

# Utveckling av texturmätning med Laser RST



Christian Glantz  
Henrik Hopp

2006

# Utveckling av texturmätning med Laser RST

Christian Glantz

Henrik Hopp

Examensarbete

CODEN:LUTVDG/(TVTT-5111)1-82/2006

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,  
Institutionen för Teknik och samhälle,  
Trafik och väg, 144

ISSN 1653-1922

Christian Glantz, Henrik Hopp

# Utveckling av texturmätning med Laser RST

2006

*Ämnesord:*

Textur, MPD, vägytemätning, objektmätning, skadeanalys

*Referat:*

För att utveckla vägytemätningar krävs fler parametrar som kan beskriva vägens kondition, en sådan parameter är textur. Denna studie syftar dels till att finna normala texturvärden för olika typer av standardbeläggning av asfalt och dels till att undersöka om och hur texturen påverkas av skador i vägen. I en objektsanalys analyserades mätdata från lasermätningar för att bestämma normala texturvärden och i en skadeanalys gjordes en okulärbesiktning i kombination med analys av mätdata. Resultaten visar att standardbeläggningar har olika texturvärde och att en identifikation av skador är möjlig med hjälp av data ifrån texturmätningar. Resultatet ger också att fortsatta studier är av värde.

*English title:*

Development of texture measurement with Laser RST

*Citeringsanvisning:*

Christian Glantz, Henrik Hopp, Utveckling av texturmätning med Laser RST. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle, Trafik och väg, 2006, Thesis 144

Institutionen för Teknik och  
samhälle  
Lunds Tekniska Högskola  
Trafik och väg  
Box 118, 221 00 LUND, Sverige

Department of Technology and  
Society  
Lund Institute of Technology  
Traffic and Road  
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

## ***Förord***

Denna rapport har kommit till som ett led i utvecklingen av vägtexturens användbarhet. På Ramböll RST:s kontor i Malmö har en stor del av arbetet genomförts och där har även stor hjälp kunnat mottagas vilket lett till ett intressant och givande arbete. Ett stort tack riktas till er alla som har lagt tid på oss på ett eller annat sätt. Peter Ekdahl, vår handledare, har trots stor arbetsbelastning gjort denna rapport möjlig, därför riktas ett speciellt tack till dig.

Malmö, 2006-01-16

.....  
Christian Glantz

.....  
Henrik Hopp

# Innehållsförteckning

<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>I</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>III</b>
<b>1. INLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE OCH MÅL.....	1
1.3 AVGRÄNSNINGAR.....	2
<b>2. METOD.....</b>	<b>3</b>
<b>3. LITTERATURSTUDIE ”VÄGYTEMÄTNING” .....</b>	<b>4</b>
3.1 HISTORIK.....	4
3.2 DAGENS VÄGYTEMÄTNING.....	6
3.3 OLIKA TYPER AV MÄTNING.....	6
3.3.1 Mätning med mätbil.....	6
3.3.2 Manuell mätning.....	7
3.3.3 Jämförelse.....	8
3.4 EGENSKAPER SOM MÄTS MED LASER RST.....	9
3.4.1 Ojämnhet i längdled samt längdprofil.....	9
3.4.2 Ojämnhet i tvärled.....	10
3.4.3 Lutning i tvärled.....	11
3.4.4 Övriga mått.....	12
<b>4. LITTERATURSTUDIE ”FÖRDJUPNING I TEXTUR” .....</b>	<b>13</b>
4.1 GRUNDLÄGGANDE FAKTA .....	13
4.1.1 Olika typer av textur .....	13
4.1.2 Texturmått.....	14
4.1.3 Mätning av textur.....	15
4.2 TEXTURENS PÅVERKAN.....	15
4.3 ANVÄNDNING AV TEXTUR FRAM TILL IDAG.....	16
4.3.1 Identifiering av beläggningstyper.....	16
4.3.2 Sambandet mellan friktion och textur.....	18
4.3.3 Identifiering av stensläpp med texturmätningar.....	19
<b>5. BESTÄMNING AV TEXTURVÄRDE FÖR OLIKA BELÄGGNINGSTYPER.....</b>	<b>20</b>
5.1 INLEDANDE BAKGRUNDSFAKTA.....	20
5.1.1 Vägnätsmätning/objektmätning – vad är skillnaden? .....	20
5.1.2 Asfaltens uppbyggnad och egenskaper.....	21
5.2 ARBETSGÅNG .....	22
5.2.1 Objektsurval.....	22
5.2.2 Bearbetning av objektens mätdata.....	23
5.3 RESULTAT .....	24
5.4 ANALYS.....	27
5.4.1 Översiktlig analys.....	27
5.4.2 Diskussion kring översiktlig analys.....	30

5.4.3 Djupanalys av beläggningstyper.....	34
5.4.4 Analys av enskilda objekt.....	36
5.4.5 Sammanfattning av analys.....	40
5.5 SLUTRESULTAT.....	40
<b>6. YTSKADORS INVERKAN PÅ TEXTUREN.....</b>	<b>42</b>
6.1 BELÄGGNINGSSKADOR.....	42
6.2 VAD KAN FÖRVÄNTAS HÄNDA MED TEXTURVÄRDET VID OLIKA SKADOR?.....	44
6.3 ARBETSGÅNG.....	44
6.4 ANALYS.....	46
6.4.1 Bra korrelation textur/skada.....	46
6.4.2 Tveksam korrelation textur/skada.....	55
6.5 SAMMANSTÄLLNING AV ANALYS.....	63
6.6 RESULTAT.....	67
<b>7. SLUTSATS.....</b>	<b>68</b>
<b>8. DISKUSSION OCH REKOMMENDATIONER.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERENSER.....</b>	<b>71</b>
<b>BILAGA 1 – SAMMANSTÄLLNING AV OBJEKT.....</b>	<b>73</b>

## Sammanfattning

Detta arbete handlar om hur texturmätning med Laser RST kan utvecklas och användas i framtiden. Idag används laserbaserad teknik för att mäta vägens kondition och resultaten från dessa mätningar kan sedan användas för att bedöma underhållsbehovet på vägnätet. En parameter som i dagsläget ej har utnyttjats i detta syfte är texturen vilken anger vägytans avvikelse från en plan yta för våglängder upp till 500 mm. Texturen beskriver med andra ord de små ojämnheter och håligheter som finns i asfaltbeläggningen. Beräkningen av texturvärdet är ISO-standardiserat och uttrycks i MPD (Mean Profile Depth) med enheten millimeter.

Syftet med arbetet har varit att dels definiera normala texturvärden för standardbeläggningar av nylagd asfalt, kap. 5, och dels undersöka om och hur texturen förändras av vanligen förekommande skador på vägen, kap. 6. För att uppnå syftet har en metod upprättats bestående av en objektsanalys och en skadeanalys. I objektsanalysen har mätdata från lasermätningar på nylagda objekt analyserats för att bestämma normala texturvärden och i skadeanalysen har en okulärbesiktning utförts i kombination med analys av mätdata från vägavsnitt med varierande skadeutbredning.

Resultaten från objektsanalysen för bestämning av texturvärde för olika beläggningstyper visar att en skillnad i texturvärde mellan olika beläggningstyper finns, framförallt är denna skillnad markant då ABT- och ABS-beläggningar jämförs. Resultaten tyder även på att stenstorleken i massan och bindemedlets penetrationstal har inverkan på texturvärdet. Objektsanalysen har också visat att variation i textur förekommer. Detta gäller dels inom enskilda objekt men också mellan objekt med samma beläggningstyp. Förklaringen till detta finns troligtvis i att tillverkning, transport, utläggning m.m. skiftar inom och mellan objekt vilket leder till kvalitetsskillnader och därmed variation i textur. Exempel på applikation av texturen skulle kunna vara homogenitetsmätningar vilket kan komma att ersätta dagens metod, DOR.

**Tabell 1: Medelvärde, standardavvikelse och variationskoefficient för olika beläggningstyper.**

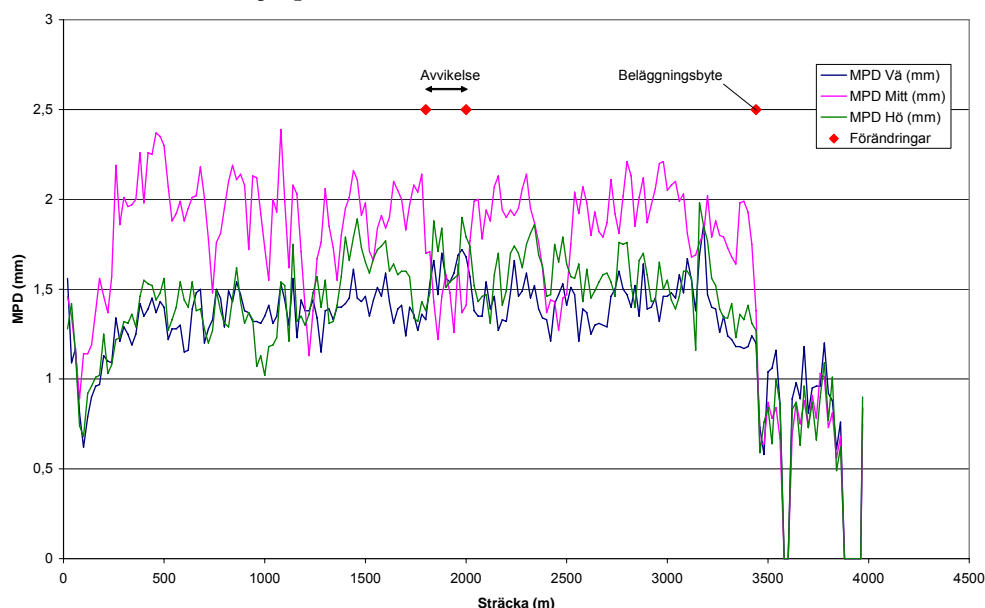
Beläggningstyp	MPD-värde (mm)	Standardavvikelse (mm)	Variationskoefficient (%)
ABS 11 B70/100	0,87	0,18	20,75
ABS 16 B70/100	1,20	0,24	20,13
ABT	0,50	0,17	32,92
ABT 11 B70/100	0,50	0,08	16,17
ABT 11 B160/220	0,66	0,08	12,31
ABT 16 B70/100	0,46	0,14	30,07
ABT 16 B160/220	0,66	0,21	32,01
TSK 11 B70/100	1,40	0,21	14,91
ABTS 11 B70/100	0,63	0,07	10,96

Resultaten från skadeanalysen för ytskadors inverkan på texturen visar att identifiering av skador är möjlig med hjälp av texturmätningar. I studien kan två skadetyper identifieras, blödningar och sprickor/krackeleringar. Fig. 1 och diagram 1 ger en bra bild över hur texturvärde är lägre i hjulspåren vid en blödning. Även lokala skador kan utläsas ur mätningarna om de var tillräckligt stora och avvikande. En bedömning av skadornas svårighetsgrad är troligtvis också möjlig. Vissa förutsättningar bör dock vara uppfyllda för att enskilda skador skall kunna identifieras. Primärt är att vägen ej får vara i för dåligt skick och att vägens bredd är känd. Dessutom är mätfordonets placering på vägen avgörande för att skada skall kunna identifieras.

Texturen mäts idag enligt standardiserade metoder vilket gör det värdefullt ur utvecklingssynpunkt. Parametern har mätts i cirka 15 år utan att användas och denna datamängd innebär en stor bas att bygga på för fortsatta fördjupande studier.



**Fig 1: Del av väg 1003 med tydliga blödningar i hjulspåren.**



**Diagram 1: Textur på väg 1003 mellan väg 1054 och väg 1501.**



## Summary

This report focuses on pavement texture measurement with Laser RST and how this texture can be developed and used. Today laser technology is used to measure the condition of the road surface and the results from these measurements are then used to estimate maintenance of road networks. One unused parameter for this purpose is the road surface texture which states the road surface's deviation from a true planar surface for wavelengths less than 500 mm. Thus the texture describes minor cavities and unevenness in the pavement. The texture parameter has been ISO standardized as MPD (Mean Profile Depth) which is expressed in millimetres.

The purpose of this report has been to define normal texture values for standard pavements in Sweden, chapter 5, and to study if and how the texture changes by common road distresses, chapter 6. To attain this a method has been established containing a project analysis and a distress analysis. In the project analysis data from site controls have been analysed to determine normal texture values for newly constructed pavements, while in the distress analysis a visual condition survey has been combined with an analysis of laser measured data on older roads.

The results from the project analysis show that there is a difference in texture values between pavement types, see table 1. This is most prominent when ABT- and ABS-pavements are compared. The results also indicate that the size of the aggregate used and penetration value of the binder influence on the texture value. The project analysis also shows that a variation in texture occurs both within individual objects and between objects with the same pavement type. The explanation is probably found in the construction quality regarding manufacturing, transportation, compaction and other parameters that might lead to differences in quality and thus variation in texture. An example of a new application for pavement texture could be measurements of homogeneity which might replace today's method, the DOR.

**Table 1: Mean value, standard deviation and coefficient of variation for different pavements**

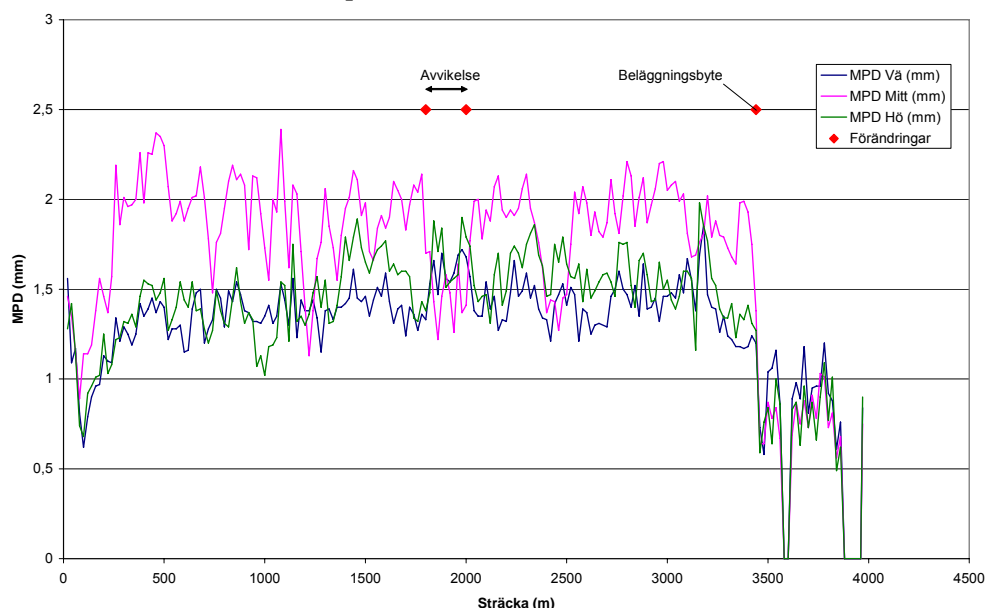
Pavement type	MPD-value (mm)	Standard deviation (mm)	Coefficient of variation(%)
ABS 11 B70/100	0,87	0,18	20,75
ABS 16 B70/100	1,20	0,24	20,13
ABT	0,50	0,17	32,92
ABT 11 B70/100	0,50	0,08	16,17
ABT 11 B160/220	0,66	0,08	12,31
ABT 16 B70/100	0,46	0,14	30,07
ABT 16 B160/220	0,66	0,21	32,01
TSK 11 B70/100	1,40	0,21	14,91
ABTS 11 B70/100	0,63	0,07	10,96

The results from the distress analysis shows that it's possible to identify road distresses using texture measurements. In this study, two different types of distresses, bleedings and cracks, could be identified. Fig. 1 and diagram 1 make a good example with lower values in the wheel paths with bleeding. Also local distresses could be identified in the measurements in case they were large and deviant enough. An assessment of the distress severity is probably also possible. Certain prerequisites ought to be fulfilled to make identification of independent road distresses possible. Primarily, the road should not be in a too poor condition, the roadwidth ought to be known as well as the position of the measurement system on the road. All this to certify an accurate identification of road distresses.

Texture has been a measured value for 15 years, which makes it valuable for development and trend analysis. Using a single system for all road measurements is an effective progress for the future.



**Fig 1: Part of road 1003 with obvious bleedings in the wheel paths**



**Diagram 1: Texture on road 1003 between road 1054 and road 1501.**

## **1. Inledning**

### **1.1 Bakgrund**

Sedan mitten av 1980-talet mäts de svenska vägarna med en laserbaserad teknik, typ Laser RST, vilken går ut på att med hjälp av laserkameror monterade på en bil läsa av vägytan och därmed skapa en bild av vägens fysiska tillstånd. En mängd data insamlas för att därefter analyseras. Då analysen är klar kan underhållsbehovet uppskattas och den kommande väghållningen planeras.

De värden och mått som idag oftast används är IRI, spårdjup och tvärfall. Dessa parametrar ger en relativt god uppfattning om vägytans kondition och kan användas som underlag för att bedöma det kommande underhållsbehovet i vägnätet. Mätningarna kan också användas vid funktionsentreprenader för att kontrollera att kvalitetskraven är uppfyllda, något som idag bli allt vanligare.

För att utveckla arbetet med vägytemätning krävs det att fler parametrar utvärderas så att en så fullständig och korrekt bild av vägnätet som möjligt kan skapas. En av de parametrar som idag mäts är vägytans textur. Detta mått används dock ej i någon större utsträckning vid själva underhållsplaneringen, men studier har visat att texturen bl.a. påverkar vägbuller, däckslitage, bränsleförbrukning och vägytans friktion. Andra studier visar dessutom på ett samband mellan textur och vägytans homogenitet, vilket i sin tur leder till att texturen bör kunna användas som ett mått på utförandekvalitet. Det värde som beräknas ur mätdata kallas "Medel Profil Djup", MPD och anges i mm. Vad som är normala MPD-värden för svenska vägar är idag något oklart vilket gör texturmättet svåränvänt.

### **1.2 Syfte och mål**

Syftet med detta arbete kan delas in i två huvuddelar:

Första delen har målet att definiera normala texturvärden för standardbeläggningar av nylagd asfalt. Parametrar avgörande för normala texturvärden på en beläggning söks. Den andra delen har som syfte att undersöka om texturen förändras av vanligen förekommande skador på vägen. Om så är fallet skall skadornas art och svårighetsgrad försöka bestämmas utifrån vägytemätningarna.

I slutändan är förhoppningen att resultaten skall leda till att texturmätningen med Laser RST kan utvecklas.

### ***1.3 Avgränsningar***

Studien har följande avgränsningar:

- Studien begränsas till vägytans tillstånd och beskaffenhet. Undergrund och terrass lämnas till andra studier då målet är att finna bruk för vägytemätningar.
- Litteraturstudien är inriktad på vägytemätning generellt med en fördjupning mot textur och vad som är känt om detta mått idag.
- Objektsanalysen inriktas på objekt inom Sverige som är mätta år 2004 och 2005. Produktionsberoende parametrar så som tillverkningsprocess, transporter och utläggningsarbete analyseras inte då detta är ett stort område som kräver en egen studie.
- Skadeanalysen begränsas till SoT-vägnätet i sydöstra Skåne. De skadetyper som förekommer i studien analyseras främst ur vägytesynpunkt.

## *2. Metod*

En inledande litteraturstudie är basen i rapporten. Denna behandlar två områden. Avsnittet "Vägytemätningar" beskriver historik och hur vägytemätningar används idag. I det andra avsnittet, "Textur", beskrivs texturmättet och hur det används.

För att bestämma normala texturvärden för olika standardbeläggningar kommer en studie av objektmätningar att genomföras. Ur mätningarna hämtas texturvärden som sedan analyseras för att hitta normala värden för olika beläggningstyper. Arbetet inleds med att göra ett urval av lämpliga objekt för vidare bearbetning. Objekten hämtas från Ramböll RST:s mätningar år 2004 och 2005. De utvalda objekten bearbetas och lämpliga statistiska mått beräknas. Därefter görs en analys av framtagen data för att avgöra om resultatet är tillförlitligt. Ett slutligt resultat presenteras där hänsyn tas till analysen.

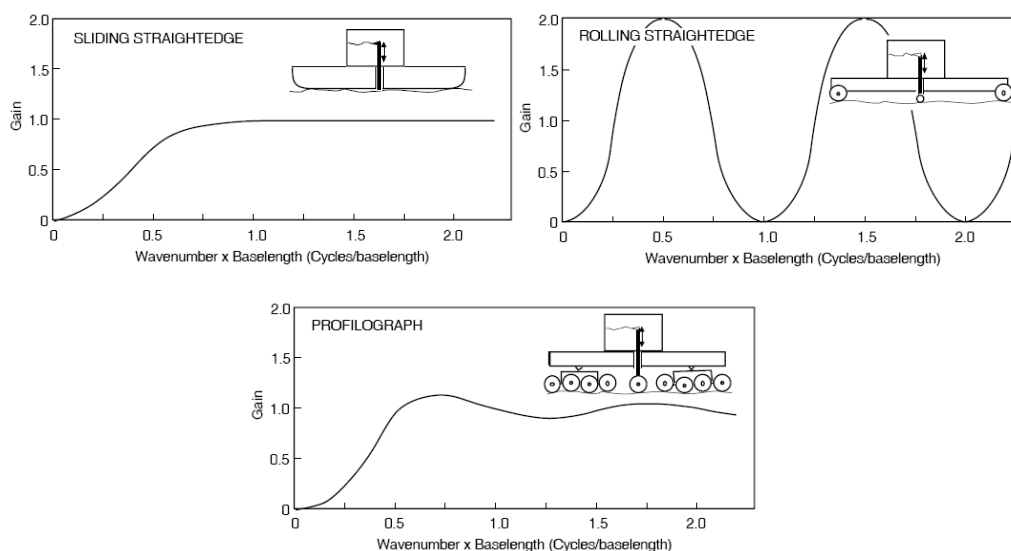
Genom en skadeanalys med arbetsmoment i fält och databehandling bestäms hur texturen påverkas av skador på vägen. Vägar där vägytemätningarna visar på förhöjda/sänkta texturvärde undersöks för att försöka bestämma om orsaken till förändringen beror av skadorna och i så fall hur det påverkar. Till att börja med görs ett urval av lämpliga vägsträckor. Dessa väljs med hänsyn till vägtyp och geografiskt läge. Därefter genomförs skadeanalysen med två olika angreppssätt. Ett var skador observeras och analyseras på plats för att därefter studera och jämföra mätdata med det observerade. Det andra där mätdata först studeras för att sedan genomföra en besiktning på sträckor där mätdata visat på avvikande värde. Det som framkommit ur skadeanalysen analyseras och ett resultat presenteras.

### 3. Litteraturstudie "Vägytemätning"

#### 3.1 Historik

Vägstandard har varit en gällande fråga så långt tillbaka som till de gamla grekerna och romarna. Framkomligheten var viktig redan då och på gamla romerska vägar går det att se försök till skapande av en jämn vägyta. Så länge transport på vägarna skedde till fots eller med dragdjur kunde relativt ojämna vägar accepteras, bara de var farbara året runt, men när motordrivna fordon introducerades i slutet av 1800-talet och den medföljande hastighetsökningen blev påtaglig började det ställas krav på bättre ytjämnhet och komfort.

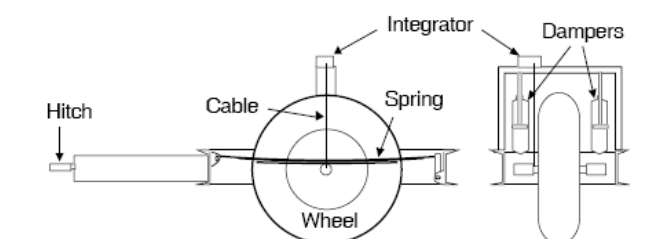
Metoder för att mäta vägars ojämnheter började studeras och fram till idag har ett antal olika mätmetoder och mätredskap använts och förkastats. En av de första metoderna var att använda en så kallad "sliding straightedge", även kallad Viagraph, där mätinstrumentet kan liknas vid en styv linjal eller rätskena. Detta var en enkel metod som mätte avvikelserna mellan vägytan och mätinstrumentets mitt. Under början av 1900-talet utvecklades denna först till en hjulburen, "rolling straightedge", och sen till en mer avancerad profilometer. Profilometern var en klar förbättring av sitt ursprung och desto fler hjul den hade, ju närmare den teoretiska begränsningen vad gäller respons för olika våglängder kom man, se fig. 3.1 (Gillespie, 1992).



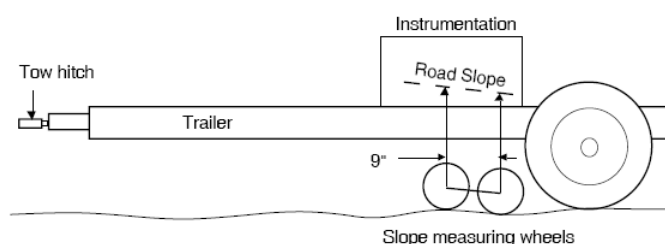
**Fig 3.1: Respons av tre olika mätutrustningar från tidigt 1900-tal. (Gillespie, 1992)**

Efter hand utvecklades alltmer högteknologiska mätmetoder som skulle efterlikna ett fordons fjädrings- och chassirörelser. 1941 kom "The BPR Roughometer" med vilken man försökte att standardisera ett fordon vad gäller dimensioner, massa och fjädring i ett enda hjul, se fig. 3.2 (Gillespie, 1992). Detta fortsatte att utvecklas och under de amerikanska

AASHO-testen kom CHLOE-profilometern, se fig. 3.3, vilken även användes i Sverige under en tid (Dahlstedt, 2001). AASHO-testen i USA var ett gigantiskt projekt där man praktiskt testade olika typer av överbyggnader genom att köra 27 500 000 mil med lastbilar på olika teststräckor. CHLOE hade inget med de gamla profilometrarna att göra utan bestod av två små hjul som mätte väglutningen i långsam hastighet dragen efter ett fordon. På 60-talet ledde utvecklingen till mer avancerade fordonsburna utrustningar, så kallade RTRRMS, "Response-Type Road Roughness Measurement Systems", bland annat Mays-mätaren och PCA-mätaren vilka mätte förskjutningen av fordonets axel. PCA-mätaren kom även den att användas i Sverige (Dahlstedt, 2001). Dessa var billiga instrument som hade den fördelen att de kunde installeras i vanliga bilar.



**Fig 3.2: BPR Roughometer (Gillespie, 1992)**



**Fig 3.3: CHLOE-profilometer (Gillespie, 1992)**

Fram till denna tidpunkt hade utvecklingen resulterat i en mängd olika mätinstrument, men inte i något standardiserat måttssystem. Detta ledde till mycket förvirring och stora svårigheter vid jämförelser av mätningar. Problemen förde med sig att stora summor investerades i försök att kalibrera de olika metoderna med varandra. Först ut på vägen mot dagens IRI var NCHRP-programmet 1978, "National Cooperative Highway Research Program", med sitt projekt: "Calibration and correlation of response-type road roughness measuring systems", vilket kalibrerade olika RTRRMS med varandra. Med "The International Road Roughness Experiment" togs i början av 1980-talet det slutgiltiga steget. I och med detta kunde ett resulterande mått presenteras vilket kom att accepteras som en världsomspännande standard, IRI, "International Roughness Index" (Gillespie, 1992, Dahlstedt, 2001).

### 3.2 Dagens vägytemätning

Tanken med dagens vägytemätningar är att de skall beskriva vägens funktionella tillstånd. En funktionell väg är en väg som är framkomlig, trafiksäker och komfortabel att färdas på samt miljövänlig för både trafikanten och omgivningen, detta till lägsta möjliga totalkostnad (Ekdahl, 2005). Något exakt mått på funktion finns dock inte utan istället måste vägens kondition, d.v.s. dess fysiska tillstånd, bestämmas. De parametrar som då mäts skall på ett bra sätt beskriva vägens funktion. Idag används ojämnhet i längsled och tvärlid (IRI och spårdjup) samt lutning i tvärlid (tvärfall) som kvalitetsparametrar.

Att mäta vägytan är idag en process i flera steg. Utrustningen skall till att börja med kontrolleras och kalibreras innan mätning kan ske. Då mätningen är avklarad skall mätdatan analyseras och redovisas. Resultaten måste till slut tolkas för att mätningen skall vara användbar. Beroende på hur resultaten skall användas kan denna tolkning göras på olika sätt, syftet med mätningarna kan nämligen skilja sig åt. Mätningen kan göras för att kartlägga vägarnas nuvarande tillstånd eller för att kontrollera och utvärdera nybyggnad och underhåll, men den kan också fungera som ett underlag för val av åtgärder samt ligga till grund för detaljstudier i forskningssyfte.

### 3.3 Olika typer av mätning

#### 3.3.1 Mätning med mätbil

Idag sker en stor del av vägytemätningarna med avancerad laserteknik, där en detaljerad bild av vägytan kan skapas. Dessa mätningar har i Sverige utförts sedan mitten av 1980-talet och numera mäts årligen en stor del av det statligt belagda vägnätet med denna teknik (Sjögren et.al, 2002). Systemet består av ett fordon med frontmonterad mätbalk var totalt 17 laserkameror är placerade så att en mätbredd av 3,2 m uppnås (se fig. 3.4). Kamerorna läser av vägytan med en frekvens på 16-32 kHz vilket ger ett värde från varje laser var 0,5-2 mm.

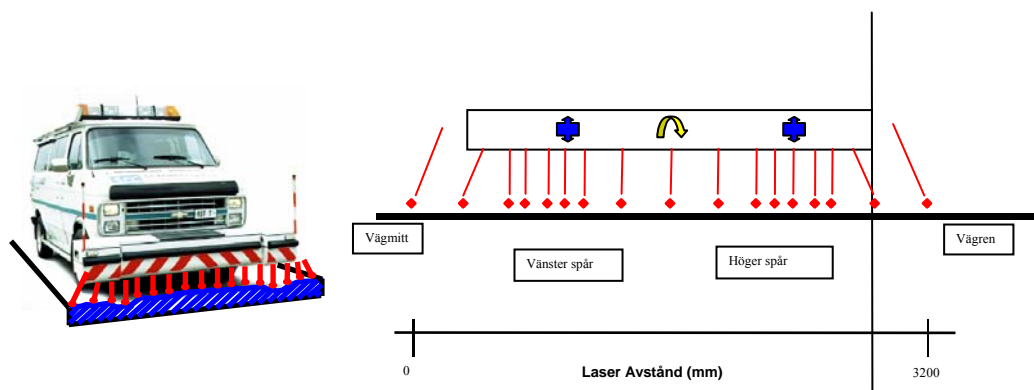


Fig. 3.4 Laser RST med skiss av mätbalk (Ekdahl, 2005)



Mätningen i Sverige utförs så att kraven i gällande metodbeskrivning uppfylls, VVMB 115:2004. Det ställs bland annat krav på bilens hastighet, dess positionering i sidled samt lasrarnas placering, allt eftersom en så korrekt bild av vägytan som möjligt ska skapas. Vid mätningen registreras längdvärden och koordinater samt att mätvärdena kopplas till vägnätet via den vägnätsmodell som används av Vägverket (VVMB 115:2004). En mängd olika data samlas in som sedan medelvärdesbildas över 20 m, ett valt rapportintervall. Videofilmning av mätningen kan också utföras. Kameran placeras då på taket av fordonet och på videobilden visas också ett medelvärde för spår djup och IRI varje 20 m samt positionen för fordonet (Forsberg, Göransson, 2000). På så sätt finns en koppling mellan insamlade bilder och uppmätta värden som kan användas vid utvärderingen. När en analys av mätresultaten slutligen görs fås en bild av vägytans standard, geometri och komfort.

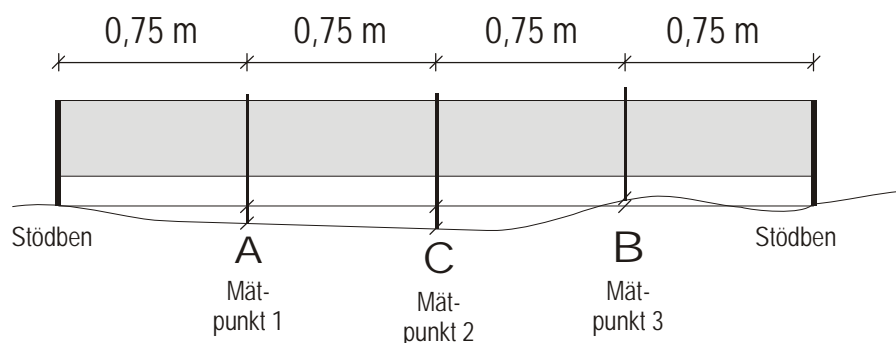
Fördelen med den laserbaserade tekniken är att den kan utföras automatiserat i stor skala och i normal trafikrytm. Dessutom förekommer inga subjektiva bedömningar utan metoden är helt objektiv. På så sätt kan internationellt standardiserade mått användas vilket i sin tur ger möjlighet till jämförelse och lagring av mätdata. Eftersom mätdata presenteras i realtid kan operatörerna övervaka och kontrollera mätresultaten under pågående mätning. Metoden kan också användas till enskilda objekt för kvalitetskontroll.

### 3.3.2 Manuell mätning

Då mätning skall utföras på ett enskilt kort objekt kan enklare metoder användas. För att få en jämförelse mellan den avancerade lasertekniken och mer traditionella metoder presenteras nedan två sådana för bedömning av vägytan. I båda fallen handlar det om enkla metoder där subjektiva inslag förekommer.

#### ***Mätning med rätskiva***

Ojämheter och tvärfall på bundna och obundna lager kan bestämmas med hjälp av en rätskiva. Rätskivan skall vara 3 m lång och vara försedd med stödben i vardera änden och mätdon placerade enligt metodbeskrivningen (VVMB:107:2001), se fig. 3.5.



**Fig. 3.5 Rätskiva (VVMB 107:2001)**

Fördelningen av stickprovets kontrollpunkter skall göras efter en given mall. Ojämnheten kan mätas både längs och tvärs vägen. Mättonens värde läses av med 1 mm:s noggrannhet. Mätning av tvärfall skall ske med någon typ av instrument som direkt anger lutningen i procent (med en decimal). Vid behov kan ett extra stödben då användas, vilket då skall placeras enligt metodbeskrivningen.

### ***Okulär besiktning***

Okulär besiktning är en metod som kan användas för att bedöma enskilda vägobjekt. Bakgrund till att en besiktning genomförs är vanligen prioritering av vägar vid underhållsåtgärder men kan också vara ett verktyg för att finna orsaker till skador (Wägberg, 2003). Vid en okulär besiktning bör hela objektet besiktigas, dock kan ett representativt avsnitt väljas ut om objektet är mycket långt. Besiktningen utförs av en person som färdas långsamt längs sträckan och antecknar de olika skador som finns på vägytan. Svårighetsgraden på skadorna och utbredningen hos denna noteras också. Bedömning och klassning av skadorna sker efter en viss given mall. Därefter kan en samlad bedömning av skadorna göras och möjliga orsaker samt tänkbara åtgärder föreslås.

Nackdelen med denna metod är givetvis att den är subjektiv. Studier har visat att reproducerbarheten för denna typ av mätning är mycket låg. Två personer bedömer sällan en vägyta likadant. Det kan också vara svårt att bedöma orsaken till skadorna eftersom det enbart är vägytan som besiktigas och information om underliggande lager framkommer ej. Dock är metoden billig och relativt enkel att genomföra. Om samma person, vilken är utbildad, gör bedömningen kan okulärbesiktningen vara av ett visst värde.

### 3.3.3 Jämförelse

Utvecklingen har gått från användning av enkla hjälpmedel, så som rätskiva, till användning av avancerad laserteknik. Dagens metoder innebär nya möjligheter och resultaten från mätningarna kan utnyttjas i flera olika sammanhang.

En enkel jämförelse mellan de traditionella metoderna och dagens metoder kan se ut så här:

#### **Traditionella metoder**

Vägytans utseende

→

Stickprov

→

Engångsnytta

→

Subjektiva inslag

→

#### **Nya metoder**

Vägytans funktion

Kontinuerlig mätning

Uppföljningsbara värden

Objektiv mätning

Numera kan därmed en bedömning av hela vägens funktion och inte bara dess utseende göras. Eftersom hela vägytan mäts, och det i stor skala, kan dels olika vägar jämföras med

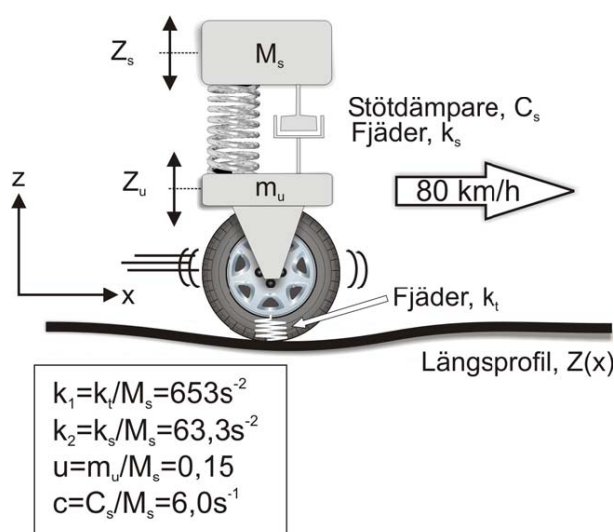
varandra och dels kan detta göras under en given tidsperiod. Att mätningarna sedan dessutom är helt objektiva gör det naturligtvis lättare att jämföra mätresultaten från olika vägar samt från år till år.

### 3.4 Egenskaper som mäts med Laser RST

#### 3.4.1 Ojämnhet i längdled samt längdprofil

Med Laser RST-mättonen mäts längdprofilen med våglängder inom 0,5 och 100 meter i tre längsgående linjer för varje mätning. Två linjer 1,5 meter ifrån varandra från centrum av mätbilen sett samt en tredje linje 1 meter till höger om mätbilens centrum. Kraven på noggrannhet är också stora varför maximalt tillåten avvikelse är  $\pm 0,4$  mm för varje uppmätt punkt. Det är många mätpunkter som registreras, 50 st per 100 mm och längdprofil. Med dessa 50 mätningar kan sedan ett profilvärde bestämmas som medelvärde över 10 cm (VVMB 115:2004).

När data är insamlat kan ojämnheter i längdled beräknas. Den vanligaste metoden i Sverige är idag att beräkna ett så kallat IRI-värde, "International Roughness Index", ett mått som är upprepbart, tidlöst samt adaptivt till flera olika mätmetoder. IRI ger ett samlat värde på de vibrationer som uppstår i ett fordon på grund av längdprofilens ojämnheter och är starkt bundet till reskomfort, stabilitet och säkerhet (Karamihas, 2005). Den matematiska modell som ligger bakom IRI kallas "Quarter-car-simulator", se fig. 3.7, och bygger på en standardiserad fjärdedels bil. Denna fjärdedel inkluderar hjul, hjulupphängningens massa  $[m_u]$ , fjädring  $[k_s]$  och stötdämpning  $[C_s]$  samt fordonets karossvikt  $[M_s]$ . Hjulet motsvaras vanligen av en fjäder  $[k_t]$ . Enligt Vägverkets rekommendationer beräknas IRI med "State



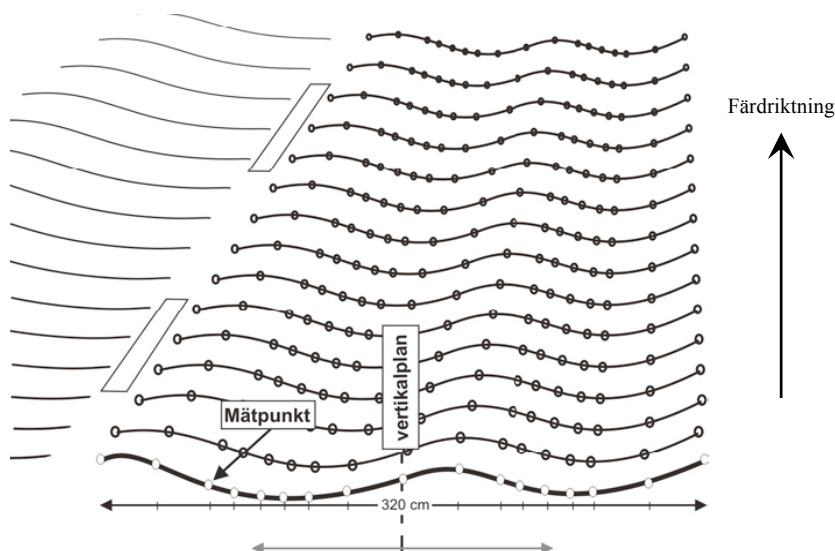
**Fig 3.7: "Quarter-car-simulator" med gällande parametervärden. (VVMB 115:2004)**

Transition Matrix"-metoden (VVMB 115:2004). IRI beräknas för varje enskild längsprofil, vilket innebär att tre IRI-värden fås i varje lasermätning. Detta får ses som tidsbesparande och kostnadseffektivt (Karamihas, 2005). Ett idag allt vanligare mått är IRI H, vilket innebär IRI-värdet för höger hjulspår, medelvärdesbildat över 20 meter. Anledningen till att höger används är att det normalt är störst ojämnheter i detta spår.

Det finns ett antal andra modeller att tillgripa för att beskriva ojämnheter. Ett exempel på detta är HRI, "Half-car Roughness Index", vilket innebär att två längsprofiler beräknade med "Quarter-car"-analys, t.ex. vänster och höger hjulspår, medelvärdesbildas. Andra beräkningsmetoder är RMS, "Ride Number", "Moving Average Filter" och PSD-analys (Karamihas, Sayers, 1996)

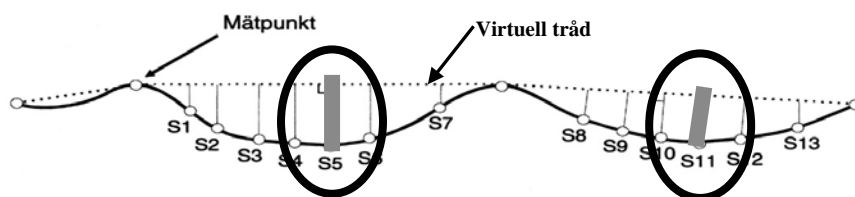
### 3.4.2 Ojämnheter i tvärlängd

Normalt betraktas spår djup som ett beskrivande mått av vägytans ojämnheter i tvärlängd. För att mäta spår djup används idag 17 mätton med en mätbredd på 3,2 m, eller en kombination av mätton som mäter längs en linje istället för i punkter, vilket görs då 17 mätton används. Precis som vid mätningar av längsprofil krävs det en stor noggrannhet vid mätning,  $\pm 0,7$  mm. Som fig. 3.7 visar har mättonen placerats tätare vid fordonets hjulbas vilket ger möjlighet till dessa noggranna spår djupsmätningar. En spårbredd på 1,5 m är standard (VVMB 115:2004 & 116:2004) vilket överrensstämmer ungefärligt med avståndet mellan hjulen på personbil.



**Fig 3.7: Tvärprofil mätt med 17 mätton (VVMB 115:2004)**

Ur insamlad data beräknas en tvärprofil för varje 100 mm utifrån avstånd från mätton till mätpunkt. Ett medelvärde tas av alla mätpunkter vilket ger tvärprofilen. Ur tvärprofilen beräknas sedan spår djupet med hjälp av den så kallade "Trädprincipen", enligt VVMB



**Fig 3.8: Trådprincipen använd på en uppmätt tvärprofil (Ekdahl, 2005)**

115:2004, se fig. 3.8. Ett spårdjup beräknas för hela profilen, men även ett för den högra respektive vänstra delen av profilen. Då 17 mätdon används är det de 10 donen längst till höger som används för beräkning av "spårdjup höger" vilket motsvarar ca 60 % av mätbredden. Motsvarande gäller för "spårdjup vänster". Trådprincipen innebär att en virtuell tråd spänns mellan tvärprofilens två yttersta mätpunkter. Då tråden är böjlig anpassar den sig efter upphöjningar i tvärprofilen. Mättet ger en god anknytning till det faktiska spårdjupet som bilisten färdas i. Spårdjup för varje tvärprofil om 100 mm fås slutligen genom att beräkna det vinkelräta avståndet mellan varje mätpunkt och den virtuella tråden. Vanligen medelvärdesbildas sedan detta värde över 20 m (VVMB 115:2004, VTI 12-2000). Beroende på vilka lasrar som används fås olika spårdjupsvärden. "Spårdjup max" då alla 17 lasrar används, "spårdjup höger" vid användning av laser 8 till 17 och "spårdjup vänster" då laser 1 till 10 används.

Ofta lagras även en medeltvärprofil tillsammans med spårdjupet. Enligt VVMB 115:2004 definieras det som en obruten linje sträckt mellan tvärprofilens två ytterpunkter. Denna linje används sedan som nollreferens för alla mellanliggande mätpunkter. Det aritmetiska medelvärdet av 200 enskilda mätpunkters avstånd till respektive nollreferenslinje utgör medelvärdet över 20 m för varje mätpunkt. Medelvärdena för alla mätpunkter över 20 m ger tillsammans medeltvärprofilen.

### 3.4.3 Lutning i tvärled

För att dagvatten skall kunna samlas upp och avledas från vägen krävs det att vägytan har en tillfredsställande lutning i tvärled. Enligt ATB Väg 2004 får inte vattensamlingar med djup större än 5 mm bildas på vägbanan vid regn.

Mätning av tvärfall kan ske manuellt med elektroniska pass och enklare mätvagnar. I och med införandet av laserbaserad vägytemätningsteknik har dock dessa metoder försvunnit och istället mäts tvärfallet med ovan nämnda laserteknik. Mätningen av tvärfall skall ske med samma utrustning som för tvärprofil (se beskrivning av ojämnheter i tvärled) kompletterad med utrustning som möjliggör mätning av vägens lutning relativt horisontalplanet tvärs färdriktningen (VVMB 115:2004). Beräkning av tvärfall görs med utgångspunkt från tvärprofilens form och lutning och skall enligt metodbeskrivningen (VVMB 115:2004) ske enligt två olika modeller:

**Ytlinjetvärfall:** Tvärfallet definieras som vinkeln mellan horisontalplanet och en linje genom två mätpunkter med ett inbördes avstånd av ca 3,20 m, d.v.s. hela mätbredden, centrerade kring mätfordonets mittersta mätpunkt.

**Regressionstvärfall:** Lutningslinjen (regressionslinjen) beräknas med minsta kvadratmetoden genom att använda samtliga 17 mätpunkter. Tvärfallet definieras som vinkeln mellan horisontalplanet och regressionslinjen.

Då mätningen sker enbart på objektsnivå behöver ej ytlinjetvärfallet beräknas. Tvärfallet redovisas i procent (%), dvs. det vertikala avståndet (B) relativt det horisontella (A) vinkelrätt mot vägens längdriktning, se fig. 3.9



**Fig 3.9 Princip för beräkning av tvärfall. (VVMB 115:2004)**

#### 3.4.4 Övriga mått

Backighet, kurvatur och positionering är parametrar som också kan mätas med hjälp av Laser RST. Nedan beskrivs kort vad dessa mått innebär och hur de beräknas.

##### **Backighet**

Backigheten anger hur vägen lutar i färdriktningen. Denna mäts med en utrustning som kan mäta lutningen på vägen relativt horisontalplanet och definieras som medellutningen för 20 m väg i färdriktningen (VVMB 115:2004). Medelvärdet är beräknat utifrån minst 10 jämnt fördelade punkter längs en 20 m sektion. Backigheten uttrycks i procent (%).

##### **Kurvatur**

Kurvaturen anger vägens linjeföring i horisontalplanet. Denna skall beräknas från medelvärdet av krökningsradien,  $r$ , för 20 m väg och uttryckas som  $10\,000/r$  (VVMB 115:2004). I en raksträcka blir alltså kurvaturen 0 och vid krökningsradien 5000 m blir kurvaturen 2.

##### **Positionering**

För att bestämma mätdatas lokalisering längs vägen används mätton som anger mätbilens position i koordinatsystemet RT90 2,5 gon väst. Den mittersta mätpunkten skall positioneras och mätas var 20:e meter (VVMB 115:2004).

## 4. Litteraturstudie "Fördjupning i Textur"

### 4.1 Grundläggande fakta

#### 4.1.1 Olika typer av textur

Texturen anger vägytans avvikelse från en plan yta för våglängder upp till 500 mm, d.v.s. den beskriver de små och medelstora ojämnheter och håligheter som finns i asfaltbeläggningen. Genom att dela in texturen i tre olika intervall kan hänsyn tas till hur stor avvikelsen är. De tre intervallen benämns mikrotextur, makrotextur och megatextur.

#### **Mikrotextur**

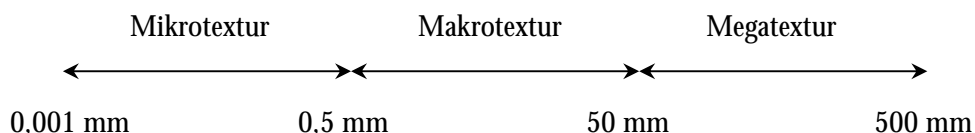
Mikrotexturen beskriver den fina texturen, 0,001 – 0,5 mm, se fig. 4.1, vilket kan sägas motsvara stenytans skrovlighet. Vägytans mikrotextur beror bland annat på vilket stenmaterial som har använts i asfaltmassan. Natursten eller krossat material och glatt eller rå yta på stenen är exempel på attribut som påverkar mikrotexturen (Schmidt, 1999, Ekdahl, 2003).

#### **Makrotextur**

Makrotexturen tar hänsyn till asfaltmassans skrovlighet. Intervallet är 0,5 – 50 mm, se fig. 4.1, varför även djupet mellan individuella stenar har betydelse för utfallet (Schmidt, 1999, Ekdahl, 2003). Det är denna del av texturen som detta arbete kommer att fokusera på.

#### **Megatextur**

Megatextur motsvarar avvikelser på 50 – 500 mm, se fig. 4.1, från en helt plan yta. När texturen når dessa storlekar handlar det oftast om oönskade ojämnheter och skador i vägbeläggningen, t.ex. slaghål. Avvikelser som är större än 500 mm brukar normalt samlas under den generella benämningen ojämnheter och räknas inte in i textursammanhang (Schmidt, 1999).

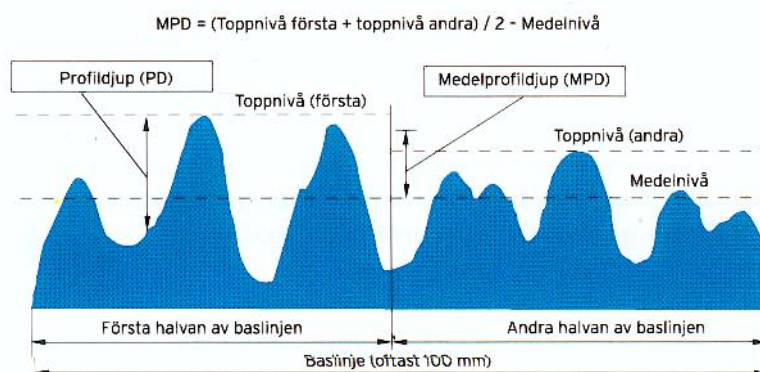


**Fig 4.1 Schematisk beskrivning av texturintervall**

#### 4.1.2 Texturmått

Texturen presenteras främst med tre olika mått:

MPD (Mean Profile Depth): är ett tvådimensionellt mått motsvarande interaktionen mellan däck och vägyta. MPD är tänkt att återge makrotexturens medelprofildjup och anges i enheten mm. Beskrivning av hur MPD beräknas är standardiserat och går att finna i ISO 13473-1, se fig. 4.2. Vid mätning med Laser RST presenteras texturmåttet som just MPD. Som fig. 4.2 visar är MPD ett värde som är medelbildat över en sträcka på 100 mm, så kallad baslinje. För att beräkna MPD delas baslinjen upp i två halvor. På varje halva bestäms toppnivån och därefter kan MPD beräknas med ekvation 4.1. Eftersom mätning sker i tre linjer; höger och vänster hjulspår samt i mitten, kommer ett MPD-värde för varje linje att beräknas.



**Fig 4.2 Beskrivning av MPD och PD över en längsprofil (ASTM)**

$$MPD = \left( \frac{\text{toppnivå } 1 + \text{toppnivå } 2}{2} \right) - \text{medelnivå} \quad (\text{ekv. 4.1})$$

MTD (Mean Texture Depth): är ett tredimensionellt volymetriskt mått som beskriver texturdjupet över en bestämd yta. Detta mått beräknas då sand patch-metoden, se nedan, används.

ETD (Estimated Texture Depth): är en omräkning av MPD

$$ETD = 0.2 + 0.8 \cdot MPD \quad (\text{ekv. 4.2})$$

Genom att räkna om MPD på detta sätt kan en jämförelse mellan gamla volymetriska mått och nya tvådimensionella mått göras (Ekdahl, 2003).



### 4.1.3 Mätning av textur

Mätning av textur kan ske på ett antal olika sätt. Numera är, som nämnts tidigare, mätning med laser det absolut vanligaste sättet att mäta texturen. Fortfarande finns emellertid enklare manuella metoder att använda. Nedan beskrivs hur en sådan mätning, samt hur mätning med laser, går till.

#### ***Manuell mätning med Sand Patch-metoden:***

Sand Patch-metoden innebär att en sandvolym nedarbetas i vägytan. Ett sandmaterial med en given kornstorlek (0,15-0,30 mm) sprids ut över en cirkulär yta för att därefter arbetas ned i asfalten. Den volym sand som går åt samt cirkelns yta bestäms. Medeltexturdjupet, MTD, beräknas sedan genom att dividera sandvolymen med cirkelns yta. Idag finns det också en standardiserad sand patch-metod, ISO 10844, där glaspärlor istället för sand används.

#### ***Mätning med laser:***

Denna metod baseras på lasertekniken presenterad i kapitel 3.3.1. Vid mätning av makrotexturen med Laser RST skall texturvärdet mätas i tre linjer längs vägen, i vänster och höger personbilspår samt mellan dessa två där vägen är opåverkad av trafiken. Då megatexturen mäts räcker det att mäta i vänster och höger personbilspår (VVMB 115:2004).

## 4.2 Texturens påverkan

Makrotexturen har betydelse för mycket som rör vägar och trafik. VTI, Statens väg-och transportforskningsinstitut, har på uppdrag av Vägverket genomfört ett projekt för att finna förbättrade trafikmodeller. Från detta projekt har bland annat kommit skriften VTI notat 71-2000 (Ihs, Magnusson, 2000) vilken ger en beskrivning av den relativa betydelsen för olika beläggningsskarakteristika. Beskrivningen bygger på samlad kunskap från huvudprojektet kallat "Vägytans trafikeffekter" som i sin tur består av ett flertal delprojekt.

Klart framstår det att makrotexturen berör i princip alla områden, direkt eller indirekt. I fig. 4.3 på 5:e raden går det att avläsa, på en 4:a gradig skala, för vad och i vilken grad makrotexturen har betydelse. Däckslitage, bränsleförbrukning och buller berörs alla betydande. Makrotexturen har en avverkande effekt på däck vilket ökar förslitningen. En grövre textur ger större rullmotstånd vilket i sin tur ger högre bensinförbrukning. Betänkas skall dock att vid blött väglag ger den grövre texturen omvänd effekt för rullmotståndet då undanträngning av vattnet på vägbanan går lättare. Beroende på väglängden ger makrotexturen förhöjt eller minskat buller. I mindre grad har makrotexturen även betydelse för komfort, fordonsslitage, nedsmutsning och vinterväghållning (Ihs, Magnusson 2000).

Friktion är en viktig faktor för framkomlighet, trafiksäkerhet och vägval, se fig. 4.3 på 7:e raden. Makrotexturen har en avgörande betydelse för friktionen, därmed finns en indirekt koppling till framkomlighet och trafiksäkerhet (Ihs, Magnusson 2000).

	Framkomlighet	Trafiksäkerhet	Komfort	Fordonslitage	Däckslitage	Bränsleförbrukning	Resande, vägval	Godsskador	Däck-, vägbuller	Nedsmutsning	Vägens livslängd	Vinterväghållning
Spårdjup	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	3	2
Spårform	2	?	2	1	1	1	1	1	1	0	0	2
Ojämnheter, längsled	3	2	3	3	2	3	3	3	2	1	3	2
Megatextur	2	2	3	3	2	3	2	3	3	1	2	2
Makrotextur	0	0	2	1	3	3	0	0	3	1	0	2
Mikrotextur	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0
Friktion	3	3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Retroreflektion	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Tvärfall	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	2	0
Vattengenomsläpplig	2	2	2	0	0	1	1	0	1	3	1	2
Bärighet	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	3	0
Vägytans styvhet	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0

*Fig 4.3: Bedömning av vägytefaktors betydelse trafik och väg (Ihs, Magnusson, 2000).*

### 4.3 Användning av textur fram till idag

Vägytans textur har sedan införandet av vägytemätning med laserbaserad teknik mätts regelbundet. Detta mått har dock så här långt ej använts som hjälpmedel vid utvärdering av vägars kondition i Sverige. I föregående avsnitt beskrevs hur olika karakteristiska hos beläggningssytan påverkar trafiken och omgivningen. Här konstaterades att texturen i olika utsträckning, direkt eller indirekt, har betydelse för många områden och utifrån dessa fakta bör användningen av texturmåttet kunna utvecklas. I en del länder har detta redan påbörjats, exempelvis i Danmark och Holland, medan andra länder inte alls utnyttjar texturmåttet. Nedan beskrivs en del av de experiment och försök som olika länder gjort inom områden som berör textur.

#### 4.3.1 Identifiering av beläggningstyper

Från september 1998 fram till årsskiftet 1998/1999 genomförde det danska "Vejteknisk Institut" ett antal testmätningar i samband med byte av friktionsmätningssfordon (Schmidt 1999). En laserkamera som mäter makrotextur var då placerad på fordonet i syfte att utvärdera möjligheterna att använda laserbaserad teknik för texturmätningar. I ett första

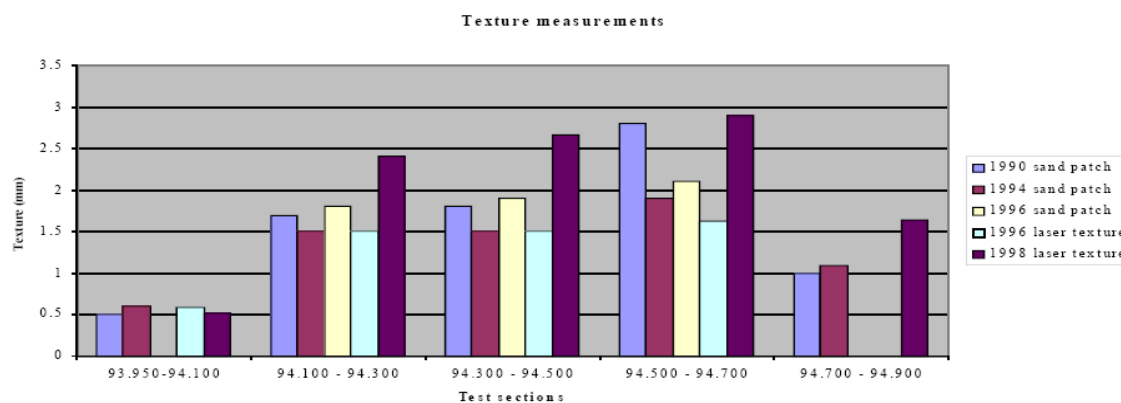
försök mättes samma sträcka tre gånger för att på så sätt testa repeterbarheten. Resultaten visade på en god repeterbarhet. Mätningarna visade också att en skillnad i texturvärde mellan ny och gammal beläggning fanns. Sträckan bestod nämligen av ett kort parti med en grov och gammal asfalt och ur texturvärdena kunde tydligt utläsas att den gamla beläggningen hade betydligt högre värde än den nya.

I Danmark gjordes under perioden 1990 till 1998 omfattande tester på olika vägsträckor i syfte att utvärdera påverkan på olika parametrar under en bestämd tidsperiod (Raaberg et al 2001). En av de parametrar som undersöktes var texturen. Till en början gjordes mätningar enligt Sand-Patch metoden men då laserbaserad teknik infördes i Danmark gjordes mätningarna med denna nya metod.

**Tabell 4.1: Testsektionernas beläggningstyper (Raaberg et al 2001).**

Stationing	Type of wearing course	Name
93.950 – 94.100	Dense asphalt concrete	AB 11t
94.100 – 94.300	Porous asphalt	DA 8 18 – 22 %
94.300 – 94.500	Porous asphalt	DA 8 > 22%
94.500 – 94.700	Porous asphalt	DA 11
94.700 – 94.900	Open graded asphalt concrete	AB 11å

Tabell 4.1 visar de olika beläggningstyperna som användes i studien. Sträcka 93.950-94.100 var en referenssträcka bestående av en tät massa, ABT 11. De tre följande var massor med stenstorlek 8-11 mm samt innehållande olika mängd luft medan den sista, 94.700-94.900, var en öppen massa med stenstorleken 11 mm. Resultaten ifrån mätningarna visas i fig. 4.4. I studien kunde konstateras att en skillnad mellan olika beläggningars texturvärde fanns. Den täta referensmassan hade till och med ett värde som låg betydligt lägre än de övriga. Mätningen från 1998 visar på ett förhöjt texturvärde för alla beläggningar utom referensmassan. Detta förklarades med att på dessa sträckor började stenar lossna och ett tydligt stensläpp kunde ses. En förändring i form av stensläpp kunde därmed urskiljas i texturmätningarna.



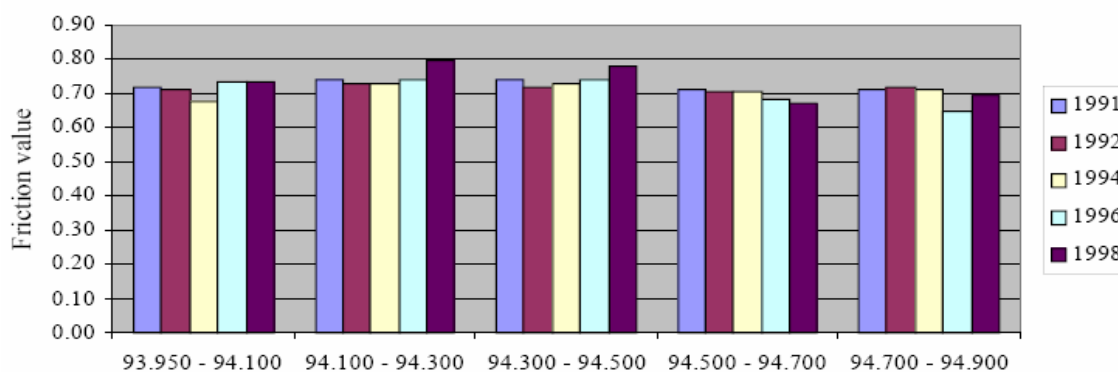
**Fig 4.4: Texturvärde för några danska sträckor under åren 1990-1998 (Raaberg et al 2001).**

I Storbritannien har försök gjorts med att bestämma beläggningstypen utifrån texturmätningar (Wright et al). Detta gjordes eftersom det ansågs värdefullt att veta beläggningstypen vid rutinmässiga mätningar av vägars kondition. Med hjälp av värden på texturen samt beläggningarnas ljushet kunde rätt beläggningstyp bestämmas i 86 % av fallen. För vissa beläggningar var dock sannolikheten så hög som 95 %. Samma försök har gjorts i Nederländerna där liknande resultat uppnåddes (Nagelhout, Wennink, 2005).

#### 4.3.2 Sambandet mellan friktion och textur

I en dansk studie från 1998 (Schmidt, 1999) gjordes en jämförelse mellan textur- och friktionsvärden på en sträcka som var 10 km lång. Vid den här tidpunkten fanns ingen möjlighet att mäta mikrotexturen, som även den påverkar friktionen, varför endast en jämförelse mellan makrotexturen och friktionen kunde göras. Slutsatsen blev att det med hjälp av texturmätningar var möjligt att utpeka partier där det kunde förekomma låg friktion, dock kunde inte beläggningens friktion bestämmas enbart utifrån texturvärdena.

Friktion mättes även i den stora undersökningen i Danmark (Raaberg et al, 2001). Resultatet ifrån dessa mätningar kan ses i fig. 4.5. Ur denna kan två intressanta iakttagelser göras. Dels är friktionen lika stor oavsett beläggningstyp och dels förändras inte friktionen med åren trots att texturvärdet förändras, jämför med fig. 4.4.



**Fig 4.5: Friktionsvärde för olika sträckor under olika år (Raaberg et al, 2001).**

År 2003 genomförde det danska "Vejteknisk Institut" testmätningar i syfte att beräkna friktionen utifrån texturvärden (Aalborg Nielsen, Madsen, 2003). Mätutrustning för både friktionsmätning och texturmätning monterades då på samma fordon och därmed kunde båda parametrarna mätas under samma körning. Mätningen gjordes i vänster och höger hjulspår. En analys av mätningarna visade dock att de båda utrustningarna som användes för att mäta distans ej var lika kalibrerade vilket resulterade i att en skillnad på 5 m kunde uppstå på en sträcka av 3 km. Med matematiska metoder kunde dock detta justeras, men

misstaget visar på vikten av lika kalibrerade utrustningar. I studien kunde en modell skapas som visade på en bra korrelation mellan texturvärde och friktionsvärde för beläggningar med låg friktion. För vägar med hög friktion blev resultatet att modellen förutspådde högre friktionsvärde än vad friktionsmätningen visade. Detta ansågs dock inte vara något problem då målet var att utpeka partier med låg friktion.

### 4.3.3 Identifiering av stensläpp med texturmätningar

I Nederländerna har studier genomförts i syfte att bestämma mängden stensläpp utifrån texturmätningar (Nagelhout et al). Första steget i denna process var att hitta en metod där lasermätningar kunde användas för att identifiera olika beläggningstyper. Detta eftersom förändringen i textur över åren är olika för varje beläggningstyp. I steg två togs en modell fram som beräknade just mängden stensläpp med hjälp av värden från texturmätningar. Modellen togs fram med data från så kallade VCS-inspektioner (Visual Condition Surveys) vilka är okulära bedömningar av mängden stensläpp. Modellen utvecklades med hjälp av en multipel linjär regression där statistiska texturparametrar ingick. Värden från VCS-inspektionerna jämfördes sedan med värden från den framtagna modellen. Slutsatsen blev att texturmätningar kan användas för att bedöma mängden stensläpp. Den framtagna modellen var robust samt visade på bättre repeterbarhet än VCS-inspektionerna.

## ***5. Bestämning av texturvärde för olika beläggningstyper***

Syftet med denna del av arbetet är att bestämma normala texturvärden för olika typer av nylagda standardbeläggningar. Dessa texturvärden skall sedan kunna användas som referens vid framtida mätningar.

### ***Metod***

En studie av befintliga objektmätningar har genomförts. Ur mätningarna hämtades texturvärden som därefter utvärderades så att olika beläggningar kunde jämföras. Följande arbetsgång användes:

1. Objektsurval: Lämpliga objekt med avseende på beläggningstyp väljs ut för vidare bearbetning. Objekten hämtas från Ramböll RST:s mätningar år 2004 och 2005.
2. Bearbetning av objekten: De utvalda objekten bearbetas och lämpliga statistiska mått beräknas.
3. Sammanställning.
4. Analys: De statistiska måtten studeras närmare för att avgöra om resultatet är tillförlitligt.
5. Ett slutligt resultat presenteras där hänsyn tas till ovanstående analys.

### ***5.1 Inledande bakgrundsfakta***

#### ***5.1.1 Vägnätsmätning/objektmätning – vad är skillnaden?***

Vägytemätningar utförs vanligen på två olika nivåer; vägnäts- och objektsnivå. Vid vägnätsmätning mäts de flesta vägar inom ett område medan det vid en objektmätning endast mäts en specifik vägsträcka (objekt). I båda fallen mäts samma parametrar, så som spår djup, IRI, tvärfall mm, men syftet med mätningen skiljer sig åt. Vägnätsmätning används för att bedöma underhållsbehovet på ett visst vägnät och då flera vägnät är mätta kan en rangordning göras för att bedöma vilka nät eller geografiska områden som är i störst behov av underhåll. Syftet med en objektmätning är att kontrollera att nybelagda vägar uppfyller de kvalitetskrav som ställs i samband med en entreprenadupphandling. Vid denna typ av mätning kan även en så kallad föremätning göras, vilket innebär att vägytan mäts innan en åtgärd utförs. Då kan en uppfattning fås om eventuella skador, dess lokalisering, omfattning samt hur de bäst åtgärdas. Kvaliteten i mätningarna skiljer sig också åt då man vid en objektmätning mäter aktuell sträcka flera gånger mellan väl definierade start- och målpunkter.

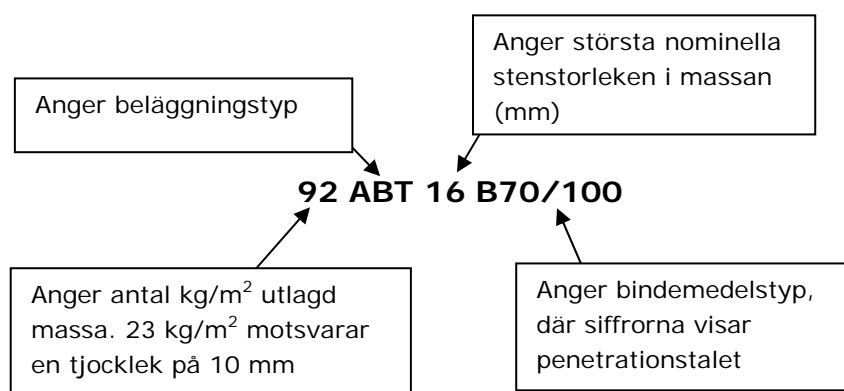
### 5.1.2 Asfaltens uppbyggnad och egenskaper

I de utvalda objekten i undersökningen ingår flera typer av asfaltbeläggningar. Enligt ATB Väg 2004 definieras en standardbeläggning som en beläggningstyp specificerad genom krav på material, sammansättning och utförande. Detta ger de olika beläggningarna varierande egenskaper och därmed påverkas texturvärdet av beläggningstypen. För att få en uppfattning om beläggningarnas uppbyggnad och egenskaper presenteras nedan fakta om de olika beläggningstyper som ingår i undersökningen.

Den övre delen av en vägkonstruktion kallas slitlager. Dess uppgift är att ge körbanan de egenskaper som behövs för att kraven på trafiksäkerhet, transportekonomi och komfort ska uppfyllas. Det handlar bl.a. om att ge vägytan en god friktion, bra ljusförhållande och att säkerställa att vatten ej kan tränga ned i konstruktionen. Dessutom ska vägytan vara jämn i både längs- och tvärled samt förhindra att buller och damm uppkommer (Kompendium vägbyggnad, 2003).

Alla så kallade bituminösa beläggningar består av stenmaterial sammanhållet av bindemedel och eventuella tillsatser. För att skapa olika typer av beläggningar kan stenmaterialet bestå av olika bergarter, ha olika fraktioner samt kornfördelningskurvor. Även bindemedelstypen och dess egenskaper kan variera. Alla bituminösa bindemedel innehåller bitumen vilket är en substans framställd genom destillation av råolja. Bituminet kan sedan värmas för att då blanda i ett lösningsmedel eller en emulgatorlösning kallad bitumenemulsion (Kompendium vägbyggnad, 2003).

Fig. 5.1 är en illustration av det nya beteckningssystemet för asfaltmassa. Beteckningen används för att beskriva tjockleken, stenstorleken och bindemedelstypen för den aktuella massan och ger alltså snabbt en uppfattning om beläggningens egenskaper.



**Fig 5.1: Förklaring över massabeteckning**

### ***Tät asfaltbetong ABT***

ABT är en massabeläggning tillverkad vid hög temperatur. Bindemedelstypen kan anpassas till det rådande klimatet vilket gör att beläggningen kan användas på alla typer av vägar och i alla klimattyper. Normalt är denna beläggning tät och homogen och har relativt god nötningsresistens såvida inte ett mjukare bindemedel väljs. Därför bör ett hårt bindemedel väljas på vägar med stor andel tung trafik (ATB Väg 2004).

En specialvariant av ABT är ABTS där s:et också står för just special. Denna massa är framtagen av Luftfartsverket och används på vissa landningsbanor. Skillnaden mot en vanlig ABT är att denna massa innehåller mindre andel finmaterial och mindre andel bitumen, vilket ger en ökad friktion.

### ***Stenrik asfaltbetong ABS***

ABS är liksom ABT en tät beläggning. Skillnaden gentemot ABT är att den består av en stor andel grovt stenmaterial vilket gör den slitstark och mycket stabil. Detta gör också att beläggningstypen har mycket goda nötningssegenskaper och därför används på de delar av vägnätet där användningen av dubbdäck är stor. Eftersom beläggningen är tät och har stort bitumeninnehåll har den även goda åldringsegenskaper. Beläggningstypen kan användas på alla sorters vägar och i alla klimatzoner (ATB Väg 2004).

### ***Tunnskiktbeläggning TSK***

Med TSK avses en varm massa som läggs ut i ett tjockt lager av polymermodifierad bitumenemulsion. Det tjocka klisterlagret har en vattentätande effekt och gör dessutom att beläggningen blir tät. Den stora andelen av grovt stenmaterial gör beläggningen användbar på vägar med mycket dubbdäckstrafik. I övrigt används denna typ som slitlager på befintlig beläggning på vägar med medel- och högtrafik i alla klimatzoner. Beläggningen har god friktion efter inslitning samt god åldringsresistans (ATB Väg 2004).

## ***5.2 Arbetsgång***

### ***5.2.1 Objektsurval***

För att kunna bestämma korrekta texturvärden för olika beläggningstyper var målet med urvalet att finna så många olika beläggningstyper som möjligt. Dessutom skulle samma typ av beläggning förekomma på flera olika objekt för att få ett tillförlitligt slutresultat.

Vid urvalsprocessen fördes utvalda objekt in i en lista där objektets nummer, lokalisering, beläggning och längd noterades, se bilaga 1. En avgränsning bestämdes för urvalet vilket innebar att studien skulle hålla sig inom ramen för de objektmätningar Ramböll RST gjort



under 2005. I de fall då information om beläggningstyp saknades eller oklarheter rörande olika delsträckor fanns, kontaktades den entreprenör som varit ansvarig för utförandet av åtgärden.

På grund av begränsningar vad gäller variation av lagda beläggningstyper krävdes en omarbetning av avgränsningen till 2005 års mätningar. Urvalet breddades till att innefatta utvalda delar av Ramböll RST:s objektmätningar från 2004. Valet av antalet använda objekt grundades på behovet att få tillräckliga data för särskilda beläggningstyper. För vissa beläggningstyper användes all tillgänglig data medan det för vissa gjordes ett selektivt urval för att begränsa datamängden.

### 5.2.2 Bearbetning av objektens mätdata

Mätdata i form av texturvärden (MPD) och distans från de utvalda objekten hämtades ur Ramböll RST:s databas. Då 2005 är första året som textur redovisas i MPD hämtades för 2004 års mätningar istället "Rough macro RMS" och "Fine macro RMS" från mätdatan. RMS står för Root Mean Square (roten ur medelkvadravärdet), se ekv.5.1, och är ett avvikelsemått som beskriver avvikelserna inom ett bestämt våglängdsintervall. Rough macro är värden inom intervallet 0,005 – 0,05 medan Fine macro sträcker sig mellan 0,0005 – 0,005.

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} \quad (\text{ekv. 5.1})$$

Texturvärdena från objekten redovisas i databasen som medelvärden över en 20 m lång sträcka och varje objekt innehåller värden från tre mätlinjer, två som redovisas och en extra. För 2004 års mätningar är, som nämndes ovan, inte texturen mätt i MPD utan istället i "Fine macro RMS" och "Rough macro RMS". Dessa mätningar är utförda i två linjer; mitt och höger. För varje linje finns ett värde för "Fine macro RMS" och ett för "Rough macro RMS". Eftersom endast ett värde för varje linje skall bestämmas måste de två värdena omräknas till ett värde, vilket dessutom skall gå att jämföra med 2005 års MPD-värden. För denna beräkning testades två olika ekvationer:

$$MPD = FRMS + RRMS \quad (\text{ekv. 5.2})$$

$$MPD = \sqrt{FRMS^2 + RRMS^2} \quad (\text{ekv. 5.3})$$

där FRMS står för "Fine macro RMS" och RRMS står för "Rough macro RMS". Anledningen till att två ekvationer testades var en viss osäkerhet om värdena som egentligen

redan är sammanvägningar av ett flertal mätningar i korta intervall skulle behöva kvadreras igen. Ekv. 5.2 bygger på att den tidigare kvadreringen skulle räcka medan ekv. 5.3 ger en ny kvadrering för att skapa ett värde av FRMS och RRMS.

Vid mätning av objekten noteras och dokumenterades sådant som kan ha haft betydelse för resultatet av mätningen, exempelvis skarvar i beläggningen, anslutande vägar, smuts på vägen m.m. För att detta ej skulle inverka på slutresultatet i denna studie gjordes en genomgång av varje objekt. De mätpunkter som enligt dokumentationen innehöll "konstigheter" markerades och beräkningarna baserades sedan enbart på korrekta mätpunkter.

Medelvärde, standardavvikelse och variationskoefficient beräknades för varje objekt. Som nämndes ovan finns mätdata från tre mätlinjer och beräkningarna är gjorda för varje linje för sig. Dessutom är beräkningarna uppdelade i sträckor eftersom varje objekt består av två eller flera körfält. Därefter indelades objekten efter beläggningstyp, stenstorlek och penetrationstal i syfte att kontrollera betydelsen av dessa parametrar. Vid dessa beräkningar gjordes en viktning av varje objekt eftersom sträckan, och därmed antalet mätpunkter, skiljde sig åt från objekt till objekt.

### ***5.3 Resultat***

Objektmätningar från urvalet har sammanställts i tabell 5.1 där antal objekt och mätt längd för olika beläggningstyper, stenstorlekar och penetrationstal finns summerade. Ur bearbetningen av mätt data har två sammanställande tabeller skapats, tabell 5.2 och 5.3, en för vardera året av objektmätningar, 2004 och 2005. I tabellerna redovisas medelvärde, standardavvikelse och variationskoefficienter i de lodräta kolumnerna. Dessa värden är sammanställda av alla objektmätningar för vardera året. Värdena har även beräknats i avseende att kontrollera betydelsen av beläggning, stenstorlek och penetrationstal.

**Tabell 5.1: Utvalda vägobjekt och landningsbanor under perioden 2004-2005.**

År 2005			År 2004		
	Antal objekt	Antal km		Antal objekt	Antal km
ABS	14	200,3	ABS	5	52,9
ABT	20	257,4	ABT	8	96,3
ABTS	2	0,0	ABTS		
TSK	1	25,0	TSK	1	17,8
<b>Totalt</b>	<b>37</b>	<b>482,8</b>	<b>Totalt</b>	<b>14</b>	<b>167,1</b>
ABS 11	3	24,8	ABS 11	3	24,7
ABS 16	11	175,5	ABS 16	2	28,3
ABT 11	5	38,8	ABT 11	1	5,5
ABT 16	15	218,7	ABT 16	7	90,8
TSK 11	1	25,0	TSK 11		
TSK 16			TSK 16	1	17,8
ABS 11 70/100	3	24,8	ABS 11 70/100	3	24,7
ABS 11 160/220	0		ABS 11 160/220		
ABS 16 70/100	11	173,9	ABS 16 70/100	2	28,3
ABS 16 160/220	0		ABS 16 160/220		
ABT 11 70/100	4	34,6	ABT 11 70/100	1	5,5
ABT 11 160/220	1	4,1	ABT 11 160/220		
ABT 16 70/100	12	181,5	ABT 16 70/100	3	45,1
ABT 16 160/220	3	39,6	ABT 16 160/220	4	45,8

De beräkningsformler som har använts är som följer. Medelvärde, aritmetiskt, är ett lägesmått som ger ett medeltal ur en datamängd.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n x_j \quad (\text{ekv. 5.4})$$

Standardavvikelse är ett spridningsmått vilket har till uppgift att visa hur mycket de individuella värdena skiljer sig från varandra.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n (x_j - \bar{x})^2} \quad (\text{ekv. 5.5})$$

Variationskoefficient är ett uttryck av standardavvikelsen omvandlat till en dimensionslös storhet som uttrycks i procent av medelvärdet. Att den är dimensionslös innebär att koefficient är oberoende av de använda enheterna för standardavvikelse och medelvärde (Blom, 2002).

$$\text{Variationskoefficient} = 100 \cdot (\sigma/\bar{x}) \quad (\text{ekv 5.6})$$

Utveckling av texturmätning med Laser RST

**Tabell 5.2: Resultat av 2005 års objektmätningar.**

	Medelvärde:			Std.avvikelse:			Var.koefficient:		
	2005	MPD M (mm)	MPD H (mm)	2005	MPD M (mm)	MPD H (mm)	2005	MPD M (%)	MPD H (%)
<b>Beläggning:</b>	ABS	1,16	1,12	ABS	0,27	0,23	ABS	23,19	20,97
	ABT	0,50	0,51	ABT	0,16	0,17	ABT	32,31	33,05
	ABTS	0,63	0,64	ABTS	0,07	0,08	ABTS	10,96	12,10
	TSK	1,40	1,38	TSK	0,21	0,15	TSK	14,91	11,03
<b>Stenstorlek:</b>	2005	MPD M (mm)	MPD H (mm)	2005	MPD M (mm)	MPD H (mm)	2005	MPD M (%)	MPD H (%)
	ABS 11	0,87	0,87	ABS 11	0,18	0,17	ABS 11	20,75	19,94
	ABS 16	1,20	1,16	ABS 16	0,25	0,22	ABS 16	21,16	19,02
	ABT 11	0,50	0,52	ABT 11	0,08	0,09	ABT 11	15,96	17,22
	ABT 16	0,51	0,50	ABT 16	0,17	0,18	ABT 16	34,24	35,24
	ABTS 11	0,63	0,64	ABTS 11	0,07	0,08	ABTS 11	10,96	12,10
	ABTS 16	-	-	ABTS 16	-	-	ABTS 16	-	-
	TSK 11	1,40	1,38	TSK 11	0,21	0,15	TSK 11	14,91	11,03
	TKS 16	-	-	TKS 16	-	-	TKS 16	-	-
	<b>Penetrationstal:</b>	2005	MPD M (mm)	MPD H (mm)	2005	MPD M (mm)	MPD H (mm)	2005	MPD M (%)
ABS 11 70/100		0,87	0,87	ABS 11 70/100	0,18	0,17	ABS 11 70/100	20,75	19,94
ABS 11 160/220		-	-	ABS 11 160/220	-	-	ABS 11 160/220	-	-
ABS 16 70/100		1,20	1,16	ABS 16 70/100	0,25	0,22	ABS 16 70/100	21,16	19,02
ABS 16 160/220		-	-	ABS 16 160/220	-	-	ABS 16 160/220	-	-
ABT 11 70/100		0,50	0,51	ABT 11 70/100	0,08	0,07	ABT 11 70/100	16,17	14,89
ABT 11 160/220		0,54	0,66	ABT 11 160/220	0,05	0,08	ABT 11 160/220	9,78	12,31
ABT 16 70/100		0,47	0,47	ABT 16 70/100	0,14	0,15	ABT 16 70/100	30,35	32,23
ABT 16 160/220		0,66	0,65	ABT 16 160/220	0,21	0,21	ABT 16 160/220	32,01	31,81

**Tabell 5.3: Resultat av 2004 års objektmätningar.**

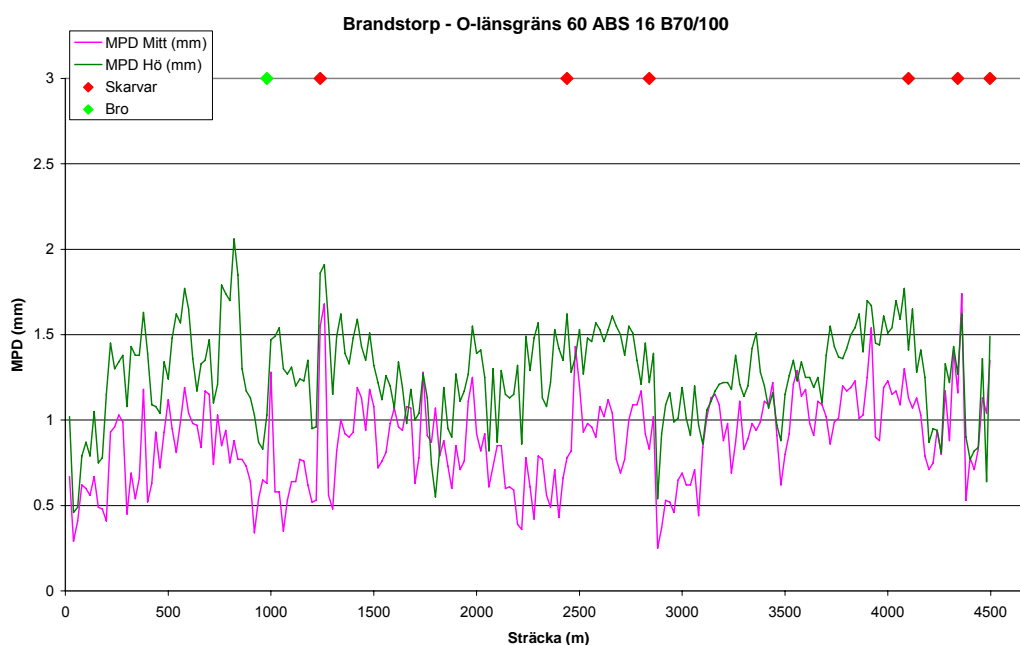
	Medelvärde:			Std.avvikelse:			Var.koefficient:		
	2004	RMS M (mm)	RMS H (mm)	2004	RMS M (mm)	RMS H (mm)	2004	RMS M (%)	RMS H (%)
<b>Beläggning:</b>	ABS	1,16	1,23	ABS	0,26	0,19	ABS	22,04	15,87
	ABT	0,60	0,58	ABT	0,22	0,13	ABT	37,05	21,95
	ABTS	-	-	ABTS	-	-	ABTS	-	-
	TSK	1,74	1,25	TSK	0,14	0,14	TSK	7,94	10,98
<b>Stenstorlek:</b>	2004	RMS M (mm)	RMS H (mm)	2004	RMS M (mm)	RMS H (mm)	2004	RMS M (%)	RMS H (%)
	ABS 11	1,00	1,10	ABS 11	0,18	0,12	ABS 11	18,39	10,61
	ABS 16	1,30	1,34	ABS 16	0,23	0,18	ABS 16	17,48	13,38
	ABT 11	0,42	0,42	ABT 11	0,08	0,06	ABT 11	18,22	14,02
	ABT 16	0,61	0,59	ABT 16	0,22	0,12	ABT 16	36,62	20,93
	ABTS 11	-	-	ABTS 11	-	-	ABTS 11	-	-
	ABTS 16	-	-	ABTS 16	-	-	ABTS 16	-	-
	TSK 11	-	-	TSK 11	-	-	TSK 11	-	-
	TKS 16	1,74	1,25	TKS 16	0,14	0,14	TKS 16	7,94	10,98
	<b>Penetrationstal:</b>	2004	RMS M (mm)	RMS H (mm)	2004	RMS M (mm)	RMS H (mm)	2004	RMS M (%)
ABS 11 70/100		1,00	1,10	ABS 11 70/100	0,18	0,12	ABS 11 70/100	18,39	10,61
ABS 11 160/220		-	-	ABS 11 160/220	-	-	ABS 11 160/220	-	-
ABS 16 70/100		1,30	1,34	ABS 16 70/100	0,23	0,18	ABS 16 70/100	17,48	13,38
ABS 16 160/220		-	-	ABS 16 160/220	-	-	ABS 16 160/220	-	-
ABT 11 70/100		0,42	0,42	ABT 11 70/100	0,08	0,06	ABT 11 70/100	18,22	14,02
ABT 11 160/220		-	-	ABT 11 160/220	-	-	ABT 11 160/220	-	-
ABT 16 70/100		0,74	0,64	ABT 16 70/100	0,20	0,12	ABT 16 70/100	26,49	18,54
ABT 16 160/220		0,48	0,54	ABT 16 160/220	0,17	0,11	ABT 16 160/220	34,65	19,96

## 5.4 Analys

Analysen av all framtagen data har gjorts i två steg. Först studerades och jämfördes diagrammen från de olika objekten med varandra. Detta för att avgöra om tydliga skillnader finns och om speciella tendenser kan skönjas. Därefter jämfördes de olika beläggningstyperna mer noggrant med hjälp av de beräknade statistiska måtten.

### 5.4.1 Översiktlig analys

En första överblick ger en uppfattning om att variationen i texturvärde mellan varje 20 meters-sektion inom de individuella objekten i en del fall är stor medan den i andra fall är liten. Diagram 5.1 visar ett objekt där texturvärdet varierar mycket, från ungefär 0,3 mm till en bit över 2,0 mm. Variationen förekommer över hela sträckan men i vissa sektioner är variationen mindre än i andra.

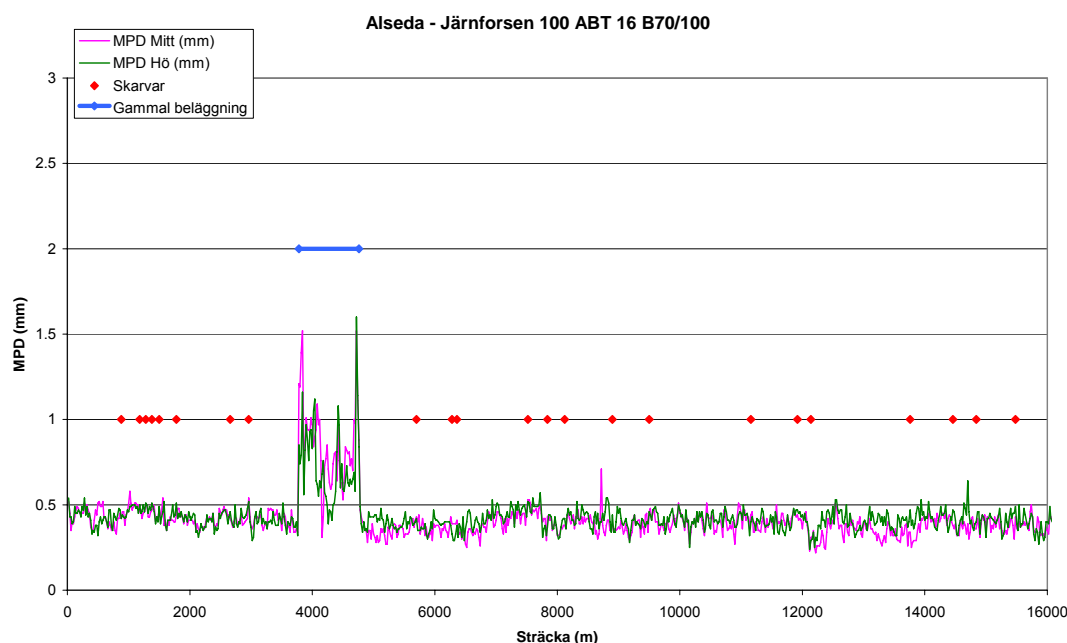


**Diagram 5.1: Exempel på objekt med stor variation i texturvärde mellan 20 m sektionerna.**

Diagram 5.2 visar ett objekt där variationen längs sträckan är liten. Här ligger texturvärdet runt 0,4 mm med endast mindre fluktuationer. Noteras kan också partiet med gammal beläggning som syns tydligt runt 4000 m på sträckan.

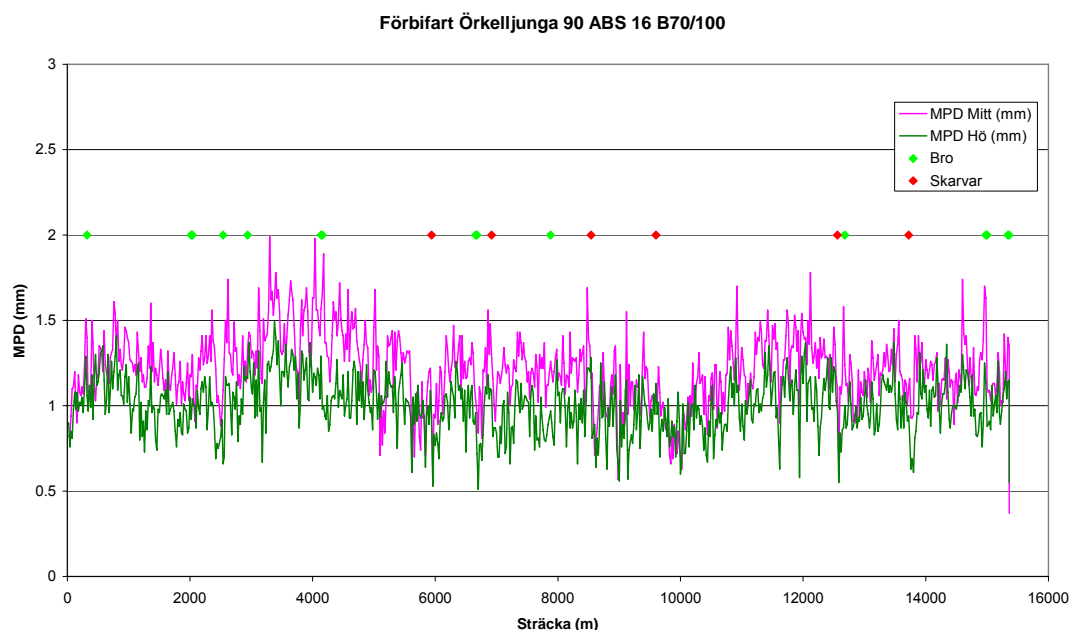
Då en stor variation i texturvärde förekommer inom ett objekt tyder detta på inhomogenitet, exempelvis som i objektet i diagram 5.1. Här är beläggningen inhomogen dels längs vägen men också tvärs eftersom texturvärdet varierar mellan de olika mätlinjerna. Objektet i diagram 5.2 däremot är ett exempel på en homogen beläggning. Variationen både längs och tvärs vägen är i detta fall inte alls lika stor som i föregående objekt. Då de

två objekten har olika beläggningstyper finns det anledning att jämföra om variationen i texturvärde längs sträckan beror av beläggningstypen. Diagram 5.2 och 5.4 visar två sträckor med samma beläggningstyp, ABT 16. Variationens storlek skiljer sig tydligt åt mellan dessa två sträckor vilket leder till slutsatsen att beläggningstypen ej tycks vara en styrande parameter. Visserligen finns en skillnad i penetrationstal mellan de två sträckorna, men detta verkar inte vara ensamt avgörande för variationen då liknande observation vad gäller variation i texturvärde noteras vid jämförelse mellan olika stenstorlekar i massan. Detta sammantaget tyder på att andra faktorer än beläggningstyp, stenstorlek och penetrationstal har betydelse för variationen i textur längs sträckan.



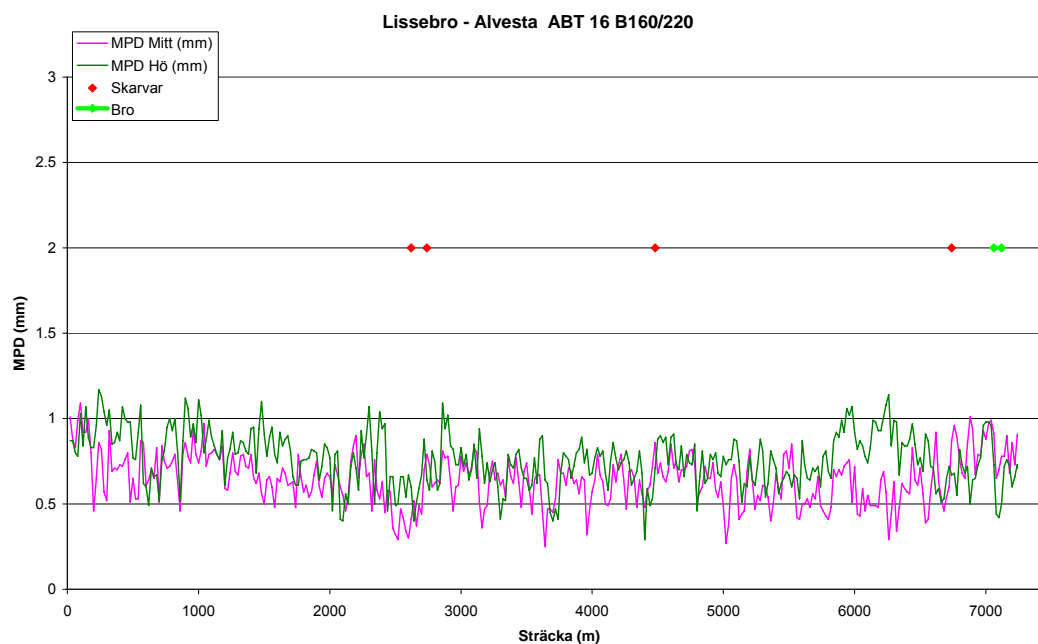
**Diagram 5.2: Exempel på objekt med liten variation i textur mellan 20 m sektionerna samt skiftningar i texturvärde mellan gammal och ny beläggning**

Diagram 5.1-5.4 indikerar också på att det finns en skillnad i texturmedelvärde mellan olika beläggningstyper. Diagram 5.3 visar ett objekt med ABS-beläggning. Som synes är även här variationen stor längs sträckan men texturvärdena ligger mestadels över 1,0 mm. Studeras andra ABS-beläggningar ligger texturmedelvärdet också över detta värde.



**Diagram 5.3: Exempel på objekt med ABS-beläggning**

Diagram 5.4 visar ett objekt med en ABT-beläggning. För denna typ av beläggning ligger texturmedelvärdet i de flesta fall mellan 0,5 mm och 1,0 mm. Denna första överblick ger alltså en indikation på att en skillnad mellan beläggningstyperna finns då medelvärdet studeras. Däremot kan individuella punkter ligga betydligt högre eller lägre än medelvärdet, exempelvis i diagram 5.3 där en del punkter ligger över 1,0 mm vilket är mer representativt för en ABS-beläggning. Bland objekten ingår även beläggningstyperna TSK och ABTS.



**Diagram 5.4: Exempel på objekt med ABT-beläggning**

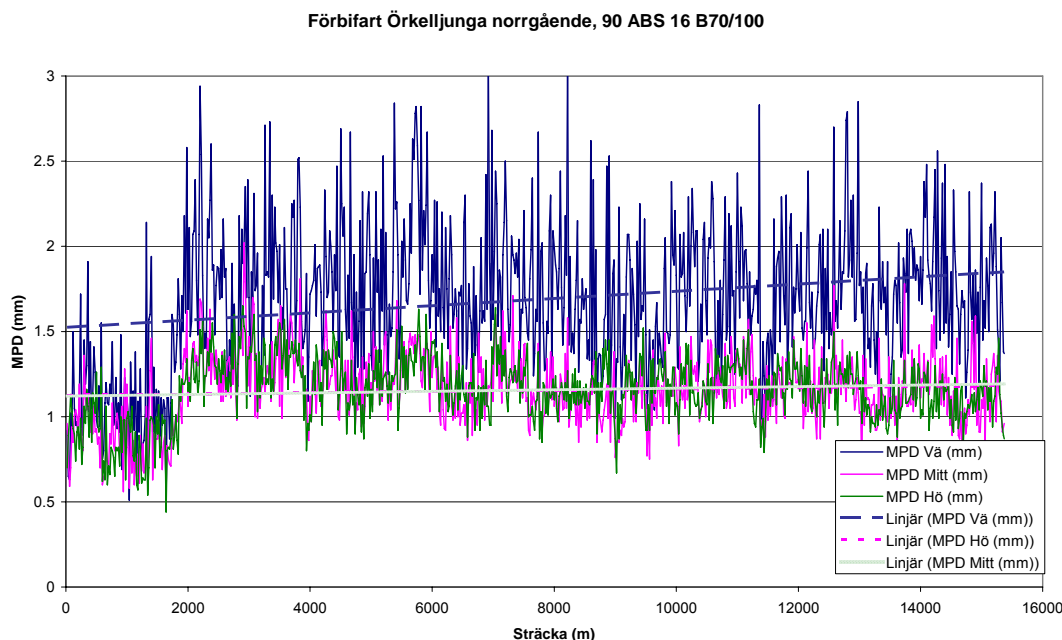
Eftersom enbart ett fåtal objekt av dessa typer har kunnat studeras är det svårt att dra några slutsatser kring dessa, dock verkar det som att ABTS ligger under 1,0 mm i texturvärde och att TSK ligger över 1,0 mm. Att ABTS har ett värde under 1,00 mm verkar ganska troligt eftersom det är en specialmassa tillverkad utifrån ABT.

Sammanfattningsvis kan konstateras att inom objekten finns en stor variation i texturvärde och att texturvärdet varierar med olika beläggningstyper. Diagram över texturen är ett bra hjälpmedel för att få en uppfattning om olika förändringar längs en sträcka.

#### 5.4.2 Diskussion kring översiktlig analys

##### *Tänkbara anledningar till förhöjt MPD i enstaka mätlinje.*

I en stor del av de objekt som studerats har ett förhöjt MPD-värde observerats för vänster mätlinje. Ett exempel på det är diagram 5.5. Här ses tydligt att vänster ger betydligt högre värden. Detta kan bero på ett antal parametrar som t ex mätförutsättningar, ytans homogenitet och kalibrering av mätutrustning. Normalt finns ett visst litet bakgrundsbrus för alla lasrar. Genom kalibrering samt korrelering mellan lasrarna som skall mäta MPD kan detta brus minimeras så pass att det ej har någon större betydelse för resultatet. I studien kan man se att vänster laser har en högre brusnivå. Detta brus är litet, men då MPD rör sig i millimeterområdet ger det märkbara utslag.



**Diagram 5.5: Exempel på avvikelse som uppstår på grund av korrelation mellan olika lasrar. Här avviker vänster mätlinje.**

Tabell 5.4 är en kvalitetskontroll av alla objekt som visar hur stor skillnaden blir då de statistiska måtten baseras på alla tre mätlinjers värden jämfört då enbart mitt- och högerlinjerna tas med i beräkningarna. Tabellen visar att medelvärdena för objekten blir



## Utveckling av texturmätning med Laser RST

annorlunda samtidigt som både standardavvikelse och variationskoefficient oftast sjunker när endast höger och mitt mätlinje används. Detta tyder på att värdena från vänster mätlinje skiljer sig från de två övriga. I kolumnen längst till höger jämförs texturvärdena i vänster och höger mätlinje med mittvärdena. Resultaten från dessa beräkningar visar att det oftast finns en märkbar skillnad i textur mellan vänster och mitt medan skillnaden mellan höger och mitt är liten. Avvikelsen är också densamma oavsett beläggningstyp. Visserligen är avvikelsen i en del av objekten med ABT-beläggning ganska liten (i millimeter räknat), men den procentuella skillnaden är vid god utförandekvalité lika stor som i objekten med ABS-beläggning. Tabell 5.4 visar därmed de konsekvenser man kan uppleva med en icke helt samstämd kalibrering.

Det råder viss osäkerhet om orsaken till avvikelsen i förhöjda värden för vänster mätlinje.

**Tabell 5.4: Betydelsen av avvikelse i vänster mätlinjes värden**

Kvalitetskontroll		Medelvärde, $\bar{x}$		Standardavvikelse, $\sigma$		Variationskoefficient $100 \cdot \sigma / \bar{x}$ [%]		Textur i spår minus mitt (Kontroll av homogenitet tvärs körbanan. Låga värden eftersträvas)	
<i>V=Vänster, M=Mitt, H=Höger</i>									
År 2005	Beläggning	V/M/H	M/H	V/M/H	M/H	V/M/H	M/H	V-M	H-M
13446	38 TSK 11 B70/100 kkv<9	1,55	1,39	0,37	0,18	23,84	12,92	0,47	-0,02
13964	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,58	0,56	0,13	0,13	22,34	23,31	0,10	0,04
14003	60 ABS 16 B70/100 kkv<12	1,29	1,12	0,40	0,29	30,95	25,84	0,63	0,24
14023	90 ABS 16 B70/100	1,27	1,11	0,36	0,20	28,38	18,06	0,44	-0,08
14024	90 ABS 16 B70/100	1,20	1,10	0,26	0,16	21,74	14,50	0,25	-0,05
14109	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,53	1,36	0,35	0,21	22,89	15,39	0,45	-0,08
14110	65 ABT 16 B70/100 kkv<12	0,50	0,48	0,17	0,14	33,89	29,36	0,07	-0,01
14419	100 ABT 16 70/ 100	0,41	0,40	0,10	0,09	24,26	22,71	0,05	0,00
14677	60 ABS 16 B70/100 kkv<12	1,30	1,18	0,32	0,24	24,68	20,30	0,29	-0,12
14678	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,43	0,41	0,14	0,11	32,26	26,99	0,10	0,05
14680	60 ABT 16 B70/100 kkv<12	0,40	0,38	0,08	0,07	19,77	18,29	0,05	-0,03
14681	70 ABT 16 B160/220 kkv<12	0,45	0,43	0,06	0,05	13,35	11,59	0,05	-0,01
14682	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,47	1,35	0,29	0,17	19,67	12,56	0,32	-0,09
14683	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,40	1,29	0,30	0,19	21,35	14,74	0,34	-0,02
14684	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,19	1,13	0,27	0,24	22,61	21,31	0,16	-0,09
14685	80 ABT 16 B70/100 kkv<12	0,68	0,61	0,21	0,19	31,11	31,40	0,19	-0,04
14686	?? ABT 16 B160/220kkv<12	0,79	0,72	0,20	0,17	25,20	23,55	0,22	0,02
14693	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,16	1,02	0,30	0,14	25,87	13,78	0,43	0,00
14694	100 ABT 16 70/100	0,60	0,58	0,16	0,15	26,53	25,75	0,03	-0,06
14794	72/73 ABTS 11 70/100	0,66	0,64	0,08	0,06	12,04	9,30	0,07	0,02
14813	94 ABS 11 70/100	0,97	0,88	0,24	0,17	24,62	19,42	0,30	0,00
14835	92 ABT 11 160/220	0,66	0,62	0,09	0,10	13,71	16,08	0,17	0,12
14836	92 ABT 16 160/220	0,87	0,83	0,14	0,11	16,12	13,22	0,10	-0,03
14878	92 ABTS 11 70/100	0,67	0,62	0,13	0,08	19,44	12,83	0,13	-0,01
15167	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,29	1,19	0,30	0,19	23,26	15,94	0,32	0,05
15170	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,64	1,37	0,53	0,27	32,35	19,77	0,81	-0,03
15251	100 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,51	0,49	0,06	0,05	11,83	10,30	0,04	-0,04
15252	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,94	1,69	0,46	0,17	23,69	10,08	0,77	0,01
13979 (1)	60 ABS 11 B70/100 kkv<9	1,09	0,98	0,27	0,20	24,76	20,33	0,29	-0,06
13979 (2)	70 ABT 16 70/100 kkv<9	0,62	0,58	0,14	0,12	22,47	20,76	0,17	0,08
14024, Rv24	80 ABS 11 B70/100	0,79	0,79	0,13	0,13	16,53	16,50	-0,01	-0,02
14139 (1)	40 ABT 11 B70/100 kkv<9	0,54	0,50	0,10	0,08	18,50	16,09	0,13	0,00
14139 (2)	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,67	0,62	0,18	0,16	26,76	25,85	0,19	0,05
14689 (1)	40 ABT 11 B70/100 kkv<12	0,54	0,51	0,10	0,08	18,56	15,75	0,10	0,02
14689 (2)	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,55	0,54	0,11	0,11	20,09	20,28	0,01	-0,02
15253 (N)	60 ABT 11 B70/100 kkv<9	0,60	0,55	0,12	0,07	19,98	12,80	0,18	0,04
15253 (S)	60 ABT 11 B70/100 kkv<9	0,62	0,52	0,16	0,06	25,80	11,53	0,33	0,06
<b>År 2004</b>	<b>Beläggning</b>								
10914	60 ABT 16 B160/220	-	0,42	-	0,07	-	16,54	-	-0,07
11257	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	-	1,22	-	0,16	-	13,07	-	0,10
11263	80 ABT 16 B70/100 kkv<12	-	0,66	-	0,15	-	22,64	-	-0,03
220406-10	45 TSK 16 kkv <9	-	1,50	-	0,28	-	18,70	-	-0,48
220406-18	60 ABT 11 B70/100 kkv<12	-	0,42	-	0,07	-	16,65	-	0,00
220406-20	75 ABT 16 B160/220 kkv<12	-	0,53	-	0,16	-	30,37	-	0,09
220407-01	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	-	1,49	-	0,16	-	10,77	-	-0,06
220407-03	60 ABT 16 B70/100 kkv<12	-	0,78	-	0,20	-	25,72	-	-0,29
220407-04	80 ABT 16 B160/220 kkv<12	-	0,46	-	0,09	-	19,37	-	0,05
220407-05	60 ABT 16 B160/220 kkv<12	-	0,61	-	0,14	-	22,85	-	0,05
220407-08	70 ABT 16 B70/100kkv<9	-	0,64	-	0,14	-	21,92	-	-0,01
220407-10	60 ABS 11 B70/100 kkv<6	-	0,89	-	0,19	-	21,36	-	0,26
220407-11	60 ABS 11 B70/100 kkv<9	-	1,10	-	0,10	-	9,13	-	0,02
220407-12	60 ABS 11 B70/100 kkv<9	-	1,13	-	0,10	-	8,81	-	0,02

För syftet i denna rapport är värdena från vänster laser inte representativa och slutsatsen blir därför att vänster mätlinje inte bör användas i analysen trots att mätningen har en fullgod produktionskvalitet enligt gällande normer. Införandet av kontrollmetod för textur i fält kan vara förslag till framtida förbättringsarbete.

### ***Tänkbara anledningar till variationen mellan 20-meterssektionerna***

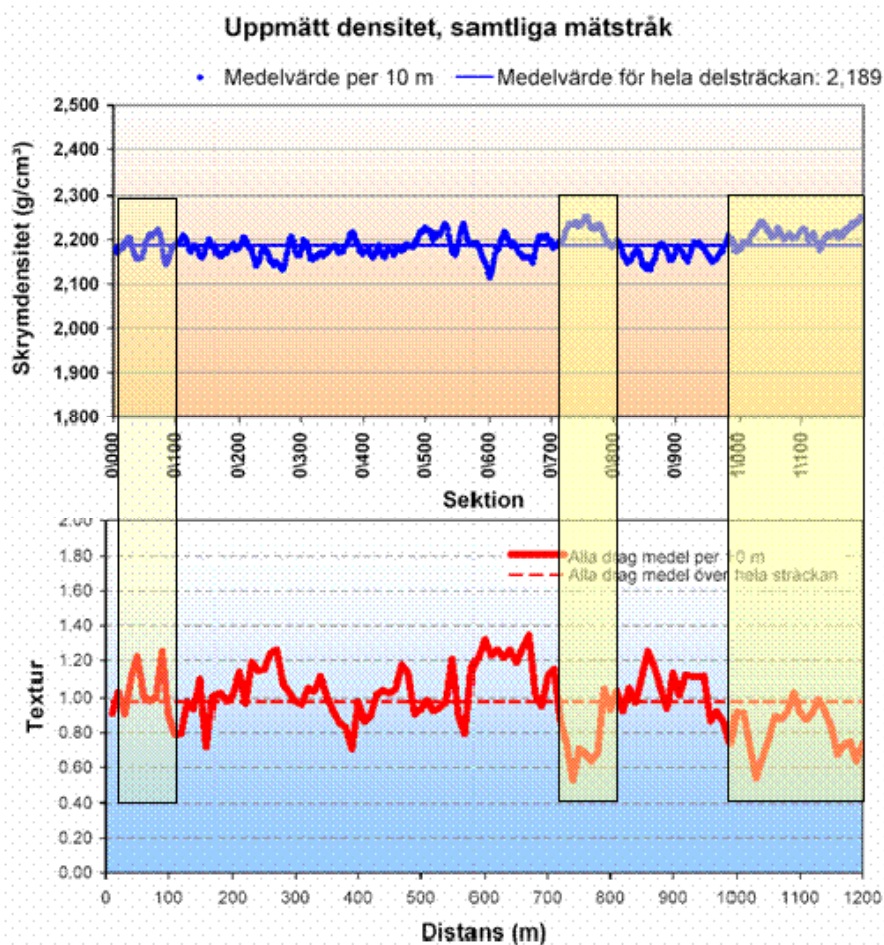
Den i vissa fall stora variationen i texturvärde mellan 20-meters sektionerna kan ha många anledningar. Att lägga två massor med exakt samma egenskaper är svårt eftersom olikheter uppkommer vid tillverkning, transport och utläggning. Då massan tillverkas sker detta efter ett givet arbetsrecept men redan här kan skillnader uppstå. Blandningstid och blandningstemperatur är parametrar som påverkar slutprodukten och skall en homogen massa erhållas krävs det att just dessa parametrar är väl avpassade. Under transporten av massan är det viktigt att minimera separationen och att hålla massan tillräckligt varm. Transporten skall också ske så att beläggningsarbetet kan framskrida utan avbrott, d.v.s. lastbilar med asfaltmassa ska ej stå och vänta. Vid utläggningen ställs det också en rad krav, exempelvis att underlaget klistras enligt vissa regler och att temperaturen på massan är rätt.

Att hitta en förklaring till variationen i texturvärde inom objekten är som synes svårt då parametrarna är många. Tillverkning, transport och utläggning varierar sannolikt såväl inom som mellan objekten och därmed blir slutkvaliteten skiftande. Följs de uppställda kraven kommer troligtvis variationen att bli liten. Inom ramen för denna studie ingår ej undersökning av kvaliteten i tillverkning, transport och utläggning varför några definitiva slutsatser angående anledningar till variationen inom de olika objekten inte kan ges. Konstateras kan att dessa i olika utsträckning har betydelse.

Utläggningen kan dock vara värd att betänka. Vad gäller denna råder det vissa tankar om att det finns en stor betydelse i vilken personal, arbetslag, som arbetat. Skillnad har kunnat konstateras mellan arbetslag och känslan för var det krävs mer eller mindre asfalt är varierande. Detta i kombination med god arbetsledning och kvalitetstänkande är viktiga parametrar för att god standard skall kunna uppnås. Detta är dock bara trender som är svåra att kvantifiera.

### **Densitet/homogenitet/DOR**

Homogenitet har uppmärksammats tidigare i rapporten och den bör vara jämn över vägytan, både tvärs vägen och i längdriktningen för att en god vägyteknologi skall uppnås. Idag mäts detta vanligen med en metod kallad DOR vilken egentligen mäter ytans densitet ( $\text{g/cm}^3$ ). Metoden ger bra resultat men har minst två stora nackdelar. Dels används en radioaktiv strålkälla i DOR-redskapet och dels så krävs det att hastigheten på mätfordonet är 0,9 km/h vilket gör denna metod mycket tidsödande. En alternativ metod skulle kunna vara att mäta textur med Laser RST var dessa problem ej existerar samtidigt som att dessa kontrollmätningar redan genomförs för att mäta jämnhet längs och tvärs vägen. Ett helt nytt angreppssätt vad gäller homogenitetsmätningar skulle därmed införas. Det verkar vara möjligt att definiera homogenitet via textur utifrån det som har setts i diagram 5.1 till 5.4. En korrelation kan skönjas och detta förtydligas i fig. 5.2 där skrymdensiteten från en DOR-mätning har satts i relation till en texturmätning av samma sträcka. Studeras det område som är markerat i mitten kan man då se att då densiteten ökar sjunker texturvärdet vilket är logiskt då låga texturvärden visar på tät asfalt som har en högre densitet. Ett samband verkar finnas varför detta kan vara ett intressant område för framtida studier.



**Fig 5.2: Visar överensstämmelse mellan DOR-mätning och texturmätning med Laser RST.**

### 5.4.3 Djupanalys av beläggningstyper

Ursprungligen var tanken med införandet av 2004 års mätningar i studien att utöka antalet objektmätningar i studien. För att kunna använda detta års mätningar krävs ett direkt samband mellan RMS-värden och MPD-värden. Av de två testade ekvationerna (ekv. 5.2 och 5.3) ger ekv. 5.3 värden som är mest jämförbara med MPD-värdena, detta förstäligt då RMS är medelkvadratvärden. Värdena från ekv. 5.2 är alla orimligt höga. En jämförelse av de beräknade värdena visar dock på en för stor variation för att i denna studie kunna användas. Det går inte att direkt konstatera ett tydligt samband, utan RMS-värdena varierar både över och under medelvärdet från 2005 års mätningar, se tabell 5.2 och 5.3. Detta tillsammans med att antalet objekt från 2004 är relativt få gör att värdena ej bör användas i analysen då dessa är för opålitliga. Det krävs alltså en djupare studie av korrelationen mellan RMS och MPD, något som ej ryms inom ramarna för denna studie.

I det fortsatta analysarbetet har tre statistiska mått använts; medelvärde, standardavvikelse och variationskoefficient. Medelvärden på MPD har beräknats för olika beläggningstyper och standardavvikelsen och variationskoefficienten har gett en indikation på medelvärdets representativitet.

Vid en analys av tabell 5.5 återfinns direkta skillnader mellan de olika beläggningstyperna. ABS och ABT är två beläggningar för vilka det finns många objekt och långa sträckor. Därför bör resultaten vara representativa för beläggningstyperna i allmänhet. Den stenrika ABS-beläggningen har naturligt nog ett högre texturvärde än ABT-beläggningen. Detta resultat är att vänta då mer sten borde resultera i mer hålrum och en större skrovlighet i asfaltsytan. Texturvärdet för ABS är i stort sett dubbelt så högt som texturvärdet för ABT. Vad gäller standardavvikelse för de två beläggningarna visar sig även den vara större för ABS. Makrotexturen tar ju även hänsyn till djupet mellan de individuella stenarna i ytan, och eftersom ABS innehåller mer sten än ABT fås en större variation i texturvärde. För att bedöma avvikelsen utan att ta hänsyn till texturvärdets storlek har variationskoefficienten använts. En sådan analys visar att variationen är betydligt större för ABT än för ABS. Sugas kan för båda att variationskoefficienten är hög, till och med mycket hög för ABT. Detta leder till viss osäkerhet vad gäller medelvärdets användbarhet. En för stor variation gör det svårt att bestämma ett specifikt medelvärde för beläggningstypen. För att beräkna ett representativt medelvärde krävs det att beläggningarna bryts ner i ytterligare beståndsdelar, t.ex. stenstorlek och penetrationstal.

**Tabell 5.5: Resultatsammanställning av MPD Mitt.**

2005	MPD M (mm):			
	ABS	ABT	ABTS	TSK
Medelvärde	1,16	0,50	0,63	1,40
Standardavvikelse	0,27	0,16	0,07	0,21
Variationskoeff. (%)	23,19	32,31	10,96	14,91

Att dra slutsatser för tunnskiktbeläggningar, TSK, är svårare då bara ett objekt på 25 km har mätts under 2005. Denna sträcka är i och för sig tillräckligt lång för att resultatet skulle kunna vara tillförlitligt, men då flera problem uppstått vid läggningen av denna sträcka finns tveksamheter kring detta objekts värde. I samtal med kvalitetsansvarig på aktuellt entreprenörsföretag diskuterades problemen under läggningen. En av svårigheterna var den 10 mil långa transportsträckan mellan asfaltverket och objektet, något som i högsta grad kan påverka kvaliteten på den färdiga beläggningen. Därmed läggs en viss reservation till representativiteten hos texturvärdet för TSK-beläggningen, trots att variationskoefficienten är betydligt lägre än för både ABT och ABS, se tabell 5.5.

En beläggningstyp som har dykt upp under studiens gång är ABTS, Luftfartsverkets egen specialmassa. Denna massa är en specialvariant av traditionell ABT, framtagen för att öka friktionen på landningsbanor. Den minskade andelen bitumen och finmaterial borde ge ett högre texturvärde, vilket mätningarna också visar, se tabell 5.5. Tyvärr har bara två objekt med denna massa mätts under 2005 vilket leder till viss försiktighet om värdenas representabilitet, dock visar de två objekten på en bra homogenitet både i längdled och tvärlädd. Standardavvikelsen är betydligt lägre än för ABT och variationskoefficienten är 20 procentenheter mindre, se tabell 5.5.

För att kontrollera om stenstorleken har betydelse för texturvärdet bryts beläggningstyperna ner och indelas efter använda stenstorlekar. Om stenstorleken inverkar på beräknade värden borde en lägre variationskoefficient uppnås efter uppdelningen. En analys av tabell 5.6 ger en indikation på att stenstorleken tycks ha betydelse för beläggningens texturvärde. Resultatet i tabell 5.6 visar dock att stenstorleken inte ensamt påverkar, utan det är också kombinationen med täthet, andelen bitumen och andelen finmaterial som avgör. Där framgår att medelvärdena för ABS 16 och ABS 11 skiljer sig åt, ett lägre medelvärde uppnås för beläggningen med mindre stenstorlek. ABT-beläggningen i sin tur visar på täthetens betydelse då medelvärdena för både 11-sten och 16-sten är likvärdiga. En större variationskoefficient uppstår dock för 16-stenen, vilket ger en osäkerhet i representativitet hos medelvärdet. Ytterligare bekräftelse på täthetens betydelse visas av ABTS-beläggningen, där finmaterial och bitumen har reducerats. ABTS:ens texturvärde ligger markant högre än ABT 16, trots att det är 11-sten i ABTS.

**Tabell 5.6: Sammanställning MPD Mitt med avseende på stenstorlek**

2005	MPD M (mm):					
	ABS 11	ABS 16	ABT 11	ABT 16	ABTS 11	TSK 11
Medelvärde	0,87	1,20	0,50	0,51	0,63	1,40
Standardavvikelse	0,18	0,25	0,08	0,17	0,07	0,21
Variationskoeff. (%)	19,94	19,02	15,96	34,24	10,96	14,91

För att undersöka orsakerna till den ibland stora variationen i texturvärde har beläggningstyperna delats upp ytterligare, denna gång efter penetrationstalet. Eftersom det i de undersökta objekten endast är ABT-beläggningen som har olika penetrationstal är det värdena för denna beläggningstyp som presenteras i tabell 5.7. Det som framgår ur tabell 5.7 är relativt tydligt. Högre penetrationstal verkar ge en markant ökning av texturvärdet, det utan att variationskoefficient och standardavvikelse påverkas nämnvärt. ABT 16 160/220 redovisar dock en viss höjning av standardavvikelsen.

**Tabell 5.7: Sammanställning av MPD höger med avseende på penetrationstal.**

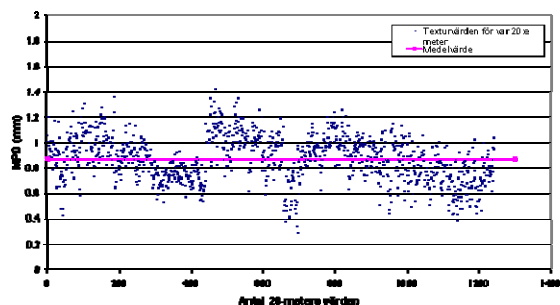
2005	MPD H (mm):			
	ABT 11 70/100	ABT 11 160/220	ABT 16 70/100	ABT 16 160/220
Medelvärde	0,51	0,66	0,47	0,65
Standardavvikelse	0,07	0,08	0,15	0,21
Variationskoeff. (%)	14,89	12,31	32,23	31,81

#### 5.4.4 Analys av enskilda objekt

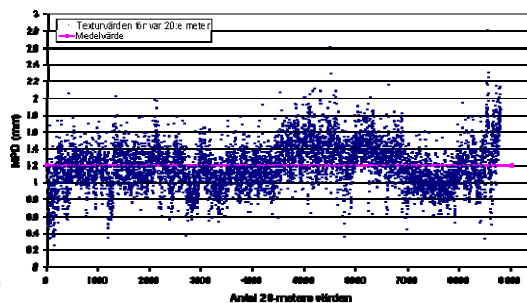
Trots att beläggningarna indelas efter typ, stenstorlek och penetrationstal visar beräkningarna bitvis på fortsatt höga variationskoefficienter för de flesta beläggningstyper. Om tabell 5.8 jämförs med tabell 5.5-5.7 kan konstateras att variationskoefficienterna för de enskilda objekten i många fall är lägre än variationskoefficienterna som fås vid en indelning efter beläggningstyp, stenstorlek och penetrationstal. Detta gäller framförallt för ABT-beläggningarna, där nästan alla objekt visar på detta, men även för en hel del av objekten med ABS-beläggning. Detta betyder att många objekt avviker från det ackumulerade medelvärdet och därmed fås en stor spridning som i sin tur ger höga variationskoefficienter. Därför finns en orsak att undersöka hur representativa varje objekts texturvärde är. Som nämnts tidigare tyder höga variationskoefficienter på en inhomogen massa vilket innebär dålig utförandekvalitet och sådana objekt bör kanske bortses ifrån vid beräkningarna av beläggningstypiska texturvärden. I denna del av analysen har därför varje objekt studerats närmare i syfte att finna icke representativa värden. Eftersom ABTS-beläggningarna redan visar på låga variationskoefficienter och enbart ett objekt med TSK-beläggning finns med i studien är det endast ABS- och ABT-beläggningar som i detta syfte studeras.

För att visa de enskilda objektens betydelse för de olika beläggningarnas medelvärde finns i diagram 5.6 till 5.11 varje 20-meters värde och dess variation kring medelvärdet. Diagrammen redovisar 20-meters värde för alla objekt. Dessa diagram illustrerar tidigare observationer, nämligen att variationen i många fall är stor. Flera av 20-meters värdena kan alltså befinna sig långt ifrån det totala medelvärdet för beläggningstypen. ABT 11 B70/100

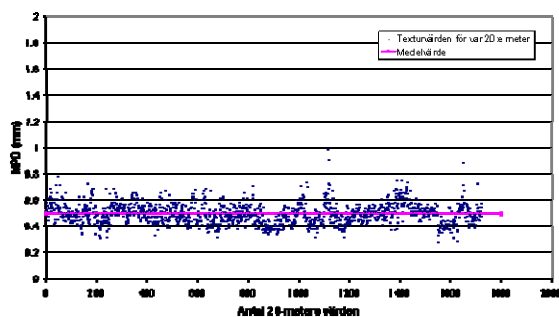
och ABT 11 B160/220 framförallt visar på en ganska liten variation, något som tyder på en god utförandekvalitet.



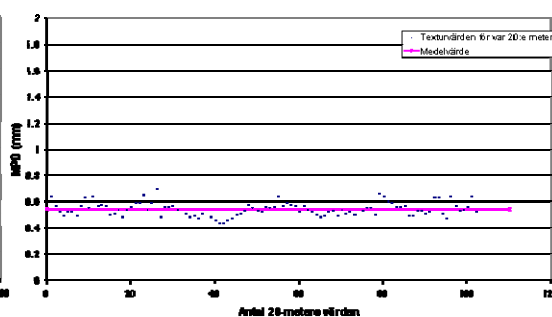
**Diagram 5.6: Spridning kring medelvärdet för ABS 11 B70/100.**



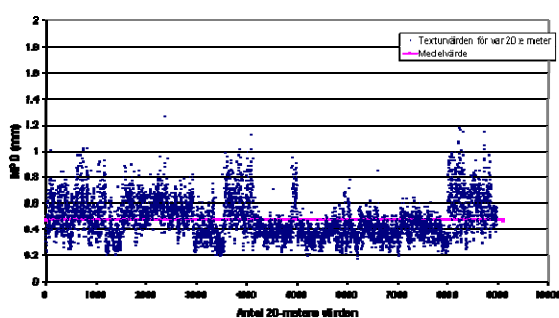
**Diagram 5.7: Spridning kring medelvärdet för ABS 16 B70/100.**



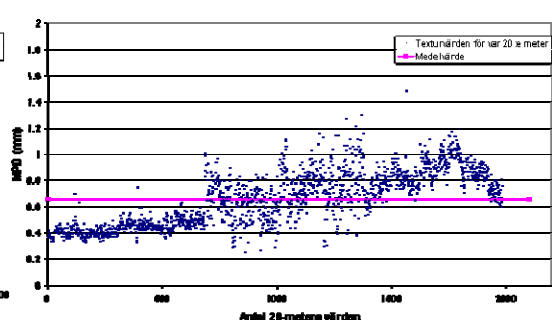
**Diagram 5.8: Spridning kring medelvärdet för ABT 11 B70/100.**



**Diagram 5.9: Spridning kring medelvärdet för ABT 11 B160/220.**



**Diagram 5.10: Spridning kring medelvärdet för ABT 16 B70/100.**



**Diagram 5.11: Spridning kring medelvärdet för ABT 16 B160/220.**

**Tabell 5.8: Medelvärden, standardavvikelse och variationskoefficient för varje objekt.**

Objektnr.	Beläggning	MPD M	Std	Var.koeff.
14139 (1)	Stenstorlek 11 40 ABT 11 B70/100 kkv<9	0,5127	0,0740	14,4388
		0,481	0,0856	17,7994
14689 (1)	40 ABT 11 B70/100 kkv<12	0,4878	0,0624	12,7875
		0,5080	0,0911	17,9350
14835	92 ABT 11 160/220	0,5604	0,0567	10,1249
		0,5104	0,0437	8,5662
		0,5358	0,0377	7,0458
		0,5621	0,0555	9,8705
15253 Norra	60 ABT 11 B70/100 kkv<9	0,5660	0,0798	14,1007
		0,4897	0,0552	11,2687
15253 Södra	60 ABT 11 B70/100 kkv<9	0,4550	0,0357	7,8432
		0,5235	0,0629	12,0059
	<b>Stenstorlek 16</b>			
13964	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,5306	0,1212	22,8375
		0,5407	0,1481	27,3981
13979(2)	70 ABT 16 70/100 kkv<9	0,4902	0,1143	23,3159
		0,5877	0,1326	22,5631
14110	65 ABT 16 B70/100 kkv<12	0,5102	0,1393	27,3007
		0,4554	0,1362	29,8990
14139 (2)	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,6149	0,1388	22,5637
		0,5744	0,1624	28,2746
14419	100 ABT 16 70/ 100	0,4052	0,0883	21,8076
		0,3840	0,0909	23,6682
14678	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,3446	0,0831	24,1152
		0,4233	0,1143	27,0096
14680	60 ABT 16 B70/100 kkv<12	0,3886	0,0750	19,3089
		0,4092	0,0767	18,7338
14681	70 ABT 16 B160/220 kkv<12	0,4069	0,0429	10,5537
		0,4689	0,0476	10,1479
14685	80 ABT 16 B70/100 kkv<12	0,6279	0,1758	28,0055
		0,6203	0,1873	30,1899
14686	?? ABT 16 B160/220 kkv<12	0,6467	0,1491	23,0548
		0,7813	0,1722	22,0380
14689 (2)	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,5364	0,0951	17,7388
		0,5677	0,1254	22,0853
14694	100 ABT 16 70/100	0,6395	0,1139	17,8096
		0,5833	0,1418	24,3028
14836	92 ABT 16 160/220	0,7069	0,0969	13,7125
		0,7812	0,0724	9,2735
		0,8492	0,0704	8,2883
		0,8013	0,1129	14,0839
		0,9078	0,0828	9,1152
		0,9360	0,0899	7,4701
		1,0223	0,0665	6,5092
		0,8700	0,0630	7,2418
		0,8582	0,0527	6,1417
		0,7120	0,0550	7,7309
15251	100 ABT 16 B70/100 kkv<9	0,5080	0,0420	8,2610
		0,5060	0,0477	9,4253

Objektnr.	Beläggning	MPD M	Std	Var.koeff.
13979(1)	Stenstorlek 11 60 ABS 11 B70/100 kkv<9	1,0027	0,1621	16,1629
		1,0218	0,1309	12,8147
14024, Rv24	80 ABS 11 B70/100	0,8615	0,1192	13,8317
		0,7348	0,0821	11,1747
14813	94 ABS 11 70/100	0,9559	0,1902	19,8965
		0,7982	0,1586	19,9135
	<b>Stenstorlek 16</b>			
14003	60 ABS 16 B70/100 kkv<12	0,8793	0,2557	29,0750
		1,1305	0,2462	21,7826
14023	90 ABS 16 B70/100	1,1841	0,1817	15,3462
		1,1567	0,2145	18,5460
		1,2140	0,2077	17,1109
		1,0372	0,2100	20,2485
14024	90 ABS 16 B70/100	1,1427	0,1674	14,6525
		1,0914	0,1967	18,0189
		1,1566	0,1694	14,6483
		1,1317	0,1754	15,4971
14109	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,3745	0,2124	15,4530
		1,4353	0,2411	16,7969
14677	60 ABS 16 B70/100 kkv<12	1,3042	0,2146	16,4559
		1,1763	0,2265	19,2576
14682	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,4349	0,1625	11,3232
		1,3656	0,1849	13,5428
14683	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,2640	0,2070	16,3762
		1,3383	0,1810	13,5248
14684	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,2816	0,2429	18,9545
		1,0586	0,2123	20,0457
14693	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,0475	0,1529	14,6001
		0,9800	0,1487	15,1741
15167	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,1697	0,1843	15,7563
		1,1600	0,2119	18,2700
15170	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,4541	0,3385	23,2775
		1,3023	0,2931	22,5067
15252	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	1,5739	0,1835	12,2913
		1,7873	0,1637	9,1540

### Filtrering

I ett försök att minska inverkan av dålig utförandekvalité kan en filtrering införas. Med det avses att objekt med hög variationskoefficient tas bort ur analysen innan medelvärde för beläggningstypen beräknas. Detta för att få ett medelvärde som är representativt för högkvalitativa beläggningar. I tabell 5.8 visas objekten med ABT- och ABS-beläggning. Ett första test gjordes då alla objektsträckor med en variationskoefficient över 20 % valdes bort. För alla utom en beläggningstyp blev utfallet det önskade, några sträckor med höga variationskoefficienter och förmodat dålig utförandekvalité föll bort. För ABT 16 B70/100 blev det dock så att alla utom två objekt föll bort. Tolkningen av det blir att det för denna beläggningstyp verkar vara för snålt med en acceptans på 20 %.

För ABT 16 B160/220 uppstår ett problem vid filtreringen på grund av för få objekt totalt. Ett av tre objekt försvinner och problemet återfinnes i det faktum att variationskoefficienten för beläggningstypen ökar, tvärtom mot det resultat som väntats. Anledningen är att de två objekt som blir kvar skiljer sig kraftigt i MPD, från 0,4 -0,5 mm upp till 1,0 mm, se diagram 5.11. Det bortplockade objektet representeras av punkterna från ca 750 till ca 1300 och det blir då tydligt att av kvarvarande objekt befinner sig ett av dem över och ett av dem under det beräknade medelvärdet. Samma problem kan ses för



övriga beläggningstyper vars medelvärde också bygger på ett fåtal objekt, dock ej lika markant.

För att undvika dessa problem implementerades en mer individuell filtrering. För denna gäller att istället för procentuell indelning väljs de tre objekt med högst variationskoefficient bort. Detta gäller dock enbart för de beläggningstyper som studien har flest objekt av, alltså ABT 16 B70/100 och ABS 16 B70/100. För övriga beläggningstyper är antalet objekt så pass begränsat att en filtrering ej fyller någon funktion utan riskerar att försämra resultatet. Det skall dock poängteras att vid en fortsatt studie med fler tillgängliga objekt bör det definitivt ge goda resultat om en filtrering införs.

Förändringen före och efter filtreringen går att tyda ur tabellerna 5.9 och 5.10. För de två beläggningstyper som filtrerats ses att variationskoefficienten har sänkts ytterst lite. Inte heller medelvärdet och standardavvikelsen har förändrats nämnvärt.

**Tabell 5.9: Medelvärde, standardavvikelse och variationskoefficient för olika beläggningstyper. Ofiltrerade värden.**

Beläggningstyp	MPD-värde (mm)	Standardavvikelse (mm)	Variationskoefficient (%)
ABS 11 B70/100	0,87	0,18	20,75
ABS 16 B70/100	1,20	0,25	21,16
ABT 11 B70/100	0,50	0,08	16,17
ABT 11 B160/220	0,66	0,08	12,31
ABT 16 B70/100	0,47	0,14	30,35
ABT 16 B160/220	0,66	0,21	32,01
TSK 11 B70/100	1,40	0,21	14,91
ABTS 11 B70/100	0,63	0,07	10,96

**Tabell 5.10: Medelvärde, standardavvikelse och variationskoefficient för olika beläggningstyper. ABS 16 B70/100 och ABT 16 B70/100 har blivit filtrerade**

Beläggningstyp	MPD-värde (mm)	Standardavvikelse (mm)	Variationskoefficient (%)
ABS 11 B70/100	0,87	0,18	20,75
ABS 16 B70/100	1,20	0,24	20,13
ABT 11 B70/100	0,50	0,08	16,17
ABT 11 B160/220	0,66	0,08	12,31
ABT 16 B70/100	0,46	0,14	30,07
ABT 16 B160/220	0,66	0,21	32,01
TSK 11 B70/100	1,40	0,21	14,91
ABTS 11 B70/100	0,63	0,07	10,96

Resultatet från filtreringen tyder på att någon ytterligare sänkning av variationskoefficienterna ej är möjlig i denna studie. Dels är antalet objekt av vissa beläggningstyper för få och dels finns ej tillräckligt många objekt med god utförandekvalitet. Detta sammantaget gör att värdena inte blir representativa ifall ytterligare filtrering genomförs.

I tabell 5.10 kan utläsas en skillnad i medelvärde mellan de båda ABS-beläggningarna. Båda har samma penetrationstal men stenstorleken skiljer sig åt. Den absoluta skillnaden är 0,33 mm vilket i sammanhanget får anses relativt mycket. Stenstorleken verkar med andra ord ha betydande inverkan på MPD-värdet för ABS-beläggningar. För ABT-beläggningarna däremot, tyder värdena i tabell 5.10 på att stenstorleken ej har lika stor betydelse för MPD-värdet som för ABS-beläggningar. Detta är ganska logiskt då bindemedelshalten är högre i en ABT-massa än i en ABS-massa vilket i sin tur leder till att stenen ej blir lika "framträdande". För ABT-beläggningarna stiger medelvärdet då penetrationstalet höjs men denna iakttagelse är svår att definitivt fastslå eftersom antalet objekt med penetrationstal 160/220 är relativt få.

#### 5.4.5 Sammanfattning av analys

Analysen av beräknade värden bekräftar vad som observerades i överblicken av diagrammen. Skillnader i texturvärde mellan olika beläggningstyper finns, framförallt är denna skillnad markant då ABS-beläggning och ABT-beläggning jämförs. Dock kan enskilda objekts medelvärde ligga betydligt högre eller lägre än medelvärdet, men denna stora variation i texturvärde, dels mellan objekten men också inom objekten, är svår att förklara utan bättre kunskap om transporter, läggare m.m. Då beläggningarna delas in efter stenstorlek och penetrationstal uppnås en lägre variationskoefficient, vilket konstaterar att dessa parametrar har betydelse för texturvärdet. Enligt tabell 5.6 verkar dock även andelen bitumen och finmaterial i massan spela roll för värdet. För att minska beroendet av utförandekvaliteten kan en filtrering av objekt med sämre kvalité utföras vilket leder till lägre variationskoefficient och mer kvalitativa medelvärden.

### **5.5 Slutresultat**

I tabell 5.11 presenteras texturvärdena för olika beläggningstyper. ABS-beläggningarna delas in med avseende på enbart stenstorlek då det i studien inte fanns tillgång till mätningar för att kontrollera penetrationstalets betydelse. För ABT-beläggningarna finns en indelning både med avseende på stenstorlek och på penetrationstal. Dessutom presenteras medelvärdet för ABT-beläggningar då ingen indelning efter vare sig stenstorlek eller penetrationstal görs. Anledningen till detta är att skillnaderna inom ABT-beläggningarna är små samt att variationskoefficienterna är höga för två av typerna. Värdena som är beräknade då hänsyn tagits till stenstorlek och penetrationstal är med andra ord så pass osäkra att även

ett resultat för enbart ABT presenteras. Dock skall poängteras att en indelning efter stenstorlek och penetrationstal bör kunna göras då antalet objekt är fler, men som nämnts tidigare har detta inte varit möjligt i denna studie. Det skall också poängteras att värdena för TSK 11 B70/100 är beräknade utifrån endast ett objekt, därmed kan det inte avgöras om värdena är representativa för just denna beläggningstyp.

**Tabell 5.11: Medelvärde, standardavvikelse och variationskoefficient för olika beläggningstyper.**

Beläggningstyp	MPD-värde (mm)	Standardavvikelse (mm)	Variationskoefficient (%)
ABS 11 B70/100	0,87	0,18	20,75
ABS 16 B70/100	1,20	0,24	20,13
ABT	0,50	0,17	32,92
ABT 11 B70/100	0,50	0,08	16,17
ABT 11 B160/220	0,66	0,08	12,31
ABT 16 B70/100	0,46	0,14	30,07
ABT 16 B160/220	0,66	0,21	32,01
TSK 11 B70/100	1,40	0,21	14,91
ABTS 11 B70/100	0,63	0,07	10,96

Resultaten från beräkningarna av texturvärden, tabell 5.11, visar att det finns en skillnad i texturvärde mellan olika beläggningstyper. Konstateras kan att ABS-beläggningar i stort sett har dubbelt så högt MPD-värde som ABT-beläggningar. Tunnskiktsbeläggningen ligger även den högt medan ABTS-beläggningar har ett MPD-värde nära vanliga ABT-massor.

Beräkningarna har också givit resultatet att variation i textur förekommer. Detta gäller dels inom enskilda objekt men också mellan objekt med samma beläggning. Det har också framkommit att stenstorleken i massan och bindemedlets penetrationstal troligtvis har inverkan på texturvärdet.

## ***6. Ytskadors inverkan på texturen***

Syftet med denna del av arbetet är att undersöka om det utifrån texturmätningar går att avgöra om skador finns på vägytan. Dessutom skall svårighetsgraden samt vilken typ av skada det rör sig om försöka bestämmas. För att kunna ge ett relationsmått är det tänkt att en jämförelse mellan texturen i spåren och emellan dessa spår skall sökas då detta praktiskt kan komma att vara användbart.

### ***Metod***

Skadeanalysen genomfördes på två olika sätt för att på så sätt testa vilken metod som var lämpligast och gav bäst resultat. De olika metoderna beskrivs nedan.

1. Objektsurval: Skånska vägar från den årliga vägnätsmätningen 2005 väljs med avseende på tillgänglighet. Data kommer från Ramböll RST:s mätningar.
2. Besiktning 1: En fältstudie där skador observeras och analyseras på plats genomförs. Därefter studeras mätdata och jämförs med den okulära besiktningen.
3. Besiktning 2: Mätdata studeras och därefter genomförs en fältstudie som grundas på den studerade mätdata.
4. Analys: Det som framkommit ur okulärbesiktningen samt mätdata bearbetas och analyseras.
5. En slutsats presenteras där hänsyn tas till ovanstående analys.

### ***6.1 Beläggningsskador***

Sveriges vägar utsätts för många och stora belastningar dagligen. Dessa leder bl.a. till slitage vilket i längden ger skador på väggroppen. Beläggningen är en del av väggroppen som ger direkt påtagliga skador för alla trafikanter. Nedan presenteras de vanligaste typerna som påträffas i vägnätet (Wågberg, 2000 & 2003).

#### ***Separation/Blödning***

Separation är vanligast för täta beläggningar så som asfaltgrus och ABT-massa med större stenstorlekar. Observeras lättast gör det under upptorkning då det tar längre tid för vägen att torka där separation har uppstått. Denna rapport berör dock mindre trafikerade vägar varför blödningar är av större intresse här.

Blödning är så kallad anrikning av bitumen i beläggningssytan och är en form av separation. Detta fenomen är vanligast förekommande på ytbehandlade vägar och beror då vanligen på för hög mängd bindemedel i relation till trafikmängd och hårdheten på underliggande beläggning. På ytbehandlade vägar uppträder därför blödningar endast i hjulspåren var det är trafiken som trycker ner den större stenen i den underliggande beläggningen.

Slitlager av typen ABS kan också råka ut för blödningar. Dessa uppträder lite annorlunda då de kan uppträda över hela beläggningssytan. Anledningen till detta är att blödningen uppstår redan vid transporten till läggningssplatsen eller under läggning. Det som händer är att bindemedel och finmaterial separerar från stenmaterialet i massan.

### ***Sprickor/Krackelering***

Belastningsrelaterade sprickor är det som mest troligt berör texturen då det är sprickor i spåren som kan komma att mätas. Dessa uppkommer vanligen av den tunga trafiken vilken åsamkar dragspänningar i beläggningens underkant vilket efter tillräckligt många överfarter leder till utmattningssprickor. När dessa sprickor går att skönja har vanligen konstruktionens livslängd löpt ut eller så har det från början varit en underdimensionerad konstruktion. Utöver belastningssprickor kan det vara tjälsprickor och fogsprickor som registreras, tjälsprickor vilka uppkommer under vårens tjällossning om terrassen är siltig. Tvärgående sprickor kan borträknas då dessa ej har någon betydelse för MPD som medelberäknas över 20 meter.

Krackelering är en direkt vidareutveckling av sprickbildning. Läts sprickor i vägen vara utan åtgärd är det helt säkert att de förr eller senare kommer att övergå i krackelering. De längsgående sprickorna är då sammanfogade med tvärgående sprickor vilka vid kraftig krackelering skapar ett ruttmönster med "lösa" asfaltsbitar. Utbredd krackelering uppstår vanligen bara var beläggningssytan är tunn, men kan även uppstå på tjockare.

### ***Stensläpp***

Stensläpp innebär att stenar släpper ifrån ytan. Detta är vanligast på så kallade ytbehandlinger där stenen packas ovanpå ett lager av bindemedel. Stensläpp kan även förekomma i massabeläggningar men då oftast på separerade ytor med stor andel grov sten och liten andel finmaterial. Vid ett lätt stensläpp har endast ett fåtal stenar släppt ifrån ytan. Vid svårare stensläpp bildas öppna ytor där inga stenar alls förekommer.

### ***Slaghål/potthål***

Slaghål, eller potthål som de benämns i övriga rapporten är alla direkta följder av andra skador eller defekter så som sprickor, krackeleringar, dålig vidhäftning i underliggande material m.m. Potthål syns tydligt som mindre eller större håligheter i asfalten var beläggningssytan har försvunnit. En sådan här skada kan uppträda helt ensam på en vägsträcka, men också i stor omfattning med mycket dålig framkomlighet som följd.

### ***Lagade/Lappade ytor***

Då lagning av en beläggningsyta görs krävs det att denna utförs med stor noggrannhet vad gäller lagningens kanter och att bra återfyllnadsmassa används. Annars uppstår det inom kort nya skador i form av sprickor, krackeleringar, släpp i fogen samt nya slaghål.

### ***6.2 Vad kan förväntas hända med texturvärdet vid olika skador?***

Olika typer av skador kan förväntas ge olika utslag i texturvärdena. Hur mycket värdet påverkas beror naturligtvis på skadans svårighetsgrad. Nedan diskuteras vad som förväntas hända med texturvärdet vid olika typer av skador.

Vid en blödning anrikas bitumen i vägytan, något som borde ge förändringar i texturvärdet. Eftersom bindemedlet blir mer framträdande bör detta ge en finare yta och därmed ett lägre värde. Hur mycket lägre värdet blir beror på blödningens svårighetsgrad men en skillnad borde kunna identifieras. Då blödningar framförallt förekommer i hjulspåren borde en jämförelse av texturvärde mellan mitt och hjulspår vara lämplig.

Förändringen av textur vid stensläpp beror troligtvis på svårighetsgraden. I den danska studien presenterad i kapitel 4.3.1 (Raaberg et al 2001) konstaterades ett högre texturvärde från ett år till ett annat, vilket förklarades med att fler stenar släppt ifrån ytan. Vid lätta stensläpp, där bara enstaka stenar har lossnat, bör texturvärdet bli högre. Vid riktigt svåra stensläpp, där öppna ytor har uppstått, bör resultatet bli det omvända d.v.s. texturvärdet blir lägre. Beräkningen av MPD-värdet baseras på en 100 mm lång baslinje. Förekommer inga stenar alls inom denna baslinje fås ett lågt MPD-värde. Återigen borde en jämförelse mellan mitt och hjulspår vara lämplig eftersom stensläpp framförallt förekommer i hjulspåren.

För att identifiera sprickor i texturmätningarna krävs det att dessa går tvärs vägen. Längsgående sprickor kommer inte med i mätdatan såvida inte sprickan inte korsar någon av mätlinjerna. Mängden sprickor bör inverka på hur stor förändringen i textur blir. Finns enbart ett fåtal sprickor är det troligt att dessa inte syns i mätningarna när MPD-värdet medelvärdesbildas över 20 m.

### ***6.3 Arbetsgång***

Skadeanalysen bygger på en okulär besiktning av sekundära och tertiära vägar, SoT-vägar, i Skåne. Vägytemätningar av Skånes SoT-vägnät är uppdelade i 3-års intervall och år 2005 mättes vägarna i öster, från Osby och Lönsboda i norr till Ystad och Simrishamn i söder. Då det för en kvalitativ analys, mellan det som har observerats okulärt och det som mätts med laser, krävs uppdaterad data valdes sydöstra Skåne för besiktningarna.



## 6.4 Analys

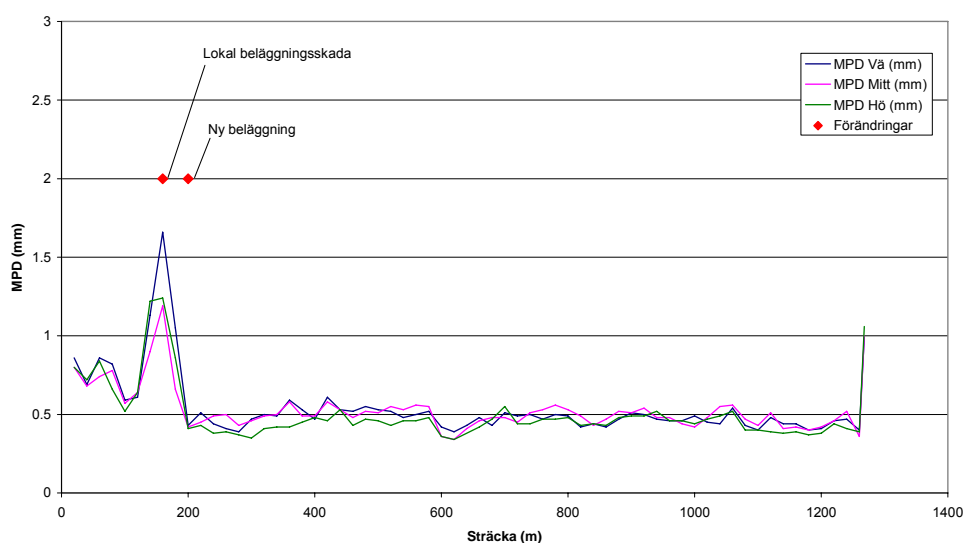
I analysen har observationerna från fältstudien sammanställts och jämförts med befintliga texturmätningar. Därefter har en uppdelning i två delar gjorts;

- En del behandlar fall där god överensstämmelse mellan fältobservationer och mätningar har noterats
- Den andra delen behandlar fall där korrelationen mellan fältobservationer och mätningar är mindre bra.

### 6.4.1 Bra korrelation textur/skada

Ett antal punkter och vägsträckor vars skador korrelerar bra med de uppmätta värdena har gått att finna. Några är berörda av blödningar i hjulspåren, andra av krackeleringar eller sprickor.

**Väg 999** har en delsträcka där en lokal beläggningsskada slår igenom i mätningarna. I just mätningarna syns förhöjt texturvärde vid 0/160 m, se diagram 6.1, vilket stämmer med en lokal skada. För att just en sådan här skada skall observeras vid lasermätning krävs det att den är belägen i någon av de tre mätlinjerna. Ytterligare bekräftelse på att distansmätningen från okulärbesiktningen stämmer bra överens med den från lasermätningen är att det finns en beläggningsovergång som tydligt syns i mätningarna vid 0/200 m, se diagram 6.1. Här faller MPD betydande från ca 1,5 mm till ca 0,5 mm. Denna övergång var väl synlig vid besiktningen och mättes in till 185 m från startpunkten vilket i mätningarna hamnar under



**Diagram 6.1: Textur på väg 999 mellan väg 981 och riksväg 19**



sektion 0/200 på grund av medelvärdesbildning över 20 m. Resterande sträcka var av god kvalitet och inga fler skador uppmärksammades. Beläggningen är homogen i sin struktur längs sträckan med låga MPD-värden efter beläggningsskarven. Asfalten såg här ut att vara betydligt nyare än för de första 200 m.

Fig. 6.3 och 6.4 är foto tagna från platsen. På dessa går det att se beläggningsskadan, vilken ej är reparerad, samt omgivande områden av asfalten som är kraftigt skadade vilket ger en grov yta. I bakgrunden på fig. 6.3 går det också att observera beläggningsskarven som inleder den tätare asfalten som går från 0/200 m och framåt på sträckan.



**Fig 6.3:** Foto från platsen var beläggningsskada och beläggningsskarv är synliga



**Fig 6.4:** Närbild på en del av skadorna

Väg 1003 är längs större delen av dess sträckning i gott skick med varierande typ av beläggning. Avsnittet mellan väg 1054 och väg 1501 skiljer sig dock. Vid okulärbesiktningen observeras blödningar i hjulspåren, se fig. 6.5, där asfalten har blivit lätt blank i ytan. Diagram 6.2 visar att mittvärdet för texturen ligger högre än hjulspåren. Detta korrelerar väl med inventeringen och MPD-värdet. I området mellan 1/800 m och 2/000 m går det i diagram 6.2 att se en variation gentemot övriga sträckan. Detta är svårt att uppmärksamma okulärt, förutom möjligen ett visst stensläpp i körfältsmitt. Efter 3/400 m är det byte av beläggning vilket också ses i diagram 6.2.

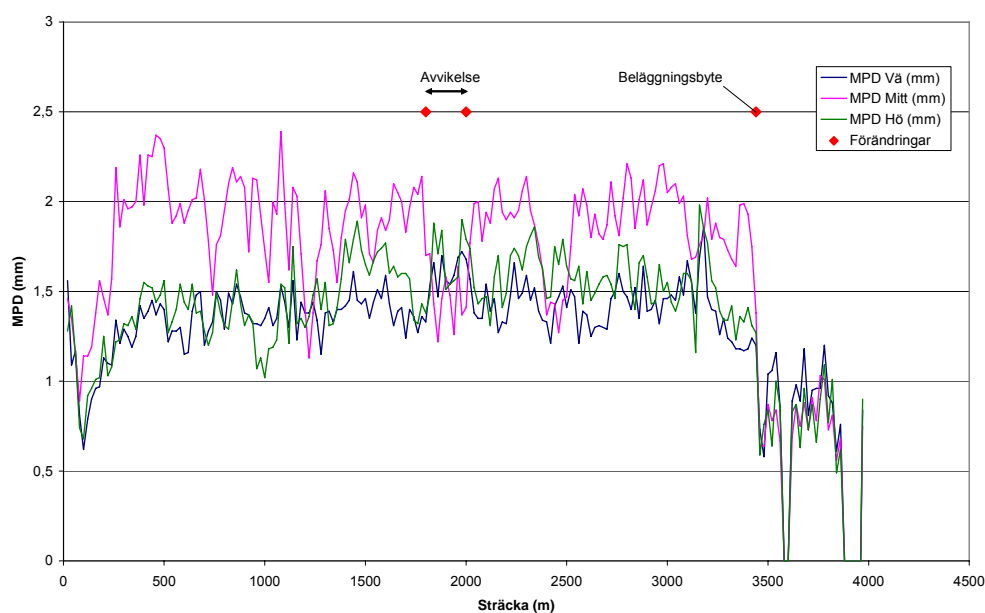


**Fig 6.5: Foto av sträcka på väg 1003 vilken visar på tydlig blödning i hjulspåren.**

För att komplettera diagram 6.2 har medelvärden för mätdata tagits fram, se tabell 6.1. Ifrån den kan det utläsas att mittvärdet ligger högre än hjulspåren, ca 20 till 25 % i snitt. Variationskoefficienten är relativt låg vilket gör medelvärdet representativt och det diagram 6.2 ger sken av bekräftas. Noteras skall att värdena är beräknade för sträckan fram till beläggingsbytet vid 3/400 m. Efter beläggingsbytet råder andra förhållande med annat slitlager.

**Tabell 6.1: Medelvärden för väg 1003 på parti med blödning fram till beläggingsbyte vid 3/400 m.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	1.38	0.15	11.12	-25.81
Mitt	1.86	0.26	14.10	
Höger	1.49	0.20	13.78	-19.89

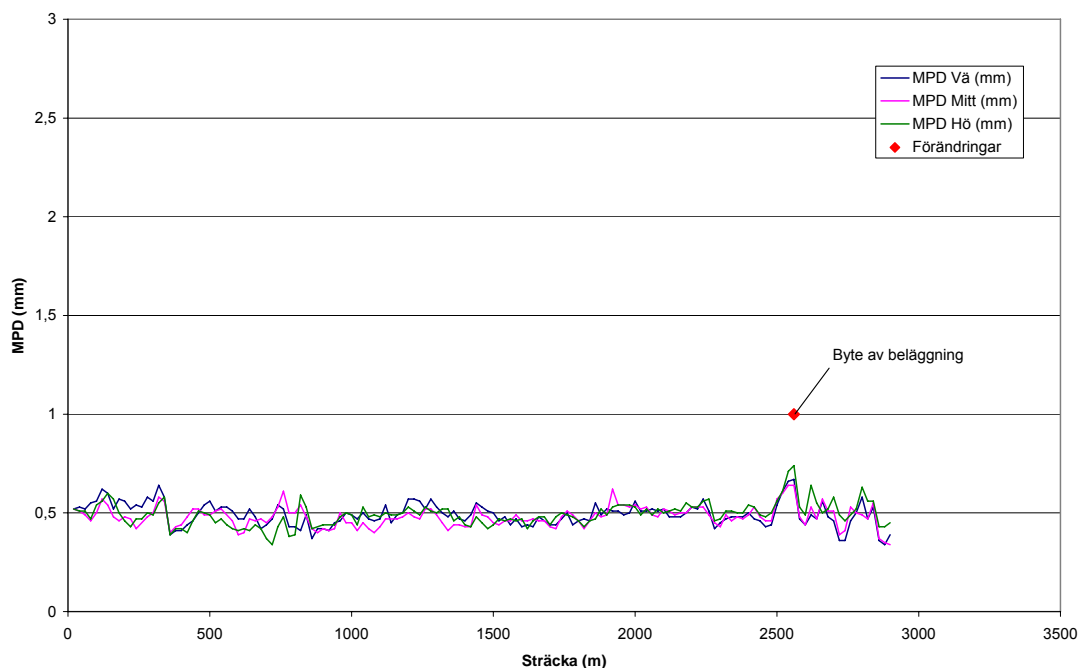


**Diagram 6.2: Textur på väg 1003 mellan väg 1054 och väg 1501.**

Väg 1017 är även denna drabbad av blödningar i hjulspåren på flera delsträckor. Vägen uppvisar ett antal skadetyper vilka reflekteras bra i texturmätningarna. Första delsträckan, från riksväg 9 till väg 995, är dessutom ett bra exempel på hur en homogen väg i god kondition ser ut, se diagram 6.3. Den okulära besiktningen av denna delsträcka bekräftade att vägen var skadefri och såg homogen ut i sin struktur samt att det är ett beläggningsbyte efter 2/560 m. Tabell 6.2 bekräftar ytterligare detta. Lågt MPD-värde för all tre mätlinjer och små variationskoefficienter visar på en bra väg med homogen massa. Jämförelsen spår/mitt som gjorts visar på riktigt små skillnader, 2-4 %, alltså både homogent och oskadat. Beläggningsbytet kan ses i diagram 6.3 som en ökad variation med lite högre toppar och lägre dalar. Värdena i tabell 6.2 gäller för sträckan fram till beläggningsbytet.

**Tabell 6.2: Medelvärden för väg 1017 mellan riksväg 9 och väg 995, skadefri del.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	0.50	0.05	10.52	4.17
Mitt	0.48	0.05	9.75	
Höger	0.49	0.05	10.83	2.08



**Diagram 6.3: Väg 1017 mellan riksväg 9 och väg 995. Exempel på en homogen väg i god kondition vars slitlager består av en tät massa.**

För att visa den markanta kontrast en blödning samt byte av beläggning kan ge visas sträckan mellan väg 995 och väg 1001 i diagram 6.4. Vid den okulära besiktningen observerades att sträckan är drabbad av kraftigare blödningar från beläggningsbytet efter sektion 0/240 m, se fig. 6.6. Ytterligare två beläggningsbyten finns längs sträckan men dessa verkar ej ha någon betydelse för blödningarna. I tabell 6.3 finns medelvärdena för de två

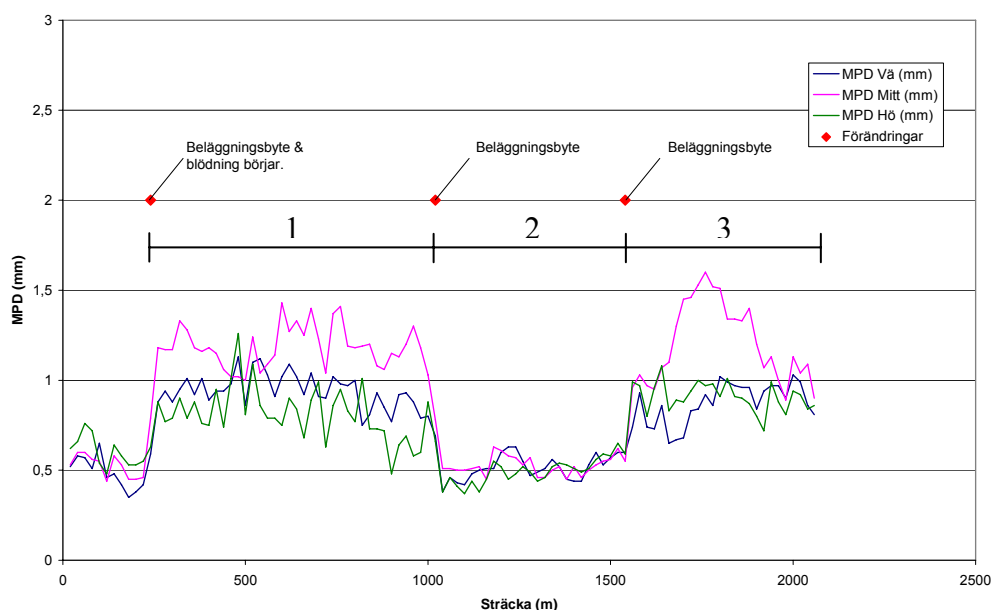
sträckor var blödning har bekräftats både okulärt och i diagram 6.4. Här är också en skillnad mellan spår och mitt som ligger i samma storleksordning som väg 1003, 25-30 %. Vad som syns i mätningarna, jämför sektion 2 med sektion 1 och 3 i diagram 6.4, men inte okulärt, se fig. 6.7, är att skillnaden mellan mitt och hjulspår minskar till i princip noll efter det andra beläggningsbytet, sektion 1/020m, detta trots att skadan i princip kvarstår okulärt. Tabell 6.4 visar ej heller på någon större skillnad mellan spår och mitt. Detta avviker från vad som kunnat ses tidigare. Att MPD totalt sett sjunker är logiskt då det okulärt syns att stenstorleken i massan är mindre mellan 1/020m och 1540m. Eventuellt kan det vara så att det är den finare stenen som gör att blödningen ej kan observeras i mätningarna.

**Tabell 6.3: Medelvärden för väg 1017 mellan väg 995 och väg 1001, för de två partier med bekräftad blödning sektion 1 och 3 i diagram 6.4 och okulärbesiktning**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	0.90	0.10	11.48	-24.37
Mitt	1.19	0.20	16.54	
Höger	0.84	0.14	16.19	-29.41

**Tabell 6.4: Medelvärden för väg 1017 mellan väg 995 och väg 1001 för sektion 2 (1/020 m till 1/540 m). Här observerades vid okulärbesiktning att en blödning förekommer vilket i diagram 6.4 ej är synligt.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	0.51	0.07	13.23	-1.92
Mitt	0.52	0.05	9.80	
Höger	0.49	0.07	14.08	-5.77



**Diagram 6.4: Textur på väg 1017 mellan väg 995 och väg 1001. Blödningar syns tydligt var MPD mitt ligger högre än MPD i hjulspåren.**

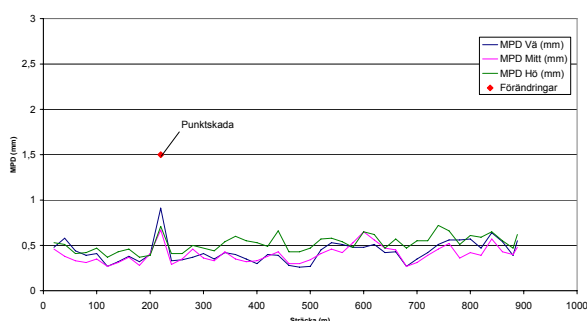


**Fig 6.6:** Väg 1017 mellan väg 995 och 1001 mellan sektion 0/240 och 1/020, sektion 1 i diagram 6.4. En tydlig blödning finns i hjulspåren

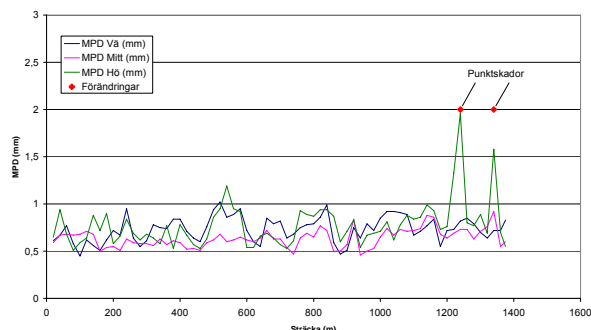


**Fig 6.7:** Foto på väg 1017 sektion 1/020 till 1/540, sektion 2 i diagram 4.4. Här syns också en tydlig blödning i hjulspåren, något som ej går att detektera i diagram 6.4.

Den synliga blödningsskadan på väg 1017 sträcker sig i ca 5 km. Därefter tar en nyare beläggning av tätare variant vid. Denna beläggning är av god standard med undantag av tre punkter där både mätningar och okulär besiktning har kunnat påvisa skada, se diagram 6.5



**Diagram 6.5:** Punktskada på en annars bra väg  
Notera att skadan är över hela vägbanan.



**Diagram 6.6:** Två stycken lokala krackeleringar belägna i höger hjulspår:

och 6.6.

I diagram 6.5 avviker en punkt vid 0/220 m tydligt från övrig mätsträcka. Skulle det finnas en verklig skada i denna sektion ger det en bekräftelse av möjligheten att söka skador med hjälp av texturvärde. Fig. 6.8 visar med all tydlighet att en skada finns just vid denna punkt. Det är en lokal skada på endast ca 2-3 meter varför variationen i MPD troligen inte blivit större än ca 0,5 mm.





**Fig 6.8: Lokal skada på väg 1017, sektion 0/220.**



**Fig 6.9: Större mängd sprickor i höger hjulspår på väg 1017, sektion 1/240.**

Krackeleringen i fig. 6.9 är fotograferad i 1/240 i diagram 6.6. Den är lokal, ca 20 meter lång, samt belägen i höger hjulspår. Denna skada går tydligt att observera i diagram 6.6 som en lokal höjning av MPD höger. Samma skada, men något kortare, kunde observeras i sektion 1/340. Att den är något kortare leder till att höjningen av MPD höger är mindre. Dessa sprickor ger dock en klar bild i texturen, vilket är positivt för tesen att kunna indikera på skador bara med hjälp av texturvärdet.

För ovanstående två sträckor med punktskador har medelvärden beräknats för att kunna se hur stor avvikelser blir. I tabell 6.5 åskådliggörs den lokala skadans, diagram 6.5 och fig. 6.8, avvikelse från hela sträckans medelvärde. Avvikelsen vilken är markant främst i vänster- och mittspår. De två lokala skador i höger spår som har observerats på sträckan i diagram 6.6 presenteras i tabell 6.6 som avvikelse skada 1, sektion 1/240, och avvikelse skada 2, sektion 1/340. För denna sträcka har tidigare noterats både i diagram och okulärt att det bara rör sig om skador i höger spår. Detta bekräftas i tabell 6.6 var värdena i höger spår ligger mer än 100 % högre än MPD-medel för höger spår.

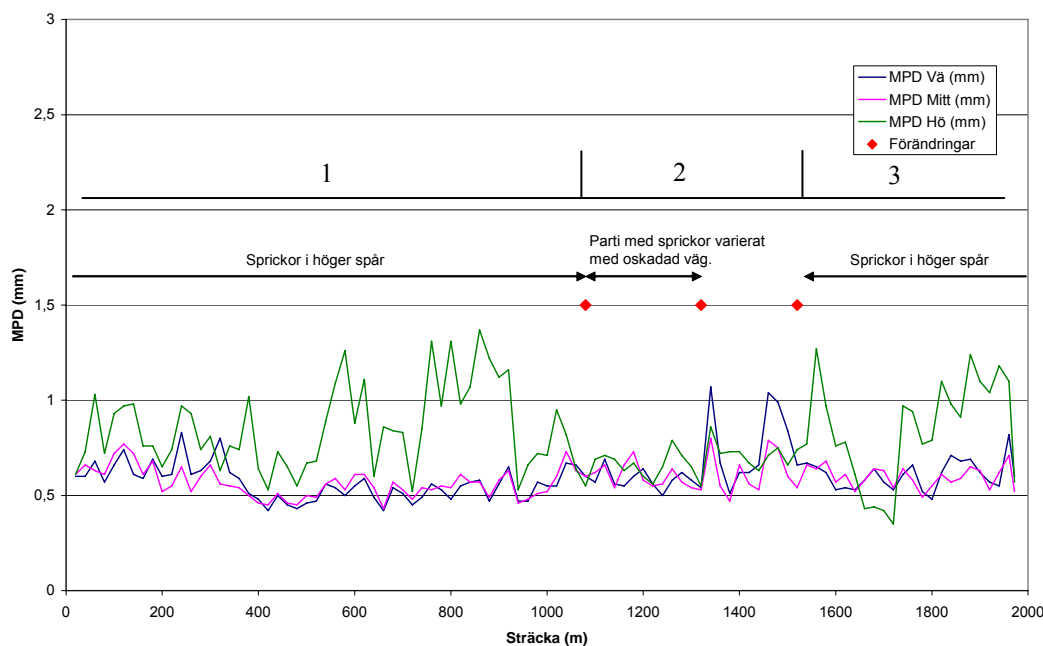
**Tabell 6.5: Medelvärden för hela sträckan av väg 1017 visad i diagram 6.5. Skada 1 är den topp som syns i sektion 0/220 och det går att utläsa en markant avvikelse i åtminstone vänster- och mittspår.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]	Avvikelse skada 1 [%]
Vänster	0.42	0.10	22.95	7.69	116.67
Mitt	0.39	0.09	21.98		71.79
Höger	0.51	0.09	16.84	30.77	39.22

**Tabell 6.6: Medelvärden för hela sträckan av väg 1017 visad i diagram 6.6. Skada 1 är från sektion 1/240 och skada 2 är från sektion 1/340. Tabellen visar att det finns en skador i höger spår.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]	Avvikelse skada 1 [%]	Avvikelse skada 2 [%]
Vänster	0.73	0.13	18.05	15.87	12.33	-1.37
Mitt	0.63	0.09	14.42		15.87	46.03
Höger	0.75	0.16	21.92	19.05	161.33	110.67

**Väg 1019**, mellan väg 999 och väg 1015, har inslag av sprickbildning och krackelering i höger hjulspår. Detta var lätt observerat vid den okulära observationen och problemet rådde för i princip hela sträckan. Det är bara ett parti mitt på sträckan, sektion 2, där sprickorna och krackeleringarna sträcker sig tvärs hela vägbanan varvat med oskadade partier. I mätningarna, som visas i diagram 6.7, går det lätt att följa sprickorna i höger hjulspår då MPD höger ligger högre längs stora delar av sträckan. Tabell 6.7 ger medelvärdena för graferna i diagram 6.7 och här ses att just höger spår ligger betydligt högre än de övriga två, ca 50 %. Även området med mindre skador och sprickor tvärs hela vägen går att observera då värdena för MPD höger sjunker. En fråga som kan dyka upp är varför MPD inte stiger för vänster och mitt för att närma sig högers värden. Svaret är troligen att oskadade områden på denna sträcka är så pass stora att de gör sprickornas betydelse liten i 20-meters värdena.



**Diagram 6.7: Väg 1019 mellan väg 999 och 1015. Sträcka med sprickor i höger hjulspår vilka kan observeras tydligt i texturmätningarna.**

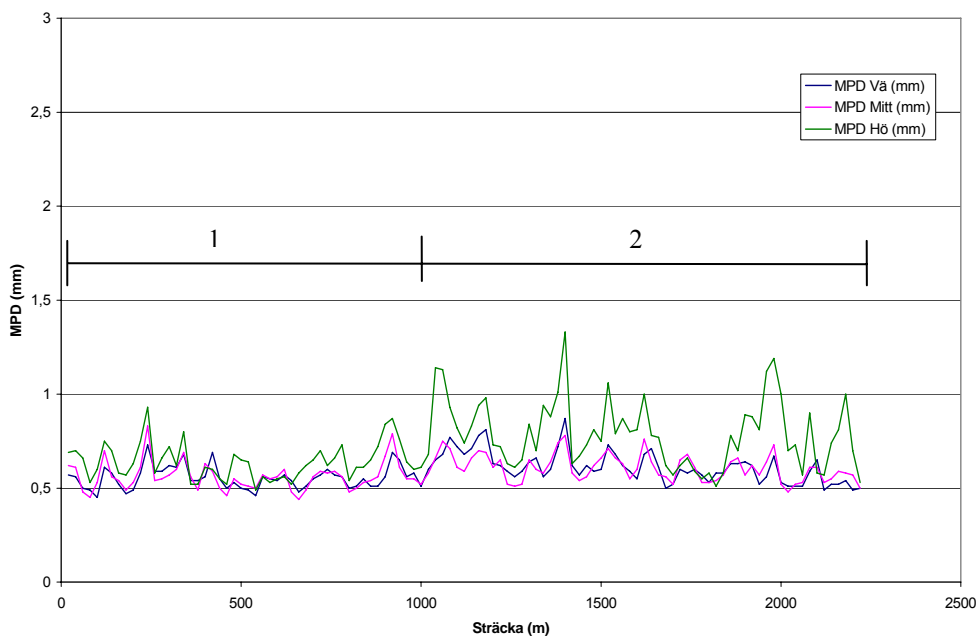
**Tabell 6.7: Medelvärden, sektion 1 och 3, för väg 1019 mellan väg 999 och 1015. Sprickor i höger spår:**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	0.58	0.09	15.22	1.75
Mitt	0.57	0.07	12.60	
Höger	0.85	0.23	27.78	49.12

**Väg 1538** är också bitvis drabbad av sprickor. Mellan väg 1541 och 1012 är detta tydligt i mätdata, se tabell 6.8 och 6.9, vilka ger värden för två sektioner längs sträckan. Ett förhöjt värde på MPD höger jämfört med de två övriga mätlinjerna förekommer, se diagram 6.8. För att återknyta till okulärbesiktningen ger den att korrelationen med synliga skador är god. Det är konstant sprickor i höger spår men med viss variation av mängden sprickor. I diagram 6.8 kan utläsas en mindre förhöjning av MPD höger de första 1000 m, sektion 1. På övrig sträcka, sektion 2, är förhöjningen större. Detta stämmer väl överens med fältobservationerna. Fig. 6.10 är ett foto taget på ett område med mindre och finare sprickor, sektion 1.



**Fig 6.10: Mindre sprickor på väg 1538, sektion 1.**



**Diagram 6.8: Väg 1538 mellan väg 1541 och 1012. En konstant sprickbildning i höger hjulspår uppfattades vid okulärbesiktning Dock mer sprickbildning efter 1000 m, sektion 2.**



**Tabell 6.8: Medelvärden för väg 1538 mellan väg 1541 och 1012, sektion 1. Mindre sprickbildning**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	0,55	0,06	10,91	-1,82
Mitt	0,56	0,08	14,29	
Höger	0,64	0,10	15,63	14,29

**Tabell 6.9: Medelvärden för väg 1538 mellan väg 1541 och 1012, sektion 2. Mer sprickbildning**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	0,61	0,08	13,11	0,00
Mitt	0,61	0,07	11,48	
Höger	0,79	0,18	22,78	29,51

#### 6.4.2 Tveksam korrelation textur/skada

Eftersom studien genomfördes på delar av SoT-vägnätet i Skåne innebar detta att många av vägarna var i dåligt skick och dessutom smalare än normalt. Vid okulärbesiktningen upptäcktes att det för denna typ av vägar kan vara svårt avgöra var skadorna finns och vilken typ det rör sig om utifrån diagram med uppmätta MPD-värden. En alltför stor variation i textur längs sträckan leder till att det blir svårt att bestämma vad som är en skada och vad som inte är en skada. Vägens bredd spelar in på så sätt att osäkerhet finns kring vilket spår mätbilen har legat i vid mätningen vilket i sin tur leder till att en skada kanske ej finns med i mätdatan. Efter avslutad okulärbesiktning upptäcktes följande ”problemområden”;

- På vägar i dåligt skick är det svårt att utifrån mätdata avgöra skadornas position och typ eftersom texturvärdena varierar mycket.
- På smala vägar råder osäkerhet kring mätbilens position i sidled och därmed vilka linjer som finns med i mätdatan.
- Skador observerade i fält kan vara svåra att upptäcka i diagram och vise versa.

Nedan ges exempel från fältstudien som illustrerar ovan nämnda problemområden.

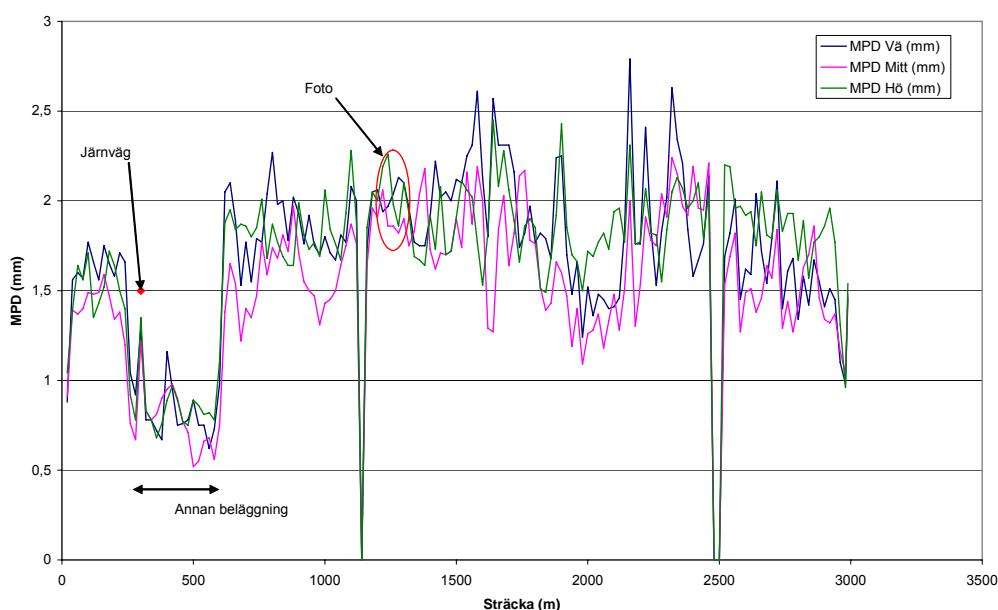
### Vägi dåligt skick

Fig. 6.11 visar en väg i dåligt skick. På stora delar av sträckan finns stensläpp och krackeleringar och beläggningsen är för det mesta väldigt grov i ytan. På en kort sträcka finns en annan typ av beläggning med finare textur. Diagram 6.9 visar MPD-värdena för samma sträcka. Den finare beläggningen i början av sträckan syns tydligt i diagrammet medan det är svårare att avgöra var skadorna finns. I fält noterades stensläpp i olika svårighetsgrad mellan sektion 1/060 och 2/520. Texturen på detta parti varierar kraftigt och utifrån diagrammet är det svårt att dra några slutsatser kring skadorna. Enligt tabell 6.10



**Fig 6.11: Stensläpp och krackeleringar på väg 990**

har vänster och höger spår på denna sträcka ett MPD-värde på ungefär 1,9 mm medan mittspåret har ett värde på 1,74 mm. Variationskoefficienterna ligger på runt 15 %.



**Diagram 6.9: Väg 990. Stor variation i texturvärde**

**Tabell 6.10: Medelvärden, sektion 1/060 och 2/520, för väg 990 mellan väg 994 och riksväg 11.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	1,93	0,32	16,74	10,92
Mitt	1,74	0,29	16,91	
Höger	1,9	0,22	11,48	9,20

I fallet ovan är alltså variationen i textur längs sträckan stor och att lokalisera en enstaka lokal skada med hjälp av diagrammet är svårt. Inte heller beräkningarna i tabellen är till någon hjälp vid analysen. Vägen i fråga är som nämndes i dåligt skick och detta är troligtvis anledningen till den stora variationen i texturvärde. Andra vägar liknande denna har studerats, exempelvis väg 1010 mellan väg 1010.01 och 1008, och samma problem har konstaterats där. Den stora texturvariationen behöver dock inte betyda att vägen är i dåligt skick. Bra vägar, utan skador, kan även de ha en stor variation. Detta sammantaget tyder på att texturvariationen ej bör vara allt för stor för att det skall vara möjligt att identifiera enskilda skador utifrån texturmätningar.

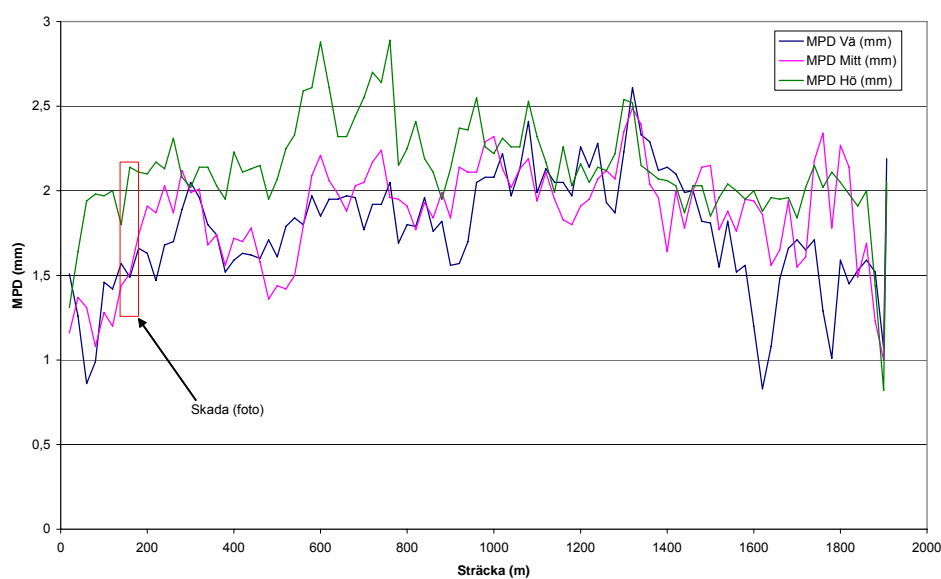
### **Smal vägbredd**

Fig. 6.12 visar en smal väg där en tydlig skada kan ses i mitten av vägen. I övrigt är beläggningen på vägen grov och består av stora stenar vilket ger ett högt texturvärde. Diagram 6.10 visar hur MPD-värdena varierar längs sträckan. Den skadade delen som syns tydligt i fält är svår att hitta i diagrammet. Skadan finns registrerad mellan sektion 0/140 och 0/180. Beräkningar, se tabell 6.11, ger att vänster- och mittspår har ett MPD-värde på 1,57 mm respektive 1,56 mm. MPD-värdet för höger spår är 2,02 mm.



**Fig 6.12: Väg 1006. Lagade potthål med krackeleringar runt om.**

Dessa siffror visualiseras i diagrammet som tydligt visar att texturvärde för höger mätlinje ligger högre än de två övriga. Dock överensstämmer beräkningarna inte med det som ses i fig. 6.12, eftersom det istället borde vara mitt eller vänster som skall ha ett högre texturvärde. Anledningen till detta kan vara att ingen av de tre laserkamerorna som mäter textur har mätt i just den skadade linjen. Exemplet visar på problemet med en smal väg. För att med säkerhet kunna avgöra var skador finns längs sträckan måste mätbilens position i sidled vara väl dokumenterad.



**Diagram 6.10: Väg 1006. Smal väg med potthål**

**Tabell 6.11: Medelvärden för väg 1006 mellan väg 1017 och 999. Beräkning för sektion 140 till 180 m.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	1,57	0,09	5,41	0,64
Mitt	1,56	0,16	10,04	
Höger	2,02	0,19	9,33	29,49

***Skador observerade i fält som är svåra att se i mätning***

Fig. 6.13 visar en väg med jämn textur. I fält observerades början till blödningar i höger och vänster hjulspår, se fig. 6.14 och 6.15. Som bilderna visar är skillnaden påtaglig och mätningen borde ge ett högre texturvärde mellan hjulspåren.



***Fig 6.13: Väg 1021 mellan väg 1019 och 1016. Blödningar i hjulspår.***

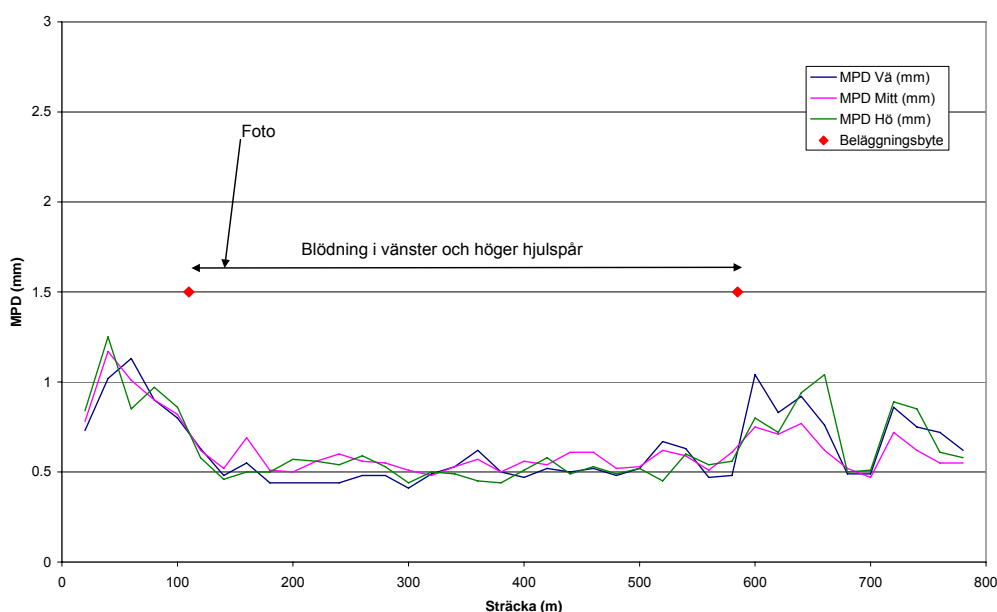


***Fig 6.14: Mittspåret väg 1021***



***Fig 6.15: Högerspåret väg 1021***

Ur diagram 6.11 är det dock svårt att utläsa någon skillnad mellan hjulspåren och mitt. Eftersom beläggningen har ett lågt MPD-värde från början bör den absoluta skillnaden inte vara stor, något som kan vara anledningen till att skadan inte syns i diagrammet. Dessutom uppfattas kanske skadan värre i fält än vad den i själva verket är, d.v.s. de uppmätta värdena är korrekta men fältobservationen ger sken av något annat. Klart är dock att diagrammet ej ger någon tydlig indikation på att en skada skall finnas på detta parti.



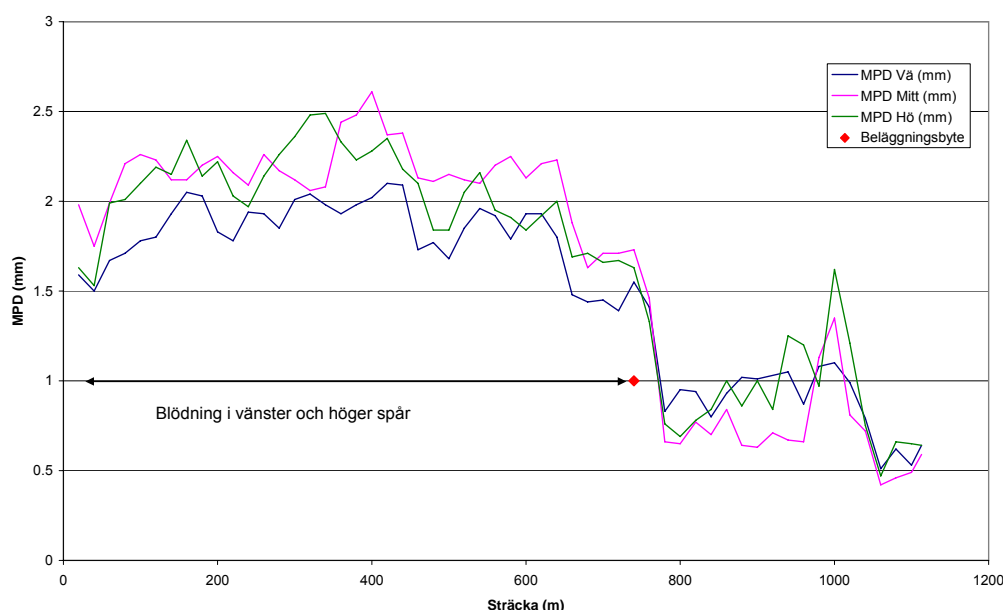
**Diagram 6.11: Väg 1021. Början till blödning i hjulspåren.**

För att avgöra om en skada finns och i så fall hur svår den är krävs det beräkningar, se tabell 6.12. Dessa visar att MPD-värdena för vänster och höger spår är ungefär 7 % lägre än MPD-värdet för mittspåret. En skillnad finns alltså registrerad men för att upptäcka den i mätdata krävs det att beräkningar genomförs.

**Tabell 6.12: Medelvärden för väg 1021 där blödningar observerats**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	0,53	0,13	23,73	-7,02
Mitt	0,57	0,06	11,17	
Höger	0,53	0,07	14,02	-7,02

Ytterligare ett exempel på denna typ av observation är från väg 999 mellan väg 1006 och 981. Även här sägs i fält en skillnad mellan hjulspåren och mittspåret. Diagram 6.12 visar hur MPD-värdena varierar längs partiet. Utifrån detta är det svårt att se att de båda hjulspåren skulle ha en finare textur, dock befinner sig värdena för vänster spår något under värdena för mitt under större delen av sträckan. Beräkningar på det skadade partiet, se tabell 6.13, visar att MPD-värdet för vänster spår ligger 14 % lägre än mittspåret och MPD-värdet för höger spår ligger 4 % lägre än mitt.



**Diagram 6.12: Blödning i vänster och höger hjulspår.**

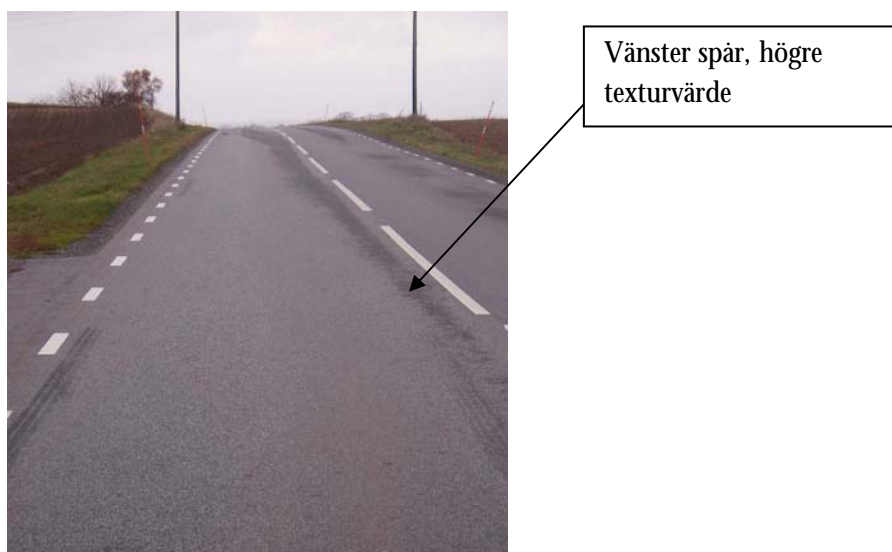
**Tabell 6.13: Medelvärden på väg 999 mellan väg 1006 och 981 för parti med blödningsår.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	1,82	0,2	10,89	-14,15
Mitt	2,12	0,22	10,22	
Höger	2,04	0,25	12,45	-3,77

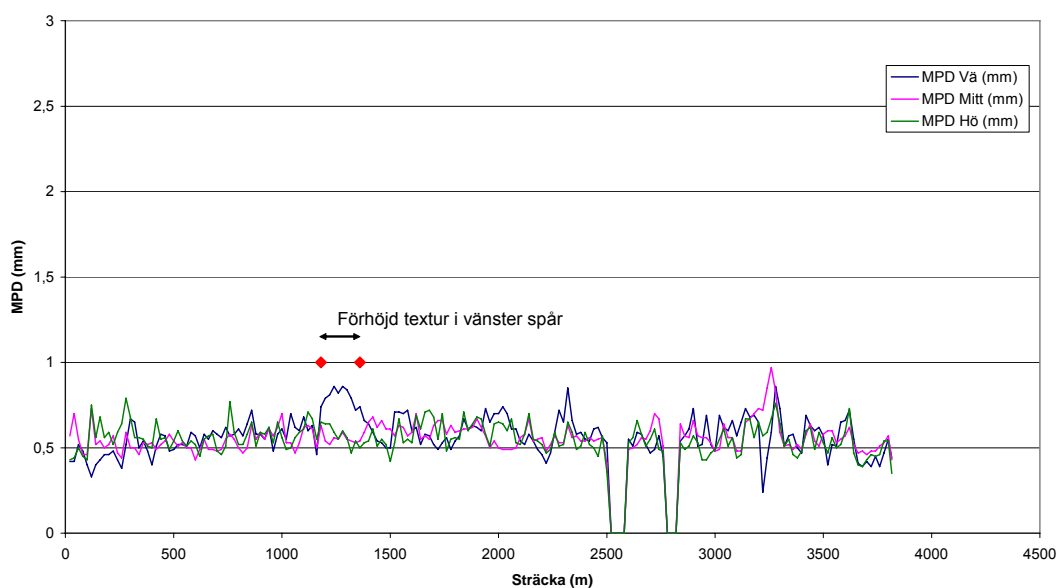
De två exemplen ovan är objekt där anrikning av bitumen i hjulspåren har observerats i fält. Analysen av mätdata från objekten har visat på en potentiell skada men först då texturdiagram har kompletterats med beräkningar. Det är med andra ord viktigt att en fullständig analys tillsammans med okulära besiktningar genomförs för att säkerställa en skada i vägytan.

### **Skador observerade i mätningar men som är svåra att se i fält**

Under den tredje dagen i fält studerades texturdiagrammen innan besiktningen av den aktuella vägen genomfördes. Syftet var att se om diagrammen kunde ge en bild av var skador fanns och vilken typ det var frågan om. I många fall fungerade denna metod tillfredställande, medan det i några andra fall uppstod en del frågetecken. Ett exempel på det senare är väg 1022 mellan väg 995 och 1001. Diagram 6.13 visar att i sektion 1/180 till 1/360 finns en grövre textur i vänster hjulspår. I fält kan detta antydast, se fig. 6.16, men att skillnaden skulle vara så stor som mätningen ger sken av är svårt att påstå. Det förhöjda värdet verkar ej heller ha uppkommit på grund av en skada utan beläggningen verkar av någon anledning vara inhomogen på detta parti. MPD-värdet i vänster spår ligger 42 % högre än MPD-värdet för mittspåret vilket motsvarar ungefär 0,25 mm, se tabell 6.14.



**Fig 6.16: Väg 1022 mellan väg 995 och 1001.**



**Diagram 6.13: Väg 1022. Högre texturvärde i vänster spår, sektion 1/180-1/360 m.**

**Tabell 6.14: Medelvärden för väg 1022, sektion 1/180 – 1/360 m.**

Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
Vänster	0,8	0,05	6,34	42,86
Mitt	0,56	0,03	5,84	
Höger	0,57	0,06	10,65	1,79



Objektet ovan är exempel på ett fall där mätningen ger en indikation på att en skada skall finnas på sträckan men där det i fältbesiktningen inte har observerats någon tydlig skada. I just detta fall handlade det istället om en inhomogen massa vilket snarare beror på dålig utförandekvalitet. Med andra ord bör analysen av mätningarna därför kompletteras med besiktningar på plats för att med säkerhet kunna fastställa om en skada finns längs en väg.

### ***6.5 Sammanställning av analys***

Då skadeanalysen är avslutad kan konstateras att både möjligheter och problem finns. En del typer av skador kan ses i både fält och mätningar medan andra verkar vara svårare att göra en bedömning av. Dessutom verkar en del andra förutsättningar inverka på huruvida en viss typ av skada kan utläsas ur mätdata eller ej.

Efter analys av okulärbesiktningen och uppmätta texturvärden har två olika skadetyper, blödningar och sprickor/krackeleringar, kunnat ses i både fält och mätningar. Dock har det även vid dessa två skadetyper uppstått en del tveksamheter som bör beaktas.

#### ***Blödning***

Resultaten från skadeanalysen visar på två fall av blödningar, väg 1003 och 1017, där det som observerats i fält väl överrensstämmer med mätningarna. Dessa båda vägar har mittlinje och en från början grov textur men inga övriga skador längs vägen. Diagram över texturvärdena från dessa vägar visar tydligt att MPD-mitt ligger mellan 20 och 30 % högre än både MPD-vänster och MPD-höger. Detta motsvarar mellan 0,30 och 0,50 mm.

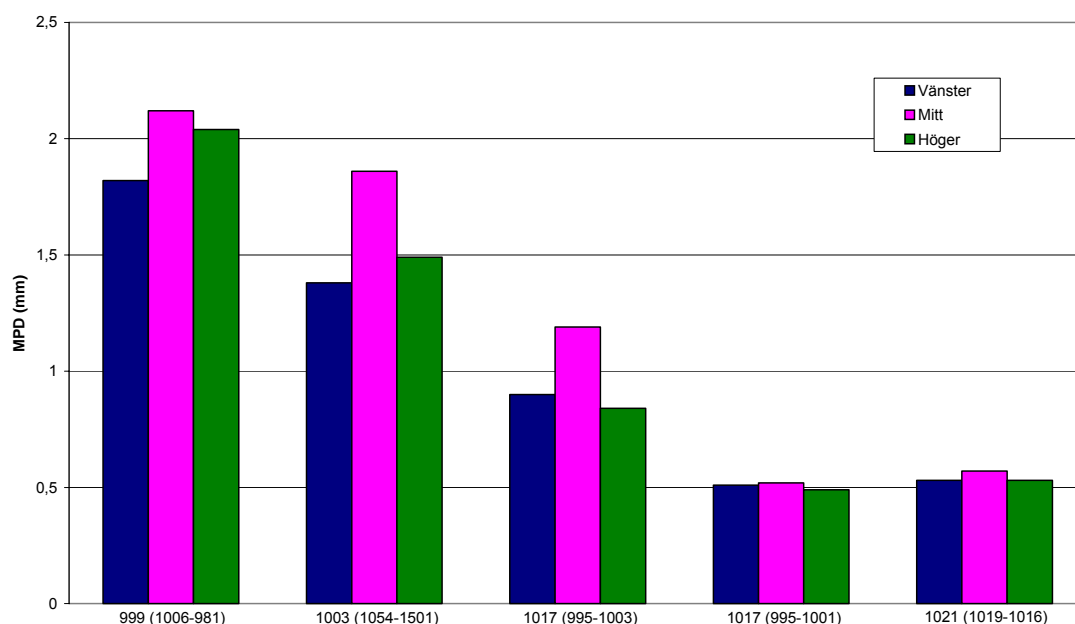
Skadeanalysen visar även på tre fall där blödningar har kunnat ses i fält men där det varit svårare att i diagrammen över texturvärdena se några tecken på skador. På väg 999 och 1021 upptäcktes i fält en början till blödning i hjulspåren. Dessa vägar är så pass breda att de har mittlinje samt är i övrigt oskadade. Utifrån enbart diagrammen var det dock svårt att konstatera att det skulle handla om en blödning, detta trots att en tydlig skillnad mellan hjulspår och mitt kunde ses i fält. Beräkningar på mätdata visar dock att en skillnad finns. För väg 999 är skillnaden mellan höger hjulspår och mitt 14 % och 4 % mellan vänster hjulspår och mitt. För väg 1021 är skillnaden 7 % för både vänster och höger hjulspår. Det tredje fallet handlar om ett parti på väg 1017. Även här kunde tydliga blödningar ses, men beräkningar visar att skillnaden mellan hjulspåren och mitt endast är ett fåtal procent.

Ovanstående observationer tyder på att det i vissa fall kan vara svårt att se tydliga tecken på blödningar utifrån texturmätningar. För att med säkerhet fastställa att det rör sig om en blödning bör därför mätningar och okulära besiktningar komplettera varandra om minsta tveksamheter finns.

I tabell 6.15 sammanfattas MPD-medel, standardavvikelser och variationskoefficienter för vägar med varierande separation/blödning. Dessutom finns i kolumnen längst till höger den procentuella skillnaden mellan hjulspåren och mittspåret. Diagram 6.14 illustrerar hur texturvärdena i höger respektive vänster spår varierar gentemot mitten mellan spåren.

**Tabell 6.15: Vägar med blödning** Värdena presenteras som medelvärden för skadedrabbade områden.

Vägnummer	Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
<b>999</b> Från: 1006 Till: 981	Vänster	1,82	0,20	10,89	-14,2
	Mitt	2,12	0,22	10,22	
	Höger	2,04	0,25	12,45	-3,8
<b>1003</b> Från: 1054 Till: 1501	Vänster	1,38	0,15	11,12	-25,8
	Mitt	1,86	0,26	14,10	
	Höger	1,49	0,20	13,78	-19,9
<b>1017</b> Från: 995 Till: 1003	Vänster	0,90	0,10	11,48	-24,4
	Mitt	1,19	0,20	16,54	
	Höger	0,84	0,14	16,19	-29,4
<b>1017</b> Från: 995 Till: 1001	Vänster	0,51	0,07	13,23	-1,9
	Mitt	0,52	0,05	9,80	
	Höger	0,49	0,07	14,08	-5,8
<b>1021</b> Från: 1019 Till: 1016	Vänster	0,53	0,13	23,73	-7,0
	Mitt	0,57	0,06	11,17	
	Höger	0,53	0,07	14,02	-7,0



**Diagram 6.14: MPD-värden för olika spår på vägar med blödning**

Värdena i tabell 6.15 indikerar att blödningar/separationer kan identifieras utifrån texturmätningar. Det är dock svårt att avgöra svårighetsgraden enbart med hjälp av värdena. Vid den okulära besiktningen av skadorna bedömdes väg 1003 (1054-1501), 1017 (995-1003) och 1017 (995-1001) vara medelsvåra blödningar. Detta stämmer bra med mätningar utom i fallet 1017 (995-1001) där den procentuella skillnaden mellan hjulspår och mitt är relativt liten. Dock bestod denna sträcka av en beläggning med ett lägre texturvärde än de två övriga vilket kanske inverkar på resultatet. På väg 999 (1006-981) och 1021 (1019-1016) bedömdes blödningarna vara mindre allvarliga vilket överrensstämmer med mätvärdena. Att sätta någon exakt gräns för de olika svårighetsgraderna är trots detta svårt. I skadeanalysen ingår för få objekt för att bedöma detta men analysen visar åtminstone på att möjligheten finns.

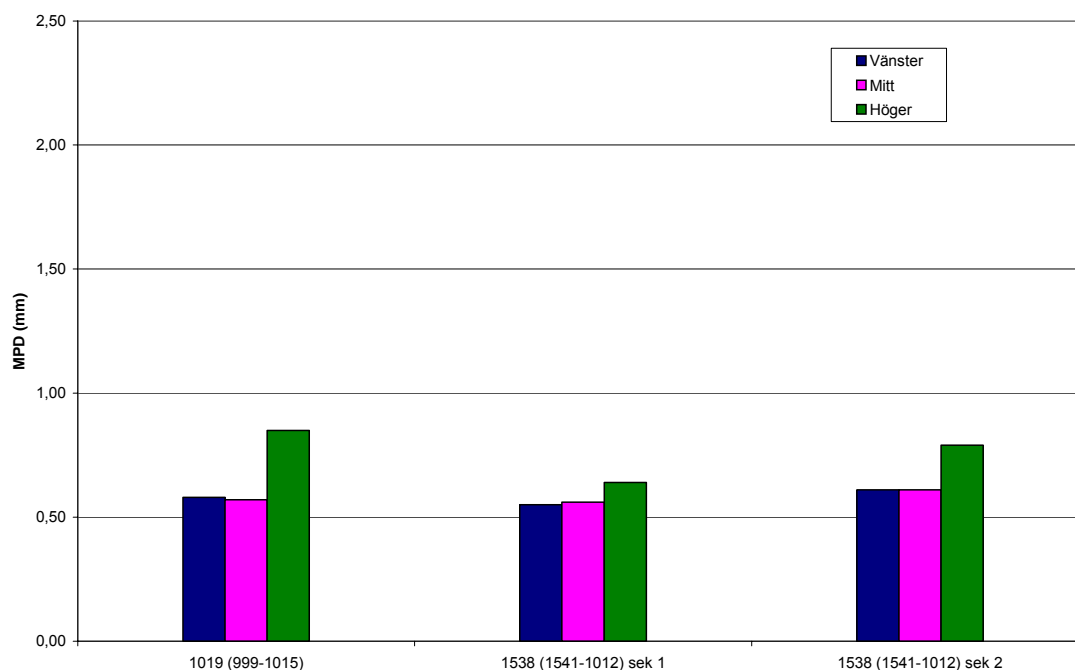
### ***Sprickor/krackeleringar***

På väg 1019 och 1538 finns sprickor och krackeleringar i höger hjulspår. Båda vägarna har mittlinje samt fin textur och är i övrigt homogena och oskadade. Svårighetsgraden på sprickorna varierar men de är i båda fallen utbredda över i stort sett hela sträckan. Mätvärdena visar tydligt att MPD-värdet för höger spår ligger högre än de två övriga spåren. För väg 1019 är skillnaden mellan höger hjulspår och mitt 49 % medan motsvarande skillnad för väg 1538 är 14 % (sektion1) och 29 % (sektion 2). I fält observerades det som återspeglas i mätningarna, nämligen att sprickorna på väg 1019 är allvarligare än de på väg 1538. Storleken på förändringen i texturvärde verkar alltså bero på sprickornas svårighetsgrad. Ju svårare skadan är desto större blir skillnaden mellan skadad och oskadad mätlinje.

I tabell 6.16 kan utläsas MPD-medel, standardavvikelse, variationskoefficient samt procentuell skillnad mellan hjulspår och mitt för vägar där sprickor/krackeleringar förekommer. Skadorna för båda vägarna finns i höger hjulspår. Diagram 6.15 illustrerar hur texturvärdena varierar mellan de olika spåren.

***Tabell 6.16: Vägar med sprickor/krackeleringar.***

Vägnummer	Spår	MPD [mm]	Std [mm]	Var.koeff. [%]	Spår/Mitt [%]
<b>1019</b>	Vänster	0,58	0,09	15,22	1,8
Från: 999	Mitt	0,57	0,07	12,60	
Till: 1015	Höger	0,85	0,23	27,78	49,1
<b>1538 sek 1</b>	Vänster	0,55	0,06	10,91	-1,82
Från: 1541	Mitt	0,56	0,08	14,29	
Till: 1012	Höger	0,64	0,10	15,63	14,29
<b>1538 sek 2</b>	Vänster	0,61	0,08	13,11	0,00
Från: 1541	Mitt	0,61	0,07	11,48	
Till: 1012	Höger	0,79	0,18	22,78	29,51



**Diagram 6.15: MPD-värden för olika spår på vägar med sprickor/krackeleringar.**

Då enbart två objekt med sprickor har analyserats i skadeanalysen är värdena i tabell 6.16 endast tecken på att en förändring i texturvärde uppstår då sprickor finns i vägytan. Precis som i fallet med blödningar är antalet objekt för få för att en bedömning av gränsvärden för olika svårighetsgrader skall kunna göras. Frågan är också i fall sådana gränser är intressanta. En vägyta med många tvärgående sprickor ger ett stort utslag i texturvärdet medan en vägyta med många längsgående sprickor kanske ej ens kommer med i mätningen.

### **Lokala skador**

Ur diagrammen med texturvärden kan också enskilda toppar utläsas. Vad dessa toppar återspeglar är utifrån enbart diagrammen svårt att avgöra, däremot är det en indikation på att någon typ av lokal skada finns på ett kort parti på sträckan. I fältstudien kunde ett antal sådana fall noteras. I samtliga av dessa handlar det om ganska stora och tydliga skador, något som troligtvis måste förekomma för att det skall vara möjligt att utläsa dem ur diagrammen.

På väg 1017 finns tre toppar i diagrammet över texturvärdena som indikerar på att någon form av skada finns. I fält kunde konstateras att två av dessa är sprickor/krackeleringar i

höger hjulspår medan den tredje är sättningar och krackeleringar som sträcker sig tvärs vägen. Analys av dessa sektioner visar att MPD-värdena i alla tre fall är mer än 100 % högre än medelvärdet för respektive sträcka.

Då dessa lokala skadors utbredning kan variera blir själva värdet på texturen ointressant. Istället är det avvikelser från "normal"-värdet för sträckan som är intressant. Det är avvikelser som gör att skadan kan uppmärksammas i mätdata. För en skada vars utbredning endast är ett fåtal meter blir texturvärdet för själva skadan påverkat eftersom MPD-värdena är medelvärdesbildade över 20 m. En kort skadeutbredning ger mindre utslag än längre vid samma skadefall.

### ***Stensläpp***

Denna skada har eftersökts men ej kunnat urskiljas i mätdata. På ett par sträckor observerades vid okulärbesiktningen tydligt stensläpp. Den ena sträckan hade också andra typer av skador. Den andra var drabbad av stensläpp i mittskarven varför bedömningen är att detta ej kommit med vid mätning. För den allvarligt skadade sträckan gick det inte att isolera påverkan av stensläppet från alla de andra skadorna. Därför går det ej att ge några nya rön för korrelationen mellan stensläpp och textur.

## ***6.6 Resultat***

Resultaten från skadeanalysen visar att minst två typer av skador kan utläsas ur texturen mätt vid vägytemätning med Laser RST. De två typerna är blödningar och sprickor/krackeleringar. Även lokala skador kan utläsas ur mätningarna i fall de är tillräckligt stora och avvikande.

Skillnader i MPD-värde mellan olika svårighetsgrader har observerats. I denna studie har dock antalet objekt varit få, vilket innebär att inga exakta gränser vad gäller svårighetsgrader för olika skadetyper kan bestämmas

Analysen tyder på att vissa förutsättningar bör vara uppfyllda för att skador skall kunna identifieras med hjälp av texturmätningar. Dels bör vägen vara i bra kondition, d.v.s. förutom skadan skall få andra skador förekomma på vägen, och dels bör vägen vara så pass bred att körfälten är separerade med mittlinje

## 7. Slutsats

Textur är en parameter som med fortsatta studier sannolikt kan användas vid analys och bedömning av vägens tillstånd och funktion. Studien har givit en fingervisning i vilken riktning texturvärdena ligger samt vilka områden som kan vara intressanta för fördjupade studier. Ett samband mellan textur och vanligen förekommande skador på vägar har påvisats, vilket skapar möjligheter att identifiera och bedöma skador utifrån texturvärden.

Resultaten från objektsanalysen visar att en skillnad i texturvärde mellan olika beläggningstyper finns, framförallt är denna skillnad markant då ABT- och ABS-beläggningar jämförs. ABS-beläggningar har ungefär dubbelt så högt MPD-värde som ABT-beläggningar. Resultaten tyder också på att stenstorleken i massan har inverkan på texturvärdet. Inverkan är troligtvis större för ABS-beläggningar än för ABT-beläggningar. Förklaringen till detta finns i att stenen i ABS-beläggningar är mer framträdande och påverkar därmed MPD-värdet mer än vad stenen i ABT-beläggningar gör. Även penetrationstalet verkar ha betydelse för texturen. MPD-värdena förändrades då de i objektsanalysen ingående ABT-beläggningarna indelades efter denna parameter, dock var antalet objekt få för en del beläggningstyper varför detta bara kan ses som en trend.

Objektsanalysen har också givit resultatet att variation i textur förekommer. Detta gäller dels inom enskilda objekt men också mellan objekt med samma beläggning. Variationen inom ett enskilt objekt beror troligtvis i många fall på utförandet. Tillverkning, transport och utläggning av asfaltmassan har stor inverkan på den slutliga kvaliteten och dessa faktorer påverkar då i sin tur texturvärdet. En dålig kvalitet återspeglas i mätningarna som en stor variation i texturvärde. Skillnaderna i textur mellan objekt med samma beläggning kan troligtvis förklaras med att olika entreprenörer har utfört arbetet, något som även i vissa fall kan förklara variationen inom ett objekt.

Detta sammantaget leder till slutsatsen att ytterligare studier behövs för att mer exakt bestämma normala texturvärden för standardbeläggningar. Vid en sådan studie bör antalet objekt utökas, dels för att kunna bestämma tillförlitliga värden och dels för att öka antalet olika beläggningstyper.

En applikation av texturen skulle kunna vara homogenitetsmätningar. Detta skulle kunna ersätta nuvarande DOR-mätningar vilken använder en radioaktiv strålningskälla och är långsam metod för att undersöka beläggningars densitet. Att istället använda textur skulle vara ett nytt angreppssätt som skulle förenkla arbetet att kontrollera den så viktiga utförandekvaliteten. Att korrelation mellan DOR-mätningar och texturmätningar finns har kunnat påvisas vilket leder till slutsatsen att djupare studie kring detta verkar potentiellt.

Resultaten från skadeanalysen visar att identifiering av skador är möjlig med hjälp av värden från texturmätningar. I studien kunde två olika skadetyper, blödningar och sprickor/krackeleringar, identifieras. Även lokala skador kunde utläsas ur mätningarna i fall de var tillräckligt stora och avvikande. Detta öppnar för möjligheten att i framtiden utveckla arbetet och på så sätt kunna identifiera fler typer av skador så som stensläpp, potthål m.m.

En bedömning av skadornas svårighetsgrad är troligtvis också möjlig. Studien visade att skillnader i MPD-värde förekommer mellan olika svårighetsgrader varför det med ytterligare studier bör vara möjligt att definiera gränser för dessa.

Den arbetsmetod som använts har fungerat tillfredsställande och går att rekommendera till fortsatta studier. Skadeanalysen genomförs lämpligen genom studie av mätdata, dels med hjälp av åskådliggörande diagram över sträckorna och dels med hjälp av t.ex. medelvärdesbildningar. Ur dessa går det att finna skador som väl bryter från omgivande väg. För att idag kunna säkerställa skadans art och svårighetsgrad krävs dock en kompletterande okulärbesiktning. Beroendet av denna okulärbesiktning minskar dock om säkrare värden kan finnas med hjälp av en större studie. Vinsten idag med att göra en skadeanalys från texturmätningarna är att man från detta kan lokalisera partier som troligen är skadade, vilket är klart tids- och kostnadsbesparande.

Vissa förutsättningar bör dock vara uppfyllda för att skador skall kunna identifieras med texturmättet. Primärt är att vägen ej får vara i för dåligt skick. Är den drabbad av en stor mängd skador av olika art uppstår det så mycket variationer i texturen att inget enskilt går att tyda ur mätvärdena. Det man möjligen kan se ur den stora variationen är att vägen är i allmänt dåligt skick, dock behöver en stor variation inte automatiskt betyda att vägen är dålig. Vägens bredd samt mätfordonets placering på vägen är också avgörande för att skada skall kunna identifieras. Detta mycket beroende på att texturen mäts i tre linjer vilket gör att en del skador kan komma utanför mätområdet. Uppfylls dessa kriterier syns skadorna tydligt i mätningarna.

## ***8. Diskussion och rekommendationer***

Metoden som användes för att finna normala texturvärden för olika beläggningar kan diskuteras. Utförandekvaliteten på de i studien använda objekten varierade vilket gjorde det svårt att finna representativa värden. Medelvärdena för de olika beläggningar som nu är framtagna har nästan alla höga variationskoefficienter vilket gör dem något osäkra. Skall denna metod ändå användas vid ett fortsatt framtagande av typiska texturvärden bör vissa justeringar göras. Det viktigaste är att kvaliteten på objekten är hög. För att kontrollera detta kan uppgifter om tillverkning, transport och utläggning samlas in för att på så sätt kunna avgöra om något moment har utförts mindre bra. Ett alternativ till detta kan vara att enbart basera medelvärdena på objekt där det direkt kan ses att kvaliteten är god, exempelvis genom att studera standardavvikelser. Dock skall poängteras att det är viktigt att undersöka var gränsen går för "normal" variation. Vid god utförandekvalitet är kanske trots allt variationen i textur hög.

Skall texturvärden beräknade som RMS-värden användas måste RMS-värdet kunna jämföras med MPD-värdet. Någon bra metod för jämförelse finns dock inte i dagsläget varför första steget måste bli att ta fram en sådan. Först därefter kan "gammal" mätdata användas i beräkningarna.

En alternativ metod för att beräkna normala beläggningstypiska texturvärden kan vara att enbart basera värdena på objekt där man har full insyn i arbetet. Metoden skulle i sådana fall innebära att ett samarbete med olika entreprenörföretag upprättades. Lämpliga sträckor där beläggningsarbete är tänkt att utföras väljs ut och därefter studeras alla delar i arbetsprocessen. På så sätt kan kontroll av exempelvis transport, utläggning, packning m.m. göras vilka sedan kan ställas mot de krav som ställs vid beläggningsarbete. Uppfylls alla kraven bör sträckan vara av god kvalitet och därmed ha ett texturvärde som är representativt för beläggningstypen i fråga. Då behöver ej heller ett stort antal objekt studeras.

Skadeanalysen gav erfarenheter vad gäller arbetsmetod. Från början okulärbesiktigades vägsträckorna innan texturvärdena ifrån mätningarna analyserades. Ett bättre arbetssätt var dock att först identifiera sträckor med potentiella skador utifrån texturmätningarna och därefter okulärbesiktiga dessa. Denna metod kändes mer effektivt och då man i framtiden lär sig att tolka texturvärdena bättre kan metoden bli ännu effektivare.



## *Referenser*

- Aalborg Nielsen, H, Madsen, H, (2003), "Teksturdata till beräkning af friktionsvärder – anvendelse på vejoverflader?", Vejteknisk Institut, ISBN: 87-91177-17-0
- ASTM International (American Society for Testing and Materials ), ASTM E1845-01.
- ATB Väg 2004 (Publikation 2004:111), Vägverket
- Blom, G (2002), "Sannolikhets teori och statistikteori med tillämpningar", Lund, Studentlitteratur, 4:e upplagan, ISBN: 91-44-03594-2
- Dahlstedt, S (2001), "Bedömd vägojämnhed på vägar med låga IRI-värden", VTI rapport 474-2001, Linköping, ISSN: 0347-6030
- Ekdahl, P (2003), "Handbok i vägytemått – en hjälp på vägen", Scandiaconsult Sverige AB, RST Sweden
- Ekdahl, P (2005), "Vad menas med vägytemätning?", Föreläsning LTH 2005-10-31, Ramböll RST
- Forsberg, I, Göransson, N-G (2000), "Tillståndsmätning av observationssträckor med Laser RST", VTI notat 12-2000, Linköping
- Gillespie, T. D. (1992), "Everything You Always Wanted to Know about the IRI, But Were Afraid to Ask", The University of Michigan Transportation Research Institute
- Ihs, A, Magnusson G (2000), "Betydelsen av olika karakteristiska hos beläggningssytan för trafik och omgivning", VTI notat 71-2000, Linköping
- International Organisation for standardization "Characterization of pavement texture by use of surface profiles (ISO 13473-1), 2002
- Karamihas, S. M, Sayers, M. W (1996), "Interpretation of road roughness profile data", Federal Highway Administration, Contract DTFH 61-92-C00143
- Karamihas, S. M, ([stevemk@umich.edu](mailto:stevemk@umich.edu)), "International Roughness Index (IRI)", <http://www.umtri.umich.edu/erd/roughness/iri.html>, Nerladdat 2005-08-25.

“Kompendium Vägbyggnad” (2003), LTH, Inst. För Teknik och Samhälle, Avd. Vägbyggnad.

Nagelhout, M, Wennink, P.M, Gerritsen, W. “Detection of ravelling”, KOAC-WMD, Nederländerna.

Nagelhout, M, Wennink, M, ([nagelhout@koac-npc.nl](mailto:nagelhout@koac-npc.nl)), “Detecting Ravelling”, <http://www.koac-npc.nl/webbits/site/UK/Page.asp?PageID=3902>, Nerladdat 2005-09-09.

Raaberg, J, Schmidt, B, Berndtsen H (2001), ”Technical Performance and Long-Term Noise Reduction of Porous Asphalt Pavements”, Danish Road Institute, Roskilde, ISBN:87-90145-90-9

Schmidt, B (1999), ”Friktionsmålningar – Sammenlignende målninger mellem ROAR og Stradograf”, Vejteknisk Institut, Rapport 90, ISBN: 87-90145-62-3

Sjögren, L, Lundberg, T, Andrén, P (2002), ”Nya mått; ett underlag för en utvecklingsstrategi inom området vägytemätningar”, VTI notat 23-2002, Linköping

VVMB 107:2001 (Publikation 2001:29), ”Bestämning av ojämnheter och tvärfall med rätskiva”, Vägverket

VVMB 115:2004 (Publikation 2004:64), ”Vägytemätning med mätbil; vägnätsmätning”, Vägverket.

VVMB 116:2004 (Publikation 2004:65), ”Vägytemätning med mätbil; objektmätning”, Vägverket.

Wright, A, Viner, H, Christie, C, ”Automatic real-time identification of road surface type from the texture profile”, TRL Ltd.

Wågberg, L-G (2000), ”Topp och belägg”, Svenska kommunförbundet, VTI och Vägverket, Stockholm, ISBN: 91-7099-922-8

Wågberg, L-G (2003), ”Bära eller brista”, Svenska kommunförbundet, VTI och Vägverket, Stockholm, ISBN: 91-7289-172-6

## Bilaga 1 – Sammanställning av objekt.

Objektnr.	Delsträcka	Lokalisering	Mättningsår	Beläggning	Total längd [m]
10914		Guövik - Äryd k:a	2004	60 ABT 16 B160/220	2528
11257		Rydsrondellen - Tiftrondellen	2004	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	17691
11263		Skönberga - Hösterum	2004	80 ABT 16 B70/100 kkv<12	16449
13446		Hogdal - Skogar NG/SG	2005	38 TSK 11 B70/100 kkv<9	25025
13964		Ölmstad - Galgen	2005	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	17895
13979		Kaxholmen - Skärstad	2005	60 ABS 11 B70/100 kkv<9	3692
				70 ABT 16 B70/100 kkv<9	5752
14003		Brandstorp - O-länsgräns	2005	60 ABS 16 B70/100 kkv<12	8578
14023		Förfart Örkelljunga Etapp 3 NG/SG	2005	90 ABS 16 B70/100	59914
14024		Förfart Örkelljunga NG/SG	2005	90 ABS 16 B70/100	20712
				80 ABS 11 B70/100, Rv24	5098
14109		Hok - Stigamo	2005	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	22933
14110		Värnamo - Nydala	2005	65 ABT 16 B70/100 kkv<12	47138
14139		Hestra - Österbymo	2005	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	12103
				40 ABT 11 B70/100 kkv<9	22901
14419		Alseda - Järnforsen	2005	100 ABT 16 70/ 100	32078
14677		Habo S - Habo N	2005	60 ABS 16 B70/100 kkv<12	5429
14678		Myresjö - Gransbo	2005	70 ABT 16 B70/100 kkv<9	6522
14680		Valdemarsvik - Fyrudden	2005	60 ABT 16 B70/100 kkv<12	38500
14681		Kungsbro - Haurida	2005	70 ABT 16 B160/220 kkv<12	13659
14682		Västerkärr - Broholm	2005	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	13279
14683		Slättäng - O-länsgräns Väg 47	2005	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	5587
14684		Slättäng - O-länsgräns Väg 26	2005	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	3958
14685		Tallberga - Ås	2005	80 ABT 16 B70/100 kkv<12	7548
14686		Lissebro - Alvesta	2005	?? ABT 16 B160/220kkv<12	13945
14689		Lanna - Kulltorp	2005	40 ABT 11 B70/100 kkv<12	9794
				70 ABT 16 B70/100 kkv<9	1753
14693		Fällinge - Reftele	2005	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	17370
14694		Järnforsen	2005	100 ABT 16 70/100	8031
14794		F17 Källinge, Landningsbana			18351
		Drag 1 &2	2005	72/73 ABTS 11 70/100	
		Drag 3&4	2005	72/73 ABTS 11 70/100	
		Drag 5&6	2005	72/73 ABTS 11 70/100	
		Drag 7&8	2005	72/73 ABTS 11 70/100	
14813		Linneryd - Nöbbele	2005	94 ABS 11 70/100	15987
14835		Arvidsjaur Flygplats, Landningsbana			4128
		Drag 1 &2	2005	92 ABT 11 160/220	
		Drag 3&4	2005	92 ABT 11 160/220	
		Drag 5&6	2005	92 ABT 11 160/220	
		Drag 7&8	2005	92 ABT 11 160/220	
14836		Lycksele flygplats			11980
		Drag 1 &2	2005	92 ABT 16 160/220	
		Drag 3&4	2005	92 ABT 16 160/220	
		Drag 5&6	2005	92 ABT 16 160/220	
		Drag 7&8	2005	92 ABT 16 160/220	
		Drag 9&10	2005	92 ABT 16 160/220	
14878		Sätenäs flygplats, Landningsbana			18075
		Drag 1 &2	2005	92 ABTS 11 70/100	
		Drag 3&4	2005	92 ABTS 11 70/100	
		Drag 5&6	2005	92 ABTS 11 70/100	
		Drag 7&8	2005	92 ABTS 11 70/100	
15167		E4.04 - Vreta Kloster	2005	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	9973
15170		Gulltorp - Kisa	2005	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	6140
15251		Förbi Ädelfors	2005	100 ABT 16 B70/100 kkv<9	1771
15252		Söder Mullsjö	2005	70 ABS 16 B70/100 kkv<9	1637
15253 Norra		Infart Habo Norra	2005	60 ABT 11 B70/100 kkv<9	1189
15253 Södra		Infart Habo Södra	2005	60 ABT 11 B70/100 kkv<9	760
220406-10		Grönadal - Djuramåla	2004	45 TSK 16 kkv <9	17840
220406-18		Skänninge	2004	60 ABT 11 B70/100 kkv<12	5480
220406-20		Krokavadet - Stolpen	2004	75 ABT 16 B160/220 kkv<12	19460
220407-01		Rydaholm - Horda	2004	60 ABS 16 B70/100 kkv<9	10580
220407-03		Nydala - Boda	2004	60 ABT 16 B70/100 kkv<12	12840
220407-04		Lekeryd - Kungsbro	2004	80 ABT 16 B160/220 kkv<12	16204
220407-05		Knivingsaryd - Alsterbro	2004	60 ABT 16 B160/220 kkv<12	7580
220407-08		Klövåla - Målilla	2004	70 ABT 16 B70/100kkv<9	15778
220407-10		Anderstorp - Gisaved	2004	60 ABS 11 B70/100 kkv<6	10900
220407-11		Torsås - Bergkvara	2004	60 ABS 11 B70/100 kkv<9	7959
220407-12		Skogsby - Björnhovda	2004	60 ABS 11 B70/100 kkv<9	5793