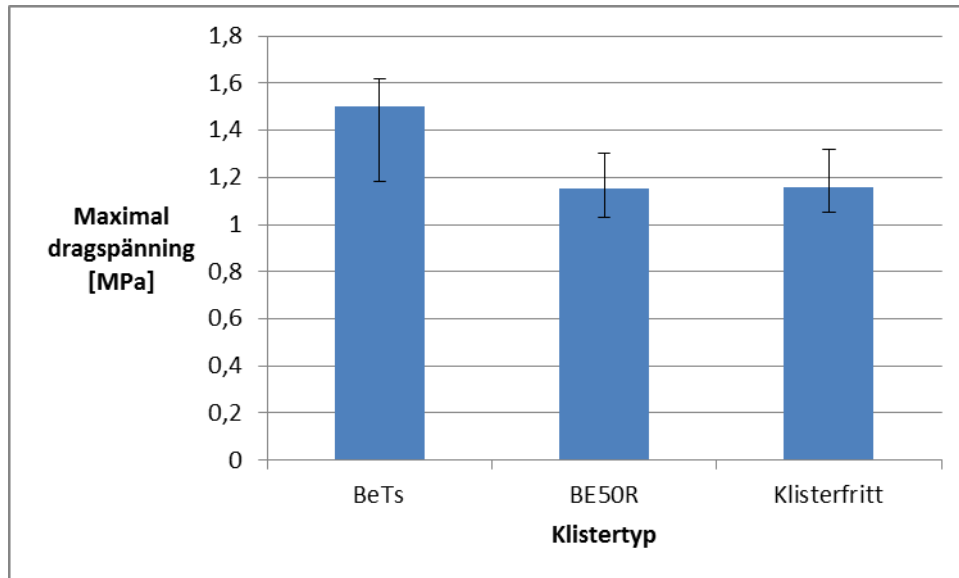


Diagram 1 visar den maximala dragspänningen i genomsnitt för de olika klistertyperna baserat på prover utförda med laborietillverkade provkroppar. Felstaplarna visar max- och minvärden i MPa.

6 Jämförande provning och sammanfattade resultat

För andra delen av Projekt Limning del 2 beslutades att utföra en jämförande provning mellan metoderna och mellan fält- respektive laborietillverkade prover. I kapitlet kommer de olika provomgångarna att beskrivas och presenteras i tabellform samt sammanställas i diagramform.

För den vidare provningen beslutades att provning skulle utföras på labbtillverkade prover som borrats ur provplattor, vilka tillverkades av Skanska VTC i Angered, samt på provkroppar borrade i fält som är klistrade med BeTs, klistrade med BE50R och som är klisterfria. Detta för att kunna jämföra metoderna med varandra och för att kunna jämföra de olika proverna med varandra. För varje serie användes antingen fem eller tio provkroppar, fem vid labbtillverkade prover och tio när proverna var tagna i fält. Alla prover lagrades i minst fyra veckor, de som dragtestades lagrades i drygt sex veckor innan provning.

6.1 Provplattor

6.1.1 Tillverkning

Projekt Limning lät tillverka sju provplattor inför den jämförande provningen, där fem 150 mm provkroppar borrades i varje. Plattorna tillverkades i två lager, ABb 16 i det undre, ABS 16 i det övre lagret och klistrades med BeTs, BE50R samt att två av plattorna var klisterfria. Det första lagret packades och stod sedan i en dag innan klistring och packning av nästa lager, se figur 11. Vid klistringen av provplattorna användes 0,5 kg/m² BE50R respektive 0,4 kg/m² BeTs. Vid klistringen värmdes klistret upp till 90°C innan det applicerades. Klistret vägdes under klistringsförfarandet för att man skulle komma så nära så den aktuella mängden som möjligt. Klistret fick bryta innan det översta lagret lades, vilket tar cirka 45 minuter. En bedömning om det ansågs ha brutit gjordes innan man la det andra lagret, då klistret antar en svartare färg efter det brutit och vattnet har avdunstat.

Vid tillverkningen utgår man från skrym- och kompaktdensiteten på massan för att få rätt packningsgrad och tjocklek och plattorna packades i detta fall till en tjocklek av cirka 10 cm för att underlätta provningen. Innan provning utfördes fick proverna stå i drygt en månad, något längre för de prover som dragtestades.

Två plattor av varje sort skulle tillverkas, men då problem uppstod vid provningen när en av plattor dragtestades, beslutades att en ytterligare provplatta skulle tillverkas för att ersätta den då resultatet från provningen inte gav representativa värden då alla provplattor man fäster på provkroppen släppte vid provning.



Figur 11 visar tillverkningen av provplattor, i detta fall har ett lager ABb16 packats och klistrats med BeTs (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).

6.2 Fältprover

En provyta lades också för borrning av fältprover. En yta utfördes med en ABb16 i botten samt en ABS16 som övre lager och klistrades med BE50R. En klisterfri del utfördes vid samma tillfälle som den del klistrad med BE50R och den klisterfria delen lades direkt efter den klistrade, klistringen utelämnades på en del av den yta som lades, se figur 13. Provytan utfördes vid infarten till asfaltverket i Porsen, Uddevalla under vecka 44, se figur 12. Klistret lades på fuktigt underlag, då det under dagen regnat men vid tillfället för klistringen var uppehåll. Ytan klistrades rikligt, cirka 0,3 - 0,4 kg/m². Asfaltlagren var cirka 55 respektive 45 mm tjocka. Proverna borrades under vecka 46 och provning påbörjades vecka 49. 20 prover borrades på varje del av ytan, det vill säga 20 klistrade prover och 20 oklistrade prover. Tio stycken användes till dragtest och tio till skjuvtest. Borrningen gjordes mellan hjulspåren, på två rader, se figur 14.

För att kunna utföra tester på provkroppar klistrade med BeTs lät projektet borra 20 st 150 mm provkroppar på E6 vid Åbro (Torrekullamotet), där man klistrat med BeTs med en mängd av 0,4-0,45 kg/m² under vecka 28, 2012, och där det undre asfaltlagret även här bestod av ABb 16 samt det övre lagret av ABS 16. Tio av dessa prover användes för dragtest, och tio användes till skjuvtest. Proverna borrades på fem olika sektioner, fyra prover vid varje sektion.



Figur 12 visar pågående läggning av provyta (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).



Figur 13 visar klistringen av den provyta som lades vid infarten till asfaltverket i Porsen, där det svarta strecket visar var den oklitrade ytan börjar. (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).



Figur 14 visar borrningen på provytan vid infarten till asfaltverket i Porsen, Uddevalla (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).

6.3 Dragtester

6.3.1 Provplattor

Tabell 7 visar resultatet från de tillverkade prover från provplatta som klistrats med BE50R och användes till dragtest.

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,27
Standardavvikelse	0,174
Variationskoefficient	0,137

Tabellen ovan beskriver resultaten från den första provplattan som klistrades med 119,0 gram BE50R, och från den borrades fem prover som dragtestades. Det provet med högst uppmätt draghållfasthet gick i brott i nedre massan, de övriga gick i brott i gränssnittet. Medelvärdet för serien uppgick till 1,27 MPa, standardavvikelsen 0,174 och variationskoefficienten 13,7 %.

Tabell 8 visar resultatet från den ersättningsplatta klistrad med BeTs som tillverkades.

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,48
Standardavvikelse	0,148
Variationskoefficient	0,1

Den provplatta som tillverkades för provning med BeTs klistrades med 97,0 gram klister och gav resultaten som beskrivs i tabell 8.

Medelvärdet för serien uppgick till 1,48 MPa och standardavvikelsen var 0,148 vilket ger en variationskoefficient på 10 %. Provernas värden låg inom 1,30–1,69 MPa.

Innan den provplattan som användes till dragtestet tillverkades hade provning utförts på provkroppar klistrade med BeTs från en annan provplatta, men vid den första provningen

släppte provplattan på alla prover, varför ytterligare en platta tillverkades för att ersätta dessa resultat då de inte ansågs vara representativa. Den ersättande provplattan tillverkades med massa och BeTs från samma batch som tidigare plattor. För att åtgärda problemet med vidhäftningen av provplattorna, slipades dem för att alla orenheter skulle gå bort då provplattornas yta ansågs vara det som påverkade, se figur 15.



Figur 15 visar den slipning av provplattor som bör göras innan den fästs på provkroppen. (Foto: Rebecka Magnusson, 2012)

Tabell 9 beskriver resultatet från de prover som kom från den oklistrade plattan, vilka genomgick dragtest.

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,69
Standardavvikelse	0,18
Variationskoefficient	0,107

Den sista provplattan som tillverkades för dragtest var klisterfri, det vill säga att man packade lagren direkt på varandra. De prover som borrades i plattan användes till dragtest. Vid borrning av spåret fastnade ett prov, vilket gjorde att det spåret är något bredare, men det påverkade troligen inte vidhäftningen mellan lagren då inga större skillnader i värden framkom. Serien provades i två omgångar, tre i den första och två i den andra, detta för att se om vidhäftningsproblemet mellan prov och provplatta var åtgärdat. Medelvärdet för serien var 1,69 MPa och standardavvikelsen 0,18 vilket ger en variationskoefficient på 10,7 % vilket också beskrivs i tabellen ovan. Provernas värde ligger mellan intervallet 1,43–1,90 MPa.

Fältprover

Tabell 10 visar resultatet från de fältprover som klustrades med BE50R.

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	0,95
Standardavvikelse	0,098
Variationskoefficient	0,103

Resultatet från de fältprover som klustrades med BE50R beskrivs i tabell 10. Proverna gav ett medelvärde på 0,95 MPa, en standardavvikelse på 0,098 samt en variationskoefficient på 10,3%. Alla brott skedde i gränssnittet och värdena låg inom intervallet 0,76- 1,13 MPa.

Tabell 11 visar resultaten från dragtesterna som utfördes på provkroppar från Åbro.

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,56
Standardavvikelse	0,194
Variationskoefficient	0,124

Under serien med fältprover från Åbro som dragtestades skedde brott i övre och undre massa, endast ett prov uppvisade brott som delvis gått i gränssnittet vilket uppvisade ett värde på 1,84 MPa. Värdena låg inom intervallet 1,33- 1,84 MPa, det gav ett medelvärde på 1,56 MPa, en standardavvikelse på 0,194 samt en variationskoefficient på 12,4%. Resultatet redovisas också i tabellen 11 ovan.

Tabell 12 visar resultatet från de oklustrade fältprover som dragtestades.

Ø 100 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	0,74
Standardavvikelse	0,32
Variationskoefficient	0,43

De oklustrade fältprover som dragtestades hade ett medelvärde på 0,74 MPa, en standardavvikelse på 0,32 och en variationskoefficient på 43 %. Spridningen var mellan 0,2- 1,1 MPa. Resultatet beskrivs också i tabellen ovan.

De två med lägst hållfasthet (0,2 samt 0,3 MPa) hade hålrum vid gränssnittet som syntes okulärt redan innan provning, se figur 16.



Figur 16 visar det höga hålrummet runt gränssnittet på de provkroppar som gav det lägsta värdet, både vad gäller drag- och skjuvtest. (Foto: Rebecka Magnusson, 2012).

6.4 Maximal dragspänning

Diagram 2 visar den maximala dragspänningen i genomsnitt för de olika klistertyperna baserat på prover utförda med laboratorietillverkade provkroppar från provplattor. Felstaplarna visar max- och minvärden i MPa. Provningsen är utförd på fem prover klistrade med varje klistertyp.

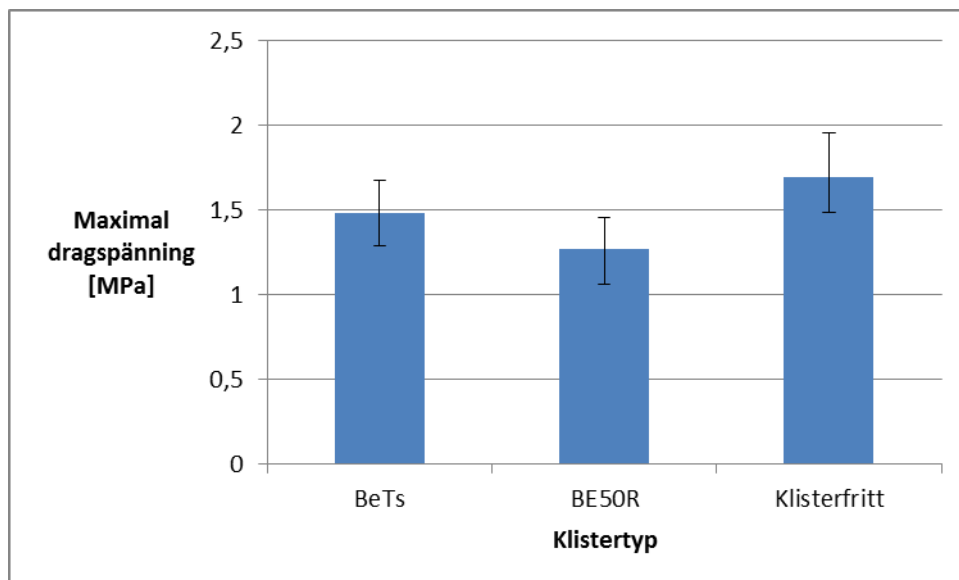


Diagram 2 visar den maximala dragspänningen i medelvärde och spridningen för de olika serierna som kommer från provplattor.

Diagram 3 visar den maximala dragspänningen i genomsnitt för de olika klistertyperna baserat på prover utförda på provkroppar tagna i fält. Felstaplarna visar max- och minvärden i MPa. Varje klistertyp representeras av tio prover, de klistrade med BeTs är tagna från E6, Åbro – Torrekulla och de prover klistrade med BE50R samt de oklistrade proverna kommer från infarten till asfaltverket i Porsen, Uddevalla.

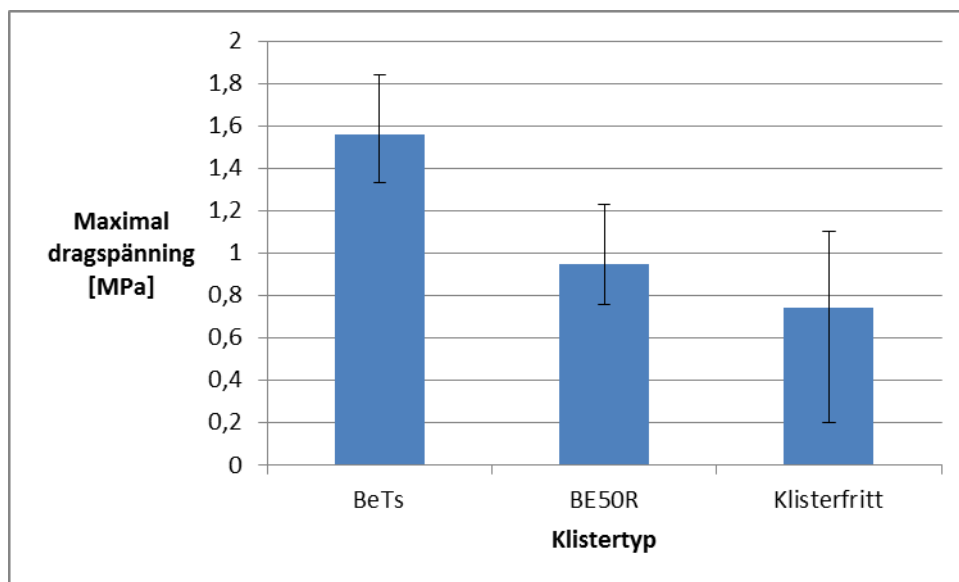


Diagram 3 visar den maximala dragspänningen i medelvärde och spridningen för de olika serierna med fältprover.

6.5 Skjuvtest

6.5.1 Provplattor

Tabell 13 visar resultatet från den provplatta som klistrats med BE50R och genomgick skjuvtest.

Ø 150 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	0,89
Standardavvikelse	0,061
Variationskoefficient	0,069

Tabellen ovan beskriver resultatet från den första provplattan som tillverkades för skjuvtest. Den var även den klistrad med BE50R, med en mängd av 117,8 gram. Fem provkroppar borrades från plattan. Medelvärdet för serien uppgick till 0,89 MPa, standardavvikelsen var 0,061 och variationskoefficienten var 6,9 %. Alla fem prover gick i brott i gränssnittet och resultatens spridning var 0,80–0,94 MPa.

Tabell 14 visar resultatet från den provplatta som klistrades med BeTs och som användes till skjuvtest.

Ø 150 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,15
Standardavvikelse	0,083
Variationskoefficient	0,072

Nästa provplatta som användes till skjuvtest klistrades med BeTs, 97,0 gram och fem prover från provplattan borrades och provades. Provningsen gav ett resultat på 1,15 MPa i medelvärde, 0,083 i standardavvikelse och en variationskoefficient på 7,2 % vilket beskrivs i tabellen ovan. Spridningen låg inom 1,04–1,50 MPa. Alla prover gick i brott i gränssnittet vid provning.

Tabell 15 visar resultatet från den oklistrade platta om skjuvtestades.

Ø 150 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,34
Standardavvikelse	0,19
Variationskoefficient	0,142

Den sista plattan som tillverkades för skjuvtestet var oklistrad och fem prover användes även från den. Resultatet visar ett medelvärde på 1,34 MPa, en standardavvikelse på 0,19 samt en variationskoefficient på 14,2 %. Alla prover gick i brott i gränssnittet under provningen. Resultatet från proverna visas i tabellen ovan.

6.5.2 Fältprover

Tabell 16 visar de sammanfattade skjuvtest-resultatet från de fältprover som klistrades med BE50R.

Ø 150 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	0,74
Standardavvikelse	0,067
Variationskoefficient	0,091

Tabellen ovan visar resultatet från de klistrade proverna från Porsen som skjuvtestades. De uppvisade ett medelvärde på 0,74 MPa och värdena hade en spridning inom intervallet 0,63–0,83 MPa. Standardavvikelsen hamnade på 0,067 och variationskoefficienten på 9,1 %. Alla prover gick i brott i gränssnittet.

Tabell 17 visar resultatet från skjuvtest som de fältprover som klistrats med BeTs.

Ø 150 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	1,23
Standardavvikelse	0,078
Variationskoefficient	0,063

De värden som proverna uppvisade vid skjuvtesterna låg inom intervallet 1,12–1,38 MPa, vilket gav ett medelvärde på 1,23 MPa, en standardavvikelse på 0,078 samt en variationskoefficient på 6,3 %, vilket beskrivs i tabell 17. Alla prover gick i brott vid gränssnittet under skjuvtestet.

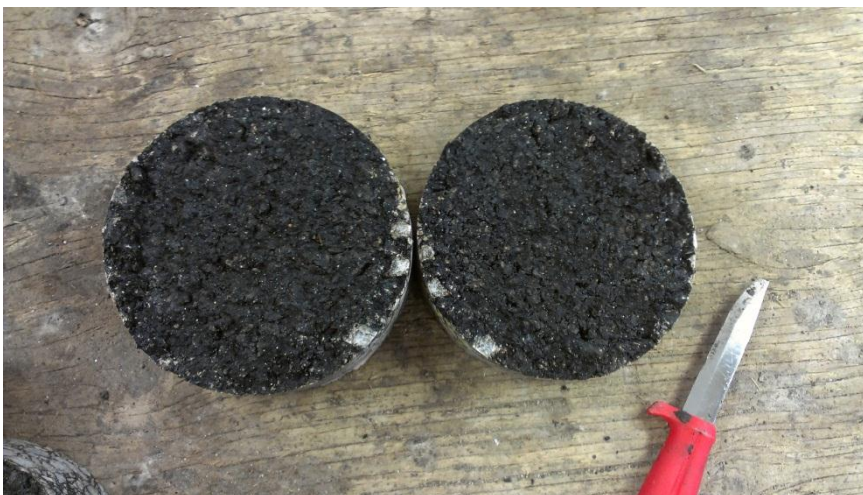
Tabell 18 beskriver resultatet från de oklistrade fältproverna som skjuvtestades.

Ø 150 mm	
Medelvärde för serien [MPa]	0,73
Standardavvikelse	0,3
Variationskoefficient	0,41

Tabellen ovan beskriver de klisterfria proverna från Porsen som skjuvtestades, vilka uppvisade ett medelvärde på 0,73 MPa och värdena låg inom intervallet 0,26 -1,17 MPa. De två prover som uppvisade den lägsta och avvikande hållfastheten syntes den sämre vidhäftningen på redan innan provning, se figur 16. De provernas värde var 0,26 respektive 0,31 MPa. Standardavvikelsen är 0,3 och variationskoefficienten uppgår till 41 %. Alla prover utom ett gick i brott i gränssnittet, ett prov gick i brott något i massan, se figur 17.

Dock skiljde sig inte värdet, 0,88 MPa, märkvärt från övriga.

De två prover med lägst hållfasthet släppte de två lagren från varandra redan under provning, vilket inte hänt under tidigare provning utan proverna har istället tagits isär efter provning för att möjliggöra en okulär bedömning.



Figur 17 visar ett prov som skjuvtestats och som tagits isär för att möjliggöra en okulär bedömning, där brott skett i gränssnitt och delvis i massan, vilket syns längst ner på provet.

6.6 Maximal skjuvspänning

Diagram 4 visar den maximala skjuvspänningen i genomsnitt för de olika klistertyperna baserat på prover utförda med laboratorietillverkade provkroppar från provplattor. Felstaplarna visar max- och minvärden i MPa. Varje serie innehåller fem provkroppar.

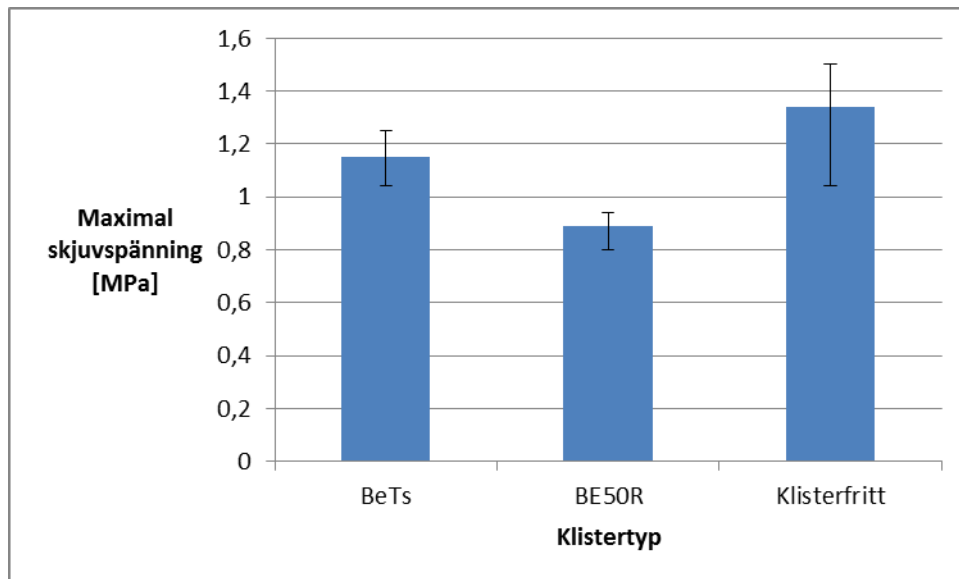


Diagram 4 visar den maximala skjuvspänningen i medelvärde och spridningen för de olika serierna som kommer från provplattor.

Diagram 5 visar den maximala skjuvspänningen i genomsnitt för de olika klistertyperna baserat på prover utförda på provkroppar tagna i fält. Felstaplarna visar max- och minvärden i MPa. Varje serie innehåller tio provkroppar.

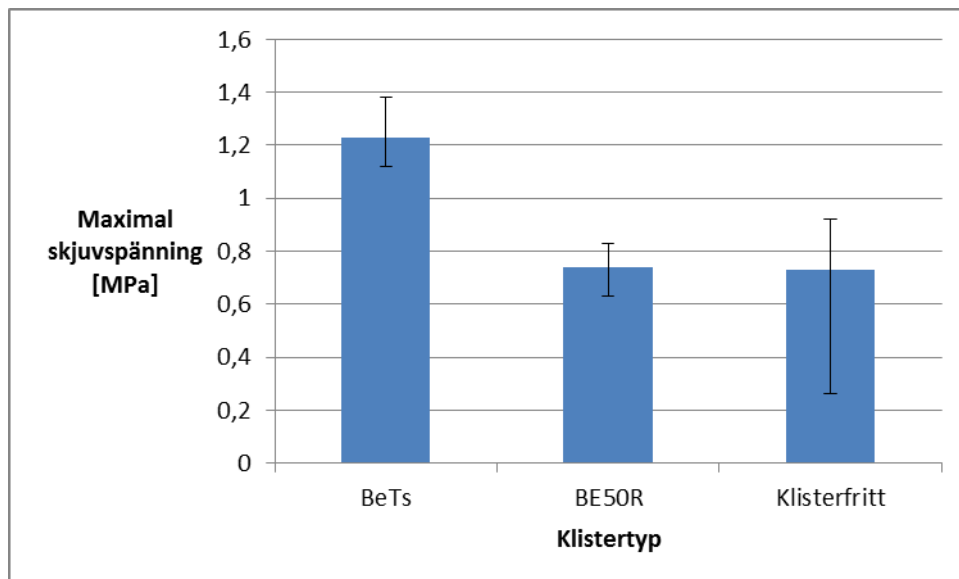


Diagram 5 visar den maximala skjuvspänningen i medelvärde och spridningen för de olika serierna med fältprover.

7 Analyser och slutsatser

I kapitlet kommer de övergripande problemformuleringar som ställdes i kapitel ett att besvaras baserat på de resultat och erfarenheter som framkommit i den här studien.

Målet med studien var främst att utföra jämförande provning med drag- och skjuvtest för att kunna jämföra metoderna med varandra, samt att jämföra de laboratorietillverkade provernas resultat med prover tagna i fält. För att göra detta, utvärderades dragtest enligt Pull-Off Test Method i den inledande delen av rapporten då skjuvtestet redan studerats och beskrivits inom Projekt Limning.

Dragtestet uppvisar en godtagbar precision vid den inledande provningen och metoden är praktiskt tillämpbar, men provkroppsframställningen är omständigt och tidskrävande. Variationskoefficienten för de olika serierna vid den inledande provningen är 9,5 % för den oklustrade, 10,3% för den klustrad med BE50R och 12,7% för den klustrad med BeTs.

Vid mer omfattande provning är både skjuvtestet och dragtestet praktiskt tillämpbara, dock är dragtestet betydligt mer krävande och omfattande än vad skjuvtestet är samt kräver mer planering då det är tidskrävande. Metoderna uppvisar båda en bra precision vid den jämförande provningen. Metoderna är även relativt smidiga att använda sig av och resultatet är lätta att tolka.

Metoderna bör användas tillsammans vid fortsatt provning för att man ska kunna avgöra om en av metoderna ska användas för att bestämma vidhäftningen mellan beläggningslager. Olika förhållanden kan tänkas gynna eller missgynna någon av två metoderna och i denna studie har endast ett begränsat antal provutföranden använts. Sett till provresultatet visar de prover med högst hållfasthet vad gäller dragtest även högst hållfasthet när det kommer till skjuvtest. Samma gäller de prover med lägst hållfasthet vilket tyder på att det kan tänkas att det i framtiden är möjligt att använda sig av en metod, dock krävs mer omfattande provning för att avgöra detta. Om det ses till utförandet i sig så är skjuvtestet den mest användbara metoden, då det är den av metoderna som är smidigast och mest tidseffektiv att använda. *De båda metoderna uppvisar en snarlik precision bestämd som variationskoefficient på drygt 15 %*. Det som gör att variationskoefficienterna blir höga sett till medelvärdet är att de serierna som gjordes på klisterfria prover gav en hög variationskoefficient på 40 %.

Den stora skillnaden mellan metoderna är provberedningen. När det kommer till dragtestet måste provberedningen utföras i flera steg vilket gör att den metoden är mer tidskrävande och ställer högre krav på noggrannhet. Skjuvtestet är betydligt mindre krävande än vad dragtest är, då den enda provberedning som krävs egentligen är att markera gränssnittet och temperera i rumstemperatur under fem timmar. Sett till de värden som framkommit i studien uppvisar metoderna en relativt bra korrelation, de skillnader som finns i värden beror på att det är olika metoder med olika belastningsfall och brottmekanismer.

De skillnader som ses mellan de prover som är tagna i fält och de som är tillverkade i labb är att de prover som kom från provplattor, det vill säga de som var tillverkade i laboratorium, har en något högre hållfasthet när det gäller de klustrade med BE50R. När det gäller de oklustrade proverna är värden på de labbtillverkade proverna förvånansvärt höga, högre än värdena på fältproverna och högre än de klustrade proverna från provplattorna. De prover klustrade med BeTs gav snarlika värden om man jämför fältprover med laboratorietillverkade prover. *Sett till de resultat framkommit genom jämförelse av fältprover och labbtillverkade prover kan egentligen ingen slutsats dras om hur värdena skiljer sig mellan laboratorietillverkade prover och fältprover, då det skiljer sig från de olika provutföranden som användes i den här studien*.

8 Diskussion

Målet med studien var att studera och utvärdera dragtest enligt Pull-Off Test Method sett till dess precision och tillämpbarhet, samt att jämföra dragtest enligt Pull-Off Test Method och skjuvtest enligt Leutners modifierade metod, samt att jämföra de resultat som kom från labbtillverkade prover samt fältprover. Totalt sett har cirka 45 provkroppar skjuvtestats och cirka 60 provkroppar dragtestats i den här studien. Studien har gett större praktiskt erfarenhet av både dragtest och skjuvtest.

Dragtest enligt Pull-Off Test Method är praktiskt tillämpbart men provberedningen är omständigt och tidskrävande då de olika momenten kräver att provkropparna står i ett visst antal timmar innan nästa moment utförs. Provet ska sågas och ett spår ska borras innan provplattan limmas fast. Att fästa provplattan samt att borra spåret har visat sig vara relativt omständigt och kräver precision. När provplattan limmats fast på ytan av provet måste det härda under 12 h enligt det sorts lim som använts i studien. Efter detta ska provet tempereras under minst 12 h enligt den föreslagna metoden, vilket gör att själva provberedningen tar ungefär två arbetsdagar. Efter provning ska också provplattorna avlägsnas från den del av provet den sitter fast på för att de ska kunna användas igen. En viktig del vad gäller dragtestet är att göra rent och slipa provplattorna efter varje provning för att vidhäftning mellan platta och prov ska fungera ordentligt, då det visat sig att detta är ett kritiskt moment. I denna studie har ett epoxybaserat lim använts för att fästa provplattan på provkroppen, vilket medför vissa restriktioner hanteringsmässigt.

Baserat på de resultat som den inledande provningen med laborietillverkade provkroppar gav, visar metoden en lovande repeterbarhet. Variationskoefficienten för de olika serierna från den inledande provningen är 9,5 % för den oklistrade, 10,3% för den klistrad med BE50R och 12,7% för den klistrad med BeTs vilket kan ses som en godtagbar precision.

Skjuvtestet är tidigare studerat inom projektet och därför har inte metoden utvärderats på samma sätt som dragtestet i denna studie. *Skjuvtestet är dock, till skillnad från dragtestet, en tidseffektiv och praktisk metod*, då det som krävs innan provning är möjlig är att man markerar ut gränssnittet för att få detta att hamna mellan skjuvringarna samt att proverna tempereras i rumstemperatur under minst fem timmar.

De båda metoderna uppvisar en snarlik precision bestämd som variationskoefficient på drygt 15 % vid den jämförande provningen. Det som ger metoderna en så pass hög variationskoefficient är att de serier med klisterfria fältprover gav en variationskoefficient på drygt 40 % då provernas värde varierade mycket.

Om det ses till den praktiska tillämpbarheten är dragtestet opraktiskt i jämförelse med skjuvtestet sett till utförandet då dragtestet har fler moment vid provberedning som kan påverka provresultatet.

Skjuvtestet begränsas dock av att det inte går att använda prover där det övre lagret har en mindre tjocklek än 30 mm, medan dragtestet klarar tunnare beläggningar. Det gör att dragtestet kan ses som lämpligare i ett avseende då det klarar fler typer av beläggningar. De två metoderna bör i fortsättningen användas tillsammans för att se om eventuella skillnader finns gällande ytor och metod då det är två skilda belastningsfall och brottmekanismer.

I denna studie visar BeTs den högsta hållfastheten när det gäller fältprover medan de klisterfria visar den högsta hållfastheten när det gäller de laborietillverkade proverna. BeTs gav ett relativt lågt värde när det gäller de prover som kommer från provplatta, både när det gäller de prover som skjuvtestades och dragtestades. Detta kan bero på att produkten påverkats på något sätt, då i stort sett samma mängd klister användes i fält som vid tillverkning av plattor, 0,4-0,45 kg/m². De resultat som framkom av Åbro-proverna vid dragtestet kan tänkas vara ännu högre, då flertalet gick i brott i massan. Ett brott i massan ger troligen ett lägre värde än om brott hade skett i gränssnittet, det vill säga att massan är svagare än klistringen. Det ska också påpekas att vid Åbro lades beläggningen vecka 28 under en varm period och med trafikbelastning

medan provytan där resterande fältprover togs lades vecka 44, vilket kan ha påverkat resultatet.

Den stora spridningen och höga variationskoefficient som de klisterfria proverna från Porsen gav, kan snarare bero på tillfälligheter vid utläggningen eller liknande som gjort att några av proverna inte höll en lika bra kvalitet som de skulle kunna ha, sett till de resultat som de proven med högre hållfasthet visade. Då tung trafik gått på vägen kan eventuellt detta ha packat ytan ytterligare, varför möjligen de sämre proverna kan komma från en del där inte trafiken gått. En viss trafik gick också på ytan innan det översta lagret lades, varvid en del smuts kan ha hamnat mellan lagren och påverkat resultatet. Den klisterfria delen hamnade också till största del i en backe, vilket kan ha påverkat packningen och därmed vidhäftningen till det sämre. Provytan lades inte under helt optimala förhållanden då det var sen höst med regn vilket också kan ha påverkat provresultaten. En del av de prover som togs upp på den klisterfria ytan hade relativt stora hålrum mellan lagren, vilket troligen ger en sämre vidhäftning mellan lagren, se figur 16.

En mindre packad massa eller en massa som separerat verkar ge sämre vidhäftning sett till de resultat som framgick av fältproverna.

Totalt sett visar metoderna en god korrelation, sett till de värden som hittills framkommit, se diagram 2-5. Dock bygger metoderna på olika belastningsfall och brottmekanismer, varför de i fortsättningen bör användas tillsammans för att tydligare kunna se om det räcker med att en metod används. *De resultat som framkommit i den här studien tyder på att en av metoderna kan väljas.*

9 Rekommenderad fortsättning

Vid en fortsättning för projektet bör det undersökas vad som görs i övriga Europa vad gäller de utkast till standarder som CEN publicerat, för att kunna jämföra arbete och se hur metoderna fungerar i övriga länder. Det bör om möjligt göras en ringanalys likt den studie Piber m.fl (2009) gjorde för RILEM gällande skjuvtest där 14 st. laboratorier deltog, eller liknande för att eventuella kravnivåer ska kunna sättas upp för en eventuell standard. Projektet bör ta del av andra länders utvärdering av dessa metoder.

Ett ökat antal fältprover bör utföras från olika beläggningar som blivit lagda under olika omständigheter, för att kunna se hur det skiljer sig och om samma gränsvärde ska tillämpas för olika klister och olika beläggningstyper. För vidare provning i fält bör de objekt där fältprover tas även de vara lagda under kontrollerade former, för att kunna relatera resultaten till klisterförfarande. Önskas det att utföra provning och analyser av klistermaterial och mängd är laboratorietillverkade prover lämpliga att göra, då dessa är tillverkade under kontrollerade former.

Då BE50R i denna studie gav ett lägre värde på hållfastheten än vad som framkommit i tidigare studie sett som en rimligt lägsta nivå, 0,85 MPa, när det gäller skjuvtest bör det undersökas vilken klistereffekt som vill uppnås och vart en rimlig lägsta kravnivå både för skjuvtest och för dragtest ska läggas.

Själva klistringsförfarandet bör undersökas och en metodbeskrivning tas fram på hur lagring och klistring bör genomföras för optimering och effektivisering av utförandet samt för att kunna säkerställa kvalitén på klistringsförfarandet.

Skjuvtest och dragtest bör även i fortsättningen användas tillsammans, på grund av att det är två skilda och olika belastningsfall som utgör själva provningen. Denna studie tyder på att metoderna ger ett ungefärligt likvärdigt resultat, det vill säga att värden följer varandra, men för att kunna avgöra vilken metod som lämpar sig mest för att bestämma vidhäftningen mellan beläggningsslager bör mer omfattande provning utföras.

- Projektet bör i fortsättningen undersöka vad som sker utanför Sverige när det gäller provmetoderna.
- En större mängd fältprover bör provas med dessa metoder med minst två olika laboratorier för att kunna avgöra var en lämplig lägsta nivå eller kravnivå ska läggas, och vilken klistereffekt man vill ha.
- En metodbeskrivning för lagring av klister och utförande av klistring bör tas fram.

10 Referenser

AMA Anläggning , kapitel DCC Bitumenbundna överbyggnadslager för väg, plan o d. (2011) Svensk Byggtjänst AB ISBN: 978-91-7333-445-7 .

ATB Väg 2005 Kapitel F Bitumenbundna lager, F4.8.12, (2005) Trafikverket, publikation 2005:112. Tillgänglig:
http://www.trafikverket.se/PageFiles/29996/kapitel_f_bitumenbundna_lager.pdf (2012-09-12)

CEN/TC 227 WG 2 N875.2E (2009) Surface dressing, sprays and slurry surfacing, Pull-off Test Method – Tensile Bond Strength. DRAFT September 2009.

CEN/TC 227 WG2 N879 (2009) Surface dressing, sprays and slurry surfacing, Leutner (Modified) Shear Bond Strength Method. DRAFT August 2009.

Elesand, F. (2012) ”Projekt Limning del 1b- Provning enligt Leutners modifierade metod för skjuvtest, SBUF-projekt 12468” NCC Roads Sverige. FoU Asfalt.

FAS Asfaltbok. (1995) Stockholm: Föreningen för Asfaltbeläggningar i Sverige FAS – ISBN 91 -971916-2-0.

Magnusson, R. (2012) ”Dragtest för bestämning av vidhäftning mellan beläggningsslager”. Bergsskolan. Examensarbete, nr E4314

Nynas AB (2012) Tillgänglig: <http://www.nynas.com/sv/Segment/Bitumen-for-vagbelagning/Sverige/Bitumen-for-Vagbelagning/Performance-Programme/Bitumenemulsion-for-klistringlimning/> (2012-05-30).

Piber, F. Canestrari, G. Ferrotti, X. Lu, A. Millien, M.N. Partl, C. Petit, A. Phelipot-Mardelé & C. Raab (2009) “RILEM interlaboratory test on interlayer bonding of asphalt pavements” Taylor & Francis Group, ISBN: 978-0-415-55854-9.

Roffe, J.C., Chaignon, F. (2002) Characterisation Tests on Bond Coats: Worldwide Study, Impact, Tests, and Recommendations. Thessaloniki: 3rd International Conference Bituminous Mixtures and Pavements.

Sangiorgi C, Collop A. C, Thom N.H, (2003) “A Non Destructive Impulse Hammer For Evaluating The Bond Between Asphalt Layers In A Road Pavement” NDT-CE 2003.

Schweizer Norm SN 670461. (2000) Bituminöses Mischgut, Bestimmung des Schichtenverbunds (nach Leutner). SNV, Swiss Association for Standardization

Tack Coat Guidelines (2009) State of California Department of Transportation, Division of Construction. Tillgänglig:
<http://www.dot.ca.gov/hq/construc/publications/tackcoatguidelines.pdf> (2012-05-30)

ÖNORM B 3639-1:1997 07 01. (1997) Asphalts for road construction and related purposes – Testing – Shear resistance in contact surfaces of asphalt layers. Austrian Standards Institute.

ÖNORM B 3639-2:1997 07 01. (1997) Asphalts for road construction and related purposes - Testing - Pull-off-resistance in contact surfaces of asphalt layers. Austrian Standards Institute.