

# Objektiv mätning av ytskador och sprickor i vägytan

Vägytemätning med skannande laserteknik

**vti**

Thomas Lundberg  
Christian Glantz  
Thomas Wahlman  
Peter Andrén

VTI rapport 1055  
Utgivningsår 2020  
[vti.se/publikationer](https://vti.se/publikationer)



# **Objektiv mätning av ytskador och sprickor i vägytan**

## **Vägytemätning med skannande laserteknik**

Thomas Lundberg

Christian Glantz

Thomas Wahlman

Peter Andrén

Författare: Thomas Lundberg (VTI), Christian Glantz (Ramboll), Thomas Wahlman (Ramboll),  
Peter Andréén (VTI)  
Diarienummer: 2016/0242-9.1  
Publikation: VTI rapport 1055  
Utgiven av VTI, 2020

---

## Referat

---

Den tillståndsmätning av de statliga vägarna som görs i Sverige idag ger inte en tillräckligt allsidig beskrivning av skadeläget för att kunna välja sträckor som är i behov av underhåll. Den information som vi saknar rör vägytans skick. Det kan vara sprickor eller andra ytskador som t.ex. stensläpp. I denna studie har 27 dubbelriktade sträckor valts ut. Sträckorna har i olika grad ett skadeläge i ytskiktet som identifierats som ”i behov av underhåll” av Trafikverkets beläggningsingenjörer. Sträckorna är mätta med ett mätsystem som är heltäckande (HTL, heltäckande lasermätning) över körfältet och som jämförelsegrund har också en okulär inventering gjorts av skadeläget. Vi ser att den objektiva HTL-mätningen har god uppprepbarhet avseende sprickor och stensläpp. Vid jämförelse med den subjektiva bedömningen finns det sträckor där identifieringen av ytskadorna stämmer väl överens men även motsatsen. För att en HTL-mätning ska ge användbar information om sprickor och ytskador krävs erfarenhet och arbete med att trimma in parametrar i analysprogramvaran.

<b>Titel:</b>	Objektiv mätning av ytskador och sprickor i vägytan. Vägytemätning med skannande laserteknik
<b>Författare:</b>	Thomas Lundberg (VTI, <a href="http://www.orcid.org/0000-0002-9893-0067">www.orcid.org/0000-0002-9893-0067</a> ) Christian Glantz (Ramboll) Thomas Wahlman (Ramboll) Peter Andréén (VTI, <a href="http://www.orcid.org/0000-0002-4317-6351">www.orcid.org/0000-0002-4317-6351</a> )
<b>Utgivare:</b>	VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut <a href="http://www.vti.se">www.vti.se</a>
<b>Serie och nr:</b>	VTI rapport 1055
<b>Utgivningsår:</b>	2020
<b>VTI:s diarienumr:</b>	2016/0242-9.1
<b>ISSN:</b>	0347-6030
<b>Projektnamn:</b>	Hållbart underhåll – ytskador
<b>Uppdragsgivare:</b>	Trafikverket
<b>Nyckelord:</b>	Vägytemätning, Tillståndsmätning av vägar, Sprickor, Krackeleringar Ytskador, Stensläpp, Blödning, Potthål, Slaghål, Åldrad beläggning, Lappning, Materialförlust, Beläggningsunderhåll
<b>Språk:</b>	Svenska
<b>Antal sidor:</b>	110 inklusive bilagor

---

## Abstract

---

As condition measurements carried out on the Swedish national road network currently do not provide a sufficiently comprehensive description of all types of distress, it is difficult to select the sections most in need of maintenance. This lack of information concerns mainly pavement surface condition parameters such as cracking and ravelling. In this study, twenty-seven two-way road sections with varying degrees of pavement surface distress were selected. All sections were identified as "in need of maintenance" by engineers from the Swedish Transport Administration. The sections were objectively measured using a system that covered the full lane width. For comparison purposes, a subjective condition inventory was also done. We found that the objective lane-wide measurements had good repeatability with respect to cracking and ravelling. When comparing the objective and subjective inventories, some sections correlated well whereas some hardly correlated at all. In order for a lane-wide measurement to provide useful information on cracking and other forms of surface distress, our conclusion is that more experience and a better understanding of how to adjust the parameters in the analysis software is needed.

<b>Title:</b>	Objective measurement of surface defects and cracks in the road surface. Road surface condition measurement with scanning laser technique
<b>Author:</b>	Thomas Lundberg (VTI, <a href="http://www.orcid.org/0000-0002-9893-0067">www.orcid.org/0000-0002-9893-0067</a> ) Christian Glantz (Ramboll) Thomas Wahlman (Ramboll) Peter Andrén (VTI, <a href="http://www.orcid.org/0000-0002-4317-6351">www.orcid.org/0000-0002-4317-6351</a> )
<b>Publisher:</b>	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) <a href="http://www.vti.se">www.vti.se</a>
<b>Publication No.:</b>	VTI rapport 1055
<b>Published:</b>	2020
<b>Reg. No., VTI:</b>	2016/0242-9.1
<b>ISSN:</b>	0347-6030
<b>Project:</b>	Sustainable maintenance - surface defects
<b>Commissioned by:</b>	The Swedish Transport Administration
<b>Keywords:</b>	Road Surface Measurement, Condition Measurement of Roads, Cracks, Alligator cracks, Surface Defects, Raveling, Bleeding, Pothole, Aged Coating, Patching, Material Loss, Coating Maintenance
<b>Language:</b>	Swedish
<b>No. of pages:</b>	110 including appendices

---

## Förord

---

Trafikverket har finansierat detta projekt med Fredrik Lindström som handläggare. Projektet ligger inom branschprogrammet BVFF ([www.bvff.se](http://www.bvff.se)). VTI och Ramboll har också bidragit till projektet genom egen finansiering.

Detta projekt är utfört genom ett samarbete mellan VTI och Ramboll. Ansvarsuppdelningen har i huvudsak varit att Ramboll utfört mätningar, beräknat mätstorheter och rapporterat de delar man ansvarat för även om de också gett uppslag till och stöttat analysarbetet som varit VTI:s ansvarsområde. Ett projekt som inkluderar studier i fält är mycket lärorikt och utvecklande samtidigt som det bidrar till att öka förståelsen för den komplexitet och det omfång som omfattas av ytskador.

Ett stort tack till Terratec och WSP som bidragit med såväl mätningar som rapporter. Deras mätningar visar att det finns olika sätt att samla in information, om framförallt sprickor, på vägnätet.

Linköping, juni 2020

*Thomas Lundberg*  
*Projektledare*

*Foto: Samtliga bilder tagna av Thomas Lundberg, VTI, om inte annat anges.*

---

## Kvalitetsgranskning

---

Intern och extern peer review har genomförts i maj 2020 av Anita Ihs, VTI och av Fredrik Lindkvist, Trafikverket i mars 2020. Thomas Lundberg har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Maria Mäkitalo har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 18 juni 2020. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

---

## Quality review

---

Internal and external peer review was performed in May 2020 by Anita Ihs, VTI and in March 2020 by Fredrik Lindström, Trafikverket. Thomas Lundberg has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Maria Mäkitalo examined and approved the report for publication on 18 June 2020. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

---

## Innehållsförteckning

---

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>9</b>
<b>Summary .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>13</b>
1.1. Bakgrund.....	13
1.2. Syfte .....	14
1.3. Avgränsningar.....	14
<b>2. Begrepp .....</b>	<b>15</b>
<b>3. Utblick i omvärlden.....</b>	<b>23</b>
<b>4. Deltagande mätsystem .....</b>	<b>25</b>
4.1. LCMS – RST57 från Ramboll .....	25
4.2. VTIRST från VTI.....	26
4.3. Mätning med två alternativa system .....	28
<b>5. Mätning .....</b>	<b>30</b>
5.1. Okulär inventering .....	30
5.1.1. Beskrivning av metodik .....	30
5.1.2. Genomförande av okulär inventering .....	31
5.2. Okulär inventering av LTPP-sträckan i Marieholm.....	32
5.3. Mätning med heltäckande laser.....	33
5.4. Mätning med gamla tekniken – punktlaser .....	34
5.5. Mätning med två alternativa system .....	35
<b>6. Metod.....</b>	<b>37</b>
6.1. Testprogram .....	38
6.2. Analysansats.....	38
6.3. Analysinställningar för HTL-mätning.....	39
<b>7. Utvärdering och analys.....</b>	<b>42</b>
7.1. Repeterbarhet .....	42
7.1.1. Mätning av sprickor och krackeleringar .....	42
7.1.2. Stensläpp, åldrad beläggning och materialförluster .....	48
7.1.3. Blödning.....	51
7.1.4. Potthål/slaghål.....	51
7.2. Validitet.....	51
7.2.1. Mätning av sprickor och krackeleringar .....	52
7.2.2. Stensläpp, åldrad beläggning och materialförluster .....	64
7.2.3. Blödning.....	67
7.2.4. Potthål/slaghål.....	67
7.2.5. Sammansatt index .....	67
<b>8. Sammansatt index från punktlasermätning .....</b>	<b>69</b>
8.1. Underhållsindex från vägytemätning .....	69
8.2. Inventeringsindex från okulär inventering .....	74
8.3. Jämförelse av underhållsindex och inventeringsindex.....	76
<b>9. Slutsatser .....</b>	<b>78</b>
<b>10. Diskussion – hur går vi vidare? .....</b>	<b>79</b>

<b>Referenser .....</b>	<b>81</b>
<b>Bilaga 1 – Instruktioner för deltagare .....</b>	<b>83</b>
<b>Bilaga 2 – Prioritering av underhållsbehovet för sträckor bedömt utifrån sprickor och krackeleringar .....</b>	<b>87</b>
<b>Bilaga 3 – Prioritering av underhållsbehovet för sträckor bedömt utifrån stensläpp .....</b>	<b>89</b>
<b>Bilaga 4 – Beskrivning av sträckor som ingår i testet .....</b>	<b>91</b>
<b>Bilaga 5 – Beräkningsmetod LCMS .....</b>	<b>95</b>
<b>Bilaga 6 – Jämförelse av sprucken yta mellan tre objektiva mätsystem. ....</b>	<b>97</b>
<b>Bilaga 7 – Frågor om sprickor och ytdefekter .....</b>	<b>103</b>
<b>Bilaga 8 – Slutrapport från WSP .....</b>	<b>105</b>
<b>Bilaga 9 – Slutrapport från Terratec.....</b>	<b>107</b>
<b>Bilaga 10 – Sammanställning av resultat från enkätundersökning i Europa .....</b>	<b>109</b>

---

## Sammanfattning

---

### Objektiv mätning av ytskador och sprickor i vägytan. Vägytemätning med skannande laserteknik

av Thomas Lundberg, (VTI), Christian Glantz (Ramboll), Thomas Wahlman (Ramboll) och Peter Andréén (VTI)

Att vidmakthålla och underhålla vårt vägnät har fått större betydelse under senare tid då utbyggnaden av ny infrastruktur främst inriktar sig på ombyggnad eller stadsnära satsningar för trängselfrågor. Stora delar av vägnätet är redan utbyggt. Vägnätet är och kommer att vara en viktig förutsättning för Sveriges fortsatta utveckling. Ekonomiska överväganden och prioriteringar måste göras vid valet av vilka vägar som ska underhållas. Prioriteringen bör i första hand göras utifrån en objektiv tillståndsbeskrivning av vägnätet som är tillräckligt allsidig för att få en rättvis och enhetlig bedömning i olika regioner. Som hjälp för val av underhållsobjekt finns Trafikverkets underhållsstandard. Trafikverket använder tre av fyra mätstorheter i underhållsstandarden för val av objekt, nämligen jämnhet i längsled och tvärlängd (IRI och spår djup) och strukturella problem (kantdjup). Den fjärde mätstorheten är textur (MPD). Ungefär 60 % av de sträckor som väljs för underhåll förklaras med att vägarna har ett tillstånd som gör att en underhållsinsats bör göras enligt standarden. En stor del av återstående 40 % åtgärdas på grund av ytskador och sprickor. Här behöver vi en objektiv beskrivning.

Sverige har ingen enhetlig strategi för hur vägnätet ska bedömas med avseende på ytskador och sprickor. Mycket kunskap finns förstås hos beläggningsingenjörerna som arbetar med val av underhållsobjekt, men att överblicka vägnätets status inom ett helt arbetsområde är svårt utan en objektiv tillståndsbeskrivning. I stora delar av övriga Europa har man börjat använda automatiska metoder för att detektera sprickor och andra ytskador. Den mest förekommande metoden är användning av ett mätsystem från Pavemetrics, LCMS (Laser Crack Measurement System). Även i länder som inte använder en objektiv metod finns ofta en strategi för hur skadorna ska bedömas subjektivt. I vissa fall används en kombination av objektiv mätning och subjektiv bedömning för att rensa bort falska objektiva registreringar och i andra fall använder man enbart en subjektiv bedömning. Man har oftast en strategi för hanteringen av ytskador och sprickor på ett mer tydligt sätt än i Sverige.

I denna studie har vi undersökt ett LCMS-system med syftet att se hur det kan detektera sprickor och stensläpp. 27 dubbelriktade teststräckor har valts ut bland Trafikverkets åtgärds-kandidater där sprickbildning eller ytskador framhålls som orsak till valet. Resultatet visar att LCMS-systemet har en god repeterbarhet, vilket är en förutsättning för att använda en objektiv metod. Vidare jämför vi resultatet med en subjektiv bedömning som är gjord av en erfaren bedömare. Eftersom vi inte kan få samma variabler från den subjektiva och objektiva metoden har en sammanvägning av resultatet gjorts per sträcka. De olika sträckorna har sedan rangordnats med avseende på sprickor och stensläpp, separat för den subjektiva och objektiva metoden. Jämförelsen av hur metoderna rangordnar sträckorna visar ömsom bra överensstämmelse och ömsom sämre. Det vi kan se är att tydliga sprickor fångas mycket väl av systemet medan ytor med både sprickor och stensläpp och/eller grov struktur ger en sämre överensstämmelse. Ytans struktur tolkas i dessa fall som flera små sprickor. Detta går troligen att råda bot på genom att justera parametrar i analysystemet. Det svåra är att hitta en inställning som kan användas universellt för alla beläggningstyper. Så långt har vi inte kommit i detta projekt. Jämförelsen av stensläpp mellan den subjektiva och objektiva metoden ger ungefär samma resultat som för sprickmätningen, ett blandat resultat med både bra och dålig överensstämmelse. För att få en fungerande produkt bör man lägga resurser och fokus på att trimma in analysen.

Vidare har vi också jämfört LCMS-systemet med två alternativa system. Även om de tre systemen som jämförs inte ger en lika stor andel sprucken yta ser vi att områden med kraftig sprickbildning fångas av alla system, vilket är positivt i bedömningen av systemens användbarhet.

För framtiden bör fler av de mätstorheter som samlas in användas i kombination med en ny objektiv metod. Vi syftar då framförallt på mätning av textur (MPD och megatextur) och lokala ojämnheter. Även om denna mätning inte täcker hela vägbanan så ger den en bra uppskattning från de viktigaste delarna, i hjulspåren (kontaktpunkten mellan fordon och vägbanan). Detta tillsammans med ett bättre intrimmat analysprogram bör prioriteras i framtiden. Det arbete som utförs av en erfaren beläggningsingenjör kommer dock även fortsättningsvis att vara svårt att ersätta. Vi tror att en objektiv metod endast kommer att utgöra ett första steg i valet av underhållsobjekt, där beläggningsingenjören ändå måste inspektera objektet på vägen eller från kontoret (från de bilder som tas), för den slutliga prioriteringen.

---

## Summary

---

### **Objective measurement of surface defects and cracks in the road surface. Road surface condition measurement with scanning laser technique**

by Thomas Lundberg (VTI), Christian Glantz (Ramboll) Thomas Wahlman (Ramboll) Peter Andréén (VTI)

To preserve and maintain road infrastructures has become more and more important. As the majority of the road network has already been constructed, work on the infrastructure has shifted from new construction to remodelling or urban-related investments needed to resolve congestion issues. The road network is and will remain important for the continued development of Sweden. Economic considerations and priorities must be made when choosing which roads to maintain. As far as possible, prioritisation should be based on an objective description of the road network that is sufficiently detailed to obtain a fair and uniform valuation. To support the selection of maintenance objects, the Swedish Transport Administration's (STA) maintenance standards are used. The STA uses three of four indices in the standard to select objects, namely evenness in longitudinal and transverse direction (IRI and rut depth), and structural problems (edge depth). Approximately 60% of the sections chosen for maintenance can be attributed to the maintenance standards. A large part of the remaining 40% is maintained due to surface damages and cracking. For this part, an objective description is needed.

In Sweden, there is no uniform strategy for how the road network should be assessed regarding surface damage and cracking. Paving engineers who work with the selection of maintenance objects have a great deal of knowledge, but to assess the status of the roads within an entire work area is difficult without an objective description of the condition. In many parts of Europe, automatic methods are being used to detect cracking and other surface damages. The most common method uses the LCMS (Laser Crack Measurement System) from Pavemetrics. Even if an objective method is not employed (in other countries), we often find strategies for how subjective damage assessment should be performed. In some cases, objective measurements are combined with subjective assessments to eliminate false registrations. In other cases, nothing more than a subjective assessment is used. Most countries seem to have a strategy for handling surface damage and cracking in a more structured way than what is currently available in Sweden.

In this study, an LCMS was tested to see how well it could detect cracks and ravelling. Twenty-seven two-direction test sections were selected from the STA's maintenance candidates, where cracking or surface damage was emphasised as the cause of the choice. Results showed that the LCMS had good repeatability, which is necessary for its use as an objective method. Furthermore, we compared the results with the subjective assessment that was made by an experienced assessor. Since we could not get the same variables from the subjective and objective methods, a weighting of the results was applied per section. The different sections were then ranked with respect to cracking and ravelling. The ranking was made separately for the subjective and objective methods. The comparison of how the methods ranked the sections showed good agreement in some cases, and the opposite in other. The cases with good agreement had distinct cracking. However, the results for surfaces with cracking, ravelling and/or rough texture were less successful. Rough surface texture was often interpreted as several small cracks. This could probably be corrected by adjusting parameters in the analysis software. The difficulty is finding a setting that can be used for all surface types. We have not reached that point in this project. Comparisons between the subjective and objective methods, for sections with only ravelling, gave a similar result to the cracking measurement. To get a more functioning product, focus and resources should be made available to fine-tune the analysis. Furthermore, we also compared the LCMS with two alternative systems. Although the three systems did not give an equal

result of percent cracked surface, we saw that areas with strong cracking were captured by all systems, which is positive.

For the future, current indices should be used in combination with the objective new method. We are primarily thinking of texture measurement (MPD and mega texture) and local roughness. Although this measurement does not cover the entire road surface, it gives a good estimate of the most important parts, such as in the wheel tracks (the contact point between the vehicle and the road surface). This, together with fine-tuning of the parameters in the analysis software, should be prioritised. We must also mention that the work done by an experienced paving engineer is probably difficult to replace. For this reason, we believe that an objective method is only a first step in the choice of maintenance objects. Paving engineers must still go out on the road for an inspection or use a system for in-office inspection.

---

# 1. Inledning

---

## 1.1. Bakgrund

Kostnaden för Trafikverkets underhåll av belagda vägar är drygt 3 miljarder kronor årligen och utöver det är kostnaden för åtgärdande av skador i storleksordningen en kvarts miljard kronor. Lite drygt hälften av de underhållsåtgärder som utförs på det statliga vägnätet kan förklaras med dagens objektiva vägytemätning. Av de objektiva mätstorheter som mäts används endast tre för att bedöma tillståndet, IRI (International Roughness Index, ojämnheter i längsled), spårdjup (ojämnheter i tvärlid och spårbildning) och kantdjup (strukturella problem). Det finns flera andra orsaker som triggar en åtgärd bl.a. ytskador och sprickbildning. Dessa egenskaper bestäms idag subjektivt genom okulär inventering, från ett fordon. Subjektiv bedömning kan ske på olika sätt och med olika förutsättningar, där flera externa faktorer spelar in på resultatet, t.ex. fuktig vägyta, dis och dimma och inte minst ljusförhållanden. I motljus kan sprickor vara mycket svåra att upptäcka och i medljus det motsatta. En fuktig upptorkande vägyta kan förstärka intrycket av hur svår defekten är. Det är dock inte odelat negativt med en subjektiv bedömning, en van bedömare med djupa kunskaper kan väga in mycket annat än bara ytans skick när hen avgör om en väg är i behov av underhåll. Målet för Trafikverket måste ändå vara att via en första selektering från objektiva data hitta de sträckor som har störst behov av underhåll.

Den teknik som används vid vägytemätning idag (2018/2019) är en laserbaserad mätteknik med 17 mätpunkter som täcker en bredd av 3,2 m. Tre av dessa lasrar är ämnade för att beskriva vägytans struktur. En vägyta i god kondition har en homogen struktur. Det finns visserligen en naturlig variation hos alla vägytor men är variationen tillräckligt stor har det oftast en annan förklaring, t.ex. en skada eller defekt. Med tre mätpunkter som kan mäta strukturen begränsas möjligheten att hitta skadade ytor. Den nya kommande tekniken, som används i stora delar av världen, möjliggör att hela vägytan skannas. Det finns flera olika utrustningar med möjligheten att samla in en 4 m bred profil med hög upplösning i alla tre dimensioner. Med start 2020 kommer också Trafikverket att börja använda tekniken som bygger på heltäckande lasermätning (HTL).

Insikten av att en objektiv metod för ytskador och sprickor behövs har funnits länge. Redan i början av 1990-talet fanns ett Vägverksfinansierat projekt med syfte att utveckla en metod för att detektera sprickor. Planerna beskrivs i en rapport från 1991 (Arnberg, et al., 1991). Utvecklingen byggde på bildbehandling från filmning av en belyst vägyta där man ville kombinera bildbehandling och punkt-lasermätning. Sprickans utbredning fångades med bildbehandling och sprickans djup med lasern. Man kom ganska långt med tekniken men den fick ingen riktig genomslagskraft i Sverige. Tekniken utvecklades som ett samarbete mellan VTI, OPQ Systems och RST/Ramboll och benämndes Pavue och sedermera dPavue när bilderna samlades in digitalt. Det ska nämnas att tekniken som används idag är väldigt lik den gamla men med den skillnaden att teknikutvecklingen möjliggör bättre upplösning och noggrannhet som i kombination med bättre datorkapacitet gör att det numera är ett alternativ som används i många länder.

I rapporten *Condition indicators related to performance and impact* (Nuijten & Huibregtse, 2013) från EU-projektet TRIMM (Tomorrow's Road Infrastructure Monitoring and Management) beskrivs olika egenskaper som en vägghållare är i behov av för att mäta funktion för planering av underhåll. I rapporten pekas egenskaper ut som vid den tidpunkten inte hade en etablerad mätteknik. Teknik för mätning av sprickor och ytdefekter är två av dessa.

Makrotexturmätning (MPD, Mean Profile Depth) är en direkt mätning av ytans struktur men att få en säker tolkning av skicket för en så komplex yta med ett så enkelt geometriskt mått är svårt. Ett sätt är att se på homogeniteten eller variationen i MPD-resultatet längs en sträcka, och ett annat är att se på förändringar mellan årsvisa mätningar av MPD. Det finns svårigheter med båda varianterna, speciellt

med tanke på att våra vägar ständigt lappas och lagas där ytstrukturen på lappningen skiljer sig från originalbeläggningens struktur.

Idag använder Trafikverket stödsystemet PMS-beläggning för planering och uppföljning av underhåll på det statliga vägnätet. I systemet förs planerade åtgärder in och orsaker till att en åtgärd ska utföras beskrivs. Systemet är ett internt planeringssystem för Trafikverket. Valet av sträcka baseras på en kombination av objektiv vägytedata och okulär inventering. Vägytedata tillgängliggörs i Trafikverkets beslutsstödsystem PMSv3 (Pavement Management System version 3) där en selektering av sträckor som inte uppfyller Trafikverkets underhållsstandard (Trafikverket, 2012-A) kan utföras. Den okulära inventeringen utförs av beläggningsspecialister, i huvudsak från fordon. Enligt PMS-beläggning görs ungefär 60 % av selekteringen av underhållsobjekten med stöd från underhållsstandarden vilket bygger på objektiv vägytemätning. Detta beskrivs i ett kommentarsfält i PMS-beläggning som anger orsaken till selekteringen. På de selekterade underhållsobjekten har (oftast) endast delar av sträckan en standard sämre än underhållsstandarden. Om vi ser till samma förklaringsfält i PMS-beläggning så förklaras övrig selektering av sprucken yta i ungefär 0,5 % av fallen, ytskador, ålder och stensläpp står för nästan 17 % och posten ”annan orsak” har drygt 10 %. Att sprickor endast står för 0,5 % har nog sin förklaring i att en sprucken yta också ofta har ytskador och att begreppet ytskada inte är definierat utan innefattar också sprickor. För posten ”annan orsak” beskrivs vanligen motivet till selekteringen med ålder, torr beläggning, begynnande stensläpp, åtgärder för att förlänga livslängden. ”Annan orsak” kan, mellan tummen och pekfingeret, förklaras till två tredjedelar av defekter i vägytan (ytskador). Det skulle innebära att det finns en potential att hitta ca 24 % fler sträckor med en fungerande objektiv metod för sprickor och ytskador. Det skulle dessutom bli en metod som blir densamma i hela riket och som möjliggör att åtgärdsvalet kan specificeras, upphandlas och utföras effektivare och bättre.

## 1.2. Syfte

Detta projekt syftar till att visa om den nya tekniken, heltäckande lasermätning (HTL) av vägytan, är tillräckligt bra för att kunna detektera sprickor och ytskador. Utsagan om tekniken ska ta hänsyn till de användningsområden den är ämnad för, nämligen planering av underhåll och att beskriva tillståndet och tillståndsförändringen på det svenska statliga vägnätet.

## 1.3. Avgränsningar

I denna studie begränsar vi oss till att undersöka sprickbildning och stensläpp (raveling). Vi analyserar i huvudsak resultatet från ett mätsystem, LCMS (Laser Crack Measurement System)<sup>1</sup> från Pavemetrics.

Analysen utförs huvudsakligen med standardinställningar från Pavemetrics.


---

<sup>1</sup> LCMS står för Laser Crack Measurement System. Den version som används i projektet är #1. Idag säljs enbart den nyare versionen av LCMS, #2, ett system med högre upplösning och bättre noggrannhet.

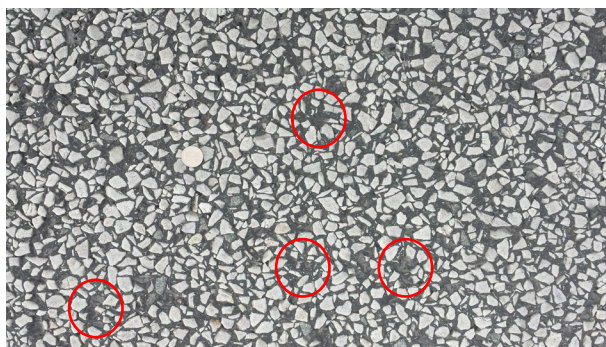
---

## 2. Begrepp

---

Begrepp	Förklaring	Kommentar
Heltäckande lasermätning	Ett samlingsbegrepp för ny mätteknik som möjliggör mätning av hela körfältsbredden. Laser används normalt och man brukar dela upp tekniken i två inriktningar, en där ett roterande prisma eller spegel sprider laserljuset till vägytan och den andra där laserstrålen bryts i ett stillastående prisma så att hela körfältet täcks. Normal mätbredd för ett system med heltäckande lasermätning är ungefär 4 m och upplösningen på insamlingen i tvär- och längsled är från 1 mm och uppåt. Vi benämner tekniken HTL i rapporten.	
Ytskada	Ett samlingsnamn för olika defekter hos vägytan som uppträder efter trafikering av vägytan. Defekterna är synliga ovanifrån. Defekter som uppkommer i samband med läggning av ny väg benämns utförandebrist. Typiska utförandebrister är separationer i materialet vid läggning resulterande i feta fläckar och öppna ytor. Detta kan i ett senare skede orsaka ytskador. Till ytskadorna hör sprickor och krackeleringar, blödning, stensläpp, potthål/slaghål, lappning, åldrad beläggning och materialförlust.	Beror på skadetyyp
Blödning	En defekt hos vägytan som uppstår till följd av kombinationen höga temperaturer och trafikbelastning. Bitumen mjuknar så mycket av värmen att då trafiken belastar vägen trycks det upp i ytan och en svart och blank yta uppstår. Detta kan ge upphov till friktionsproblem. Defekten uppstår främst på ytbehandlingar men i enstaka fall även på andra beläggningar. Blödning uppstår också på lappningar där vägen har lagats. En blödning kan uppstå på sommaren, vanligen i ett tidigt skede av beläggningens livslängd.	En blödning bör sandas av då ballast i fraktion 2–6 mm sprids och ev. vältas in i den blanka ytan.
Blödning		Blödning i hjulspåren.

Begrepp	Förklaring	Kommentar
Stensläpp	I rapporten benämns denna egenskap med dess engelska begrepp, raveling. Ett symptom på dålig vidhäftning av ballast. En väg kan börja släppa ballast efter en tids trafikbelastning. Det första tecknet på stensläpp är när enstaka ballast (stenar) släpper från beläggning och det benämns pick out i Pavemetrics analysprogram. En väg med bristfällig massa, för låg utläggningstemperatur eller otillräcklig kompaktering har större risk att få problem. En typisk riskzon är lassbytesområden där massan är kallare och eventuellt separerad. Den blir svårare att bearbeta och får en sämre vidhäftning än övriga områden. En väg med lassbytesseparationer brukar ha skiftande färgnyanser som uppträder regelbundet. Efter en tid när skadan accentueras påverkas även bullernivån i ett fordon som färdas på vägen.	En väg där stensläpp upptäcks tidigt kan förseglas. Man tillför bindemedel på problemområden som binder den ballast som potentiellt kan släppa. Med den åtgärden i rätt tid kan livslängden på en sådan väg förlängas med flera år. En annan åtgärd är spårytbehandling. Det är främst hjulspåren som är utsatta för stensläpp och genom att lägga en ytbehandling koncentrerad till hjulspåren förlänger man vägens livslängd. Spårytbehandlingen kan också ha en positiv effekt på spårdjupet som minskar med åtgärden.



Begynnande stensläpp, enstaka stenar har släppts.

Pothål/ Slaghål	Ett begrepp för en skada i vägen som resulterat i att delar av beläggningen saknas. Material kan saknas ner till förstärkningslagret. Man brukar definiera det som att hålet minst är 100 mm i diameter och ha ett djup på minst 20 mm. Denna definition har använts i kontrakt mellan Trafikverket och entreprenörer. I EU-projektet Pothole har man en liknande definition, 100 mm i diameter och minst 30 mm djupt. Uppkomsten av ett pothål kan vara olika, t.ex. sprickbildning som utökas, beläggningsslagret som släpper p.g.a. dålig vidhäftning och nedträngande vatten som påskyndar processen. Ett pothål har ofta skarpa kanter och känns obehagligt att färdas över. Tillväxten av ett pothål kan gå väldigt fort och ska därför prioriteras av driftansvariga.	Ett pothål lagas normalt genom att det rengörs och fylls med lämplig massa. En mer grundlig lagning kan också utföras då en fyrkant runt skadan sågas upp och saknat underliggande material fylls i och kompakteras varefter lagningen utförs.
--------------------	--	--



Två vattenfyllda potthål, uppkomna i ett område där vägytan är sprucken och har sättningar.

**Lappning** En försegling eller lappning kan användas av olika anledningar, ofta för att täcka ett område som har synliga skador, t.ex. sprickor eller krackeleringar. Åtgärden har ingen förstärkande effekt men den ger en yta som skyddar mot nedträngande vatten och ger därför en längre livslängd. Lappade områden vid sprickbildning och krackelering har fortfarande strukturella brister efter åtgärd.

En vanlig metod för lappning är HP27. Bitumen sprids ut i rätt mängd direkt följt av stenmaterial som packas till färdig ytbeläggning. Metoden kan göras heltäckande eller för bestämda ytor. Bredden på lappningen kan varieras mellan 0,3 m och 2,7 m. Det innebär att lappningen kan begränsas till hjulspåren, vilket då benämns spårlagning.



Lagning av en sprucken ytbehandling med HP27.

**Åldrad beläggning** En åldrad beläggning har ofta andra skador som beror på att materialets egenskaper har förändrats. Omgivningstemperatur och kontakt med syret i luften är parametrar som påskyndar processen. Det innebär att täta beläggningar med mindre hålrumshalt kan motstå åldrandet bättre. Materialet blir styvare och har lättare att spricka och släppa både ballast och material.

En åldrad beläggning kan i tidigt skede förseglas. Om andra skador uppträder i kombination med den åldrade beläggningen är det ett tecken på att den bör ersättas med nytt slitlager. Utan skador kan den åldrade ytan förseglas och leva vidare.



Gammal torr beläggning med materialförluster.

Material-  
förlust

Materialförluster är ett typiskt symptom på flera av ovanstående defekter. En åldrad beläggning med försämrade materialegenskaper kan börja släppa hela bitar av beläggningen, likaså en krackelerad yta. Det kan också vara ett förstadium på ett potthål eller symptom på dålig vidhäftning mot underliggande lager.



Lokala defekter på en väg som i övrigt är tillräckligt bra kan lagas som ett potthål. Har vägen omfattande problem bör ett nytt slitlager övervägas.

Materialförluster där det övre belägningslagret bitvis släppt.

Sprickor

Vägytan kan spricka av olika orsaker, tjälrörelser, nedgrävda trummor, sprucken cementstabiliserad undergrund, hög belastning, åldrad beläggning (försämrade materialegenskaper), försvagade underliggande lager och fukt i väggroppen (bristfällig avvattning). Sprickan visar att väggroppen har strukturella problem och möjliggör att vatten kan tränga ner vilket påskyndar försämringen.

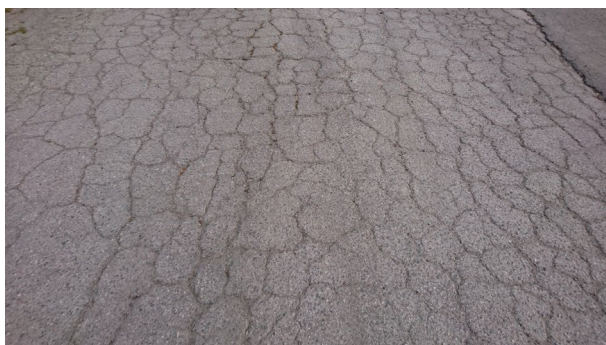
Sprickor kan lagas med s.k. snabellagning där bindemedel och löst grus sprutas ut via en slang så det täcker sprickan. Större spruckna områden på en väg lagas bättre med lappning.



Längsgående sprickor i hjulspår.

**Krackelering** En andra och mer utvecklad fas av sprickbildning. Uppträder främst i hjulspåren och orsaken är belastningsbetingad. Krackeleringar uppträder oftast på tunna beläggningar. Sprickor i framförallt hjulspåren binds ihop av ett nät av sprickor. Vägytan kan försämrans relativt snabbt och bör åtgärdas. En krackelering kan leda till materialförlust och potthål om den inte åtgärdas.

Se ovan, under sprickor.



Krackelerad yta över hela körfältsbredden.

**Mean Profile Depth** MPD är ett mått som beskriver ytans struktur i våglängdsintervallet 0,5 mm – 50 mm. MPD beskriver egenskapen makrotextur. Ett normalt MPD-värde för en asfaltsbetong ligger mellan 0,7 mm och 1,2 mm, bl.a. beroende av maximal stenstorlek och typ av beläggning. Ett högt värde påvisar en grov struktur.

Höga eller låga MPD-värden kan vara ett tecken på att det är problem på ytan. Vad som är lågt respektive högt beror på beläggningstyp. En stor variation hos MPD är också ett symptom på problem. MPD-värdet ska vara "lagom" och ha en låg variation.

**Megatextur** Megatextur eller mega är ett mått som tar vid i våglängdsintervallet efter MPD. Det täcker området 50 mm – 500 mm. Ett normalt megatexturvärde ligger i storleksordning 0,2 mm till 0,75 mm.

Megatextur är mindre komplicerat än MPD, låga värden är odelat positivt och tvärtom med höga värden. En hög variation visar på någon form av problem eller skada.

**Lokal ojämnhet** En lokal ojämnhet eller LO är ett mått beräknat ur en kvartsbilsmodell för en personbil som "färdas" över den längsprofil en mätbil samlar in. Det är för övrigt samma modell som används för att beräkna IRI (International Roughness Index) med skillnaden att LO beräknas utifrån vägens skyltade hastighet, istället för 80 km/h som är den standardiserade hastighet som används för beräkning av IRI. Ur modellen beräknas accelerationer i chassit och hjulet, dessa benämns  $LO_{PBchassi}$  och  $LO_{PBhjul}$ . Motsvarande LO-mått finns för lastbil.

Höga värden för LO i chassi visar på en komfortrelaterad defekt i vägytan och motsvarande i hjulet kan kopplas till fordonsslitage.

**LTPP** Long Term Pavement Performance  
Ett projekt där tillståndet på sträckor följs upp under hela livstiden. Uppföljningen har pågått i Sverige sedan mitten av 80-talet där observationssträckor följs upp årligen med flera metoder som underlag för forskning och utveckling av framförallt

nedbrytningsmodeller. Bl.a. utförs en noggrann okulär sprickkartering till fots utmed sträckorna.

- ABS Asfaltbetong stenrik, en högkvalitativ beläggning som används på det högtrafikerade vägnätet. ABS11 innebär att maximal stenstorlek är 11 mm.
- Y1B Enlagers ytbehandling på bundet lager. En beläggningstyp som läggs på lågtrafikerat vägnät.

---

### 3. Utblick i omvärlden

---

I Sverige definieras en spricka i vägmätningssammanhang som

”ett brott i vägytan synligt vid betraktelse ovanifrån” (Trafikverket, 2015-B).

Vidare ska en spricka ha en minsta vidd av 2,5 mm. Måttet kvantifieras som andelen av hela ytan (3,2 m bred) som är sprucken då ytan delas in i kvadratiska decimeterstora rutor.

För att avgöra hur man samlar in och använder information om sprickor och ytskador för beläggningsplanering på vägnätets nivå har frågor ställts till 20 personer i Europa med insikt i den nationella underhållsplaneringen. Hälften av de tillfrågade har svarat. Brevet och frågorna beskrivs i Bilaga 7. I Bilaga 10 är svaren sammanställda. Vi kan sammanfatta svaren med följande:

- Om det används en objektiv metod är det i huvudsak LCMS-systemet som används.
- Många länder använder okulär bedömning av ytskador.
- Flera länder ligger i startgroparna för att börja mäta sprickor och ytskador.
- Få länder har gränsvärden för sprickor och ytskador då en åtgärd ska sättas in.
- I de länder som samlar in informationen lagras den i PM-system som stöd för beläggningsingenjörernas val av åtgärdsobjekt.

PIARC (World Road Association) har sammanfattat information om underhåll och mätteknik i tre rapporter, en som berör orsaker till varför en väg underhålls och två State of the Art gällande sprickmätning och ytdefekter. Information relevant för detta projekt har sammanställts nedan.

Rapporten ”Expected service life of wearing courses” (World Road Association (PIARC), 2016-A) bygger på en enkätundersökning vars syfte var att ta reda på orsaker till underhåll av vägbeläggningar samt vilka tröskelvärden som används för att bedöma när underhåll bör göras. Enkäten omfattar svar från hela världen med tyngdpunkt på Europa. Totalt fick man 30 svar från 21 olika länder. Vissa länder gav flera svar eftersom ansvaret för vägunderhåll kan vara uppdelat i regioner. I sammanställningen grupperades parametrar som triggar en underhållsåtgärd. *Surface defects* (ytskador) uppgav 23, av de 30 svarande, att man använde som en parameter för att bedöma när underhåll ska göras. Sverige var ett av länderna som uppgav att man inte använde denna parameter i bedömningen, vilket beror på att det varken finns mätmetoder eller tröskelvärden specificerade. Som bilaga i rapporten redovisas respektive lands fullständiga svar. Utifrån dessa kan man konstatera att de länder som uppgivit att man använde *surface defects* som en parameter så var det absolut vanligaste svaret att man för detta ändamål använde någon form av visuell bedömning och/eller bild- eller videoinsamling. I svaret framgick inte huruvida bild- eller videobedömningen var manuell eller automatiserad, men baserat på vilken typ av mätsystem som användes i respektive land så är det högst troligt att bedömningen var manuell i de allra flesta fallen.

Rapporten ”Evaluating the performance of automated pavement cracking measurement equipment” (World Road Association (PIARC), 2012) syftar till att ge en vägledning för hur utvärdering av mätsystem för automatiserad sprickmätning ska genomföras. I rapporten ges först förslag på hur sprickor kan definieras och hur de kan klassificeras utifrån allvarlighetsgrad. Därefter föreslås hur testmätningar kan genomföras beroende på hur mätningarna är tänkta att användas. I definitionen av sprickor tas hänsyn till minsta längd och djup, var gränsen mellan längsgående och tvärgående sprickor går samt hur kantsprickor, krackelering, multipla sprickor och potthål ska definieras. Testmätningarna delas in i tre delar baserat på detaljeringsgrad; forskningsnivå, objektnivå och nätverksnivå. I testet på nätverksnivå poängterar man att teststräckan bör innehålla olika beläggningstyper, olika typer av sprickor, olika nivåer på ytans textur samt företeelser som kan förekomma på ett vägnät såsom skarvar, lagade sprickor och vägmarkering.

I rapporten "State of the art in monitoring road condition and road/vehicle interaction" (World Road Association (PIARC), 2016-B) redovisas de mättekniker och metoder som idag används i världen för att bedöma vägars tillstånd. Rapporten delas in efter skadetyper där man i varje kapitel dels definierar den aktuella skadetyper, dels redogör för de mätmetoder och de mått som man kan få ut från mätningen. Ett av kapitlen handlar om skadetyper "surface defects", d.v.s. ytskador och sprickor. I den inledande delen redogörs för de metoder som traditionellt har använts för att bedöma ytskador och sprickor, nämligen olika former av manuell, okulär inventering. Inventeringen kan göras gående, från fordon eller från bild/video insamlat med ett mätsystem.

För att bedöma **sprickor** är den vanligaste metoden, enligt rapporten, att göra detta okulärt från insamlade bilder. Bedömningen görs av en tränad personal på ett väl specificerat sätt. I rapporten nämns även ett program för automatisk identifiering av sprickor utifrån bild (WiseCrax). Vidare i rapporten omnämns även att olika typer av 3D-lasermätsystem och 2D linjeskanningssystem har börjat användas. Som exempel på 3D-lasermätsystem nämns Pavemetrics LCMS och som exempel på 2D linjeskanningssystem nämns Pavemetrics LRIS och VECTRA:s AMAC. Även ett system kallat RoadCrack omnämns i rapporten. Detta system detekterar sprickor i realtid med hjälp av fyra skannande linjekameror, var och en med egen ljussättning av ytan. Systemet har använts sedan mitten av 1990-talet och har bevisats ha god repeterbarhet på alla typer av ytor.

För att detektera **potthål** och **materialförlust** används enligt rapporten normalt okulära inventeringar. Inventeringarna kan kombineras med mätning med 3D-lasermätsystem, dock lagas denna typ av skada relativt snabbt efter uppkomst vilket vanligen gör att mätningen inte hinner detektera denna.

Detektering av **stensläpp** genomförs enligt rapporten med manuella metoder där arean som är påverkad uppskattas. I rapporten nämns inget om automatiserad mätning av stensläpp.

**Blödning** detekteras enligt rapporten med visuella undersökningar eller med mätning av makrotextur med hjälp av antingen 3D-lasermätsystem eller punktlasersystem.

**Lagningar/lappningar** omnämns också i rapporten. Här skiljer sig synen på denna företeelse åt mellan olika väghållare. Vissa ser lagningar och lappningar som defekter medan andra inte gör det. Dåliga lagningar ses dock som defekter av de flesta. Rapporten anger att visuella undersökningar eller 3D-lasermätsystem används för att detektera lagningar/lappningar, dock utan att i detalj beskriva hur det görs.

---

## 4. Deltagande mätsystem

---

### 4.1. LCMS – RST57 från Ramboll

Mätsystemet RST57 är utrustat med en linjelaser (LCMS-1, Laser Crack Measurement System version 1) för mätning av tvärprofil samt tre punktlasrar för mätning av längsgående ojämnheter och textur. Utöver det finns en digital kamera och ett system för tröghetsnavigering<sup>2</sup> och insamling av koordinater. Rullad längd mäts med en hjulpulsgivare monterad på vänster framhjul. I Figur 1 visas ett system av denna typ.



Figur 1 RST57 med linjelasern av typen LCMS-1 monterad baktill på fordonet. Foto: Ramboll

Linjelasern (LCMS-1) är monterad baktill på fordonet på en höjd av ca 2,3 meter. Mätpunkterna från lasern skapar en tvärgående profil som används för att beräkna spår djup med valfri metod. Insamlade tvärprofiler används också i beräkningen av de olika ytskademåtten som finns tillgängliga i analysprogramvaran. I detta sammanhang används även de bilder som processas fram genom linjelaserns insamlade intensitetsvärden. Bilderna blir gråskalebilder med måtten 4 x 10 meter. Då tvärprofil och gråskalebild kombineras kan ytskador detekteras med hjälp av höjddata och mönster i bilden.

LCMS-1 består av två sensorer som sammanlagt ger en mätbredd på 4 000 mm med 4 160 punkter i tvärprofilen, d.v.s. upplösningen i tvärled är ca 1 mm. Vid bestämning av tvärprofil används normalt en filtrerad profil med färre punkter. Beräkning av ytskador sker med medföljande programvara där full upplösning används. Endast ett fåtal parametrar i analysen kan ändras av användaren. Mätbredden kan justeras, antingen till en fast bredd eller en dynamisk bredd. Den dynamiska bredden baseras vanligen på vägmarkeringarnas position, vilka detekteras automatiskt i programvaran. Bredden kan även bestämmas utifrån beläggningkantens position. Den längsgående upplösningen är 5 600 avläsningar/s vilket i måthastigheten 70 km/h ger en upplösning på 4–5 mm. Mätområdet vertikalt är 200 mm.

Övriga sensorer i mätsystemet uppfyller kraven i Trafikverkets dokument TDOK 2014:0003 Vägytemätning Mätstorheter (Trafikverket, 2015-B). Utöver data från LCMS-sensorerna används i

---

<sup>2</sup> Tröghetsnavigering – under färd bestäms en position med hjälp av gyron och accelerometrar.

detta projekt endast sensorerna för positionering (rullad längd och koordinater) samt de digitala stillbilderna. Övriga mätstorheter har dock beräknats och samlats i en databas.

## 4.2. VTIRST från VTI

VTIRST är en mätutrustning med samma funktionalitet som de mätbilar som används vid Trafikverkets inventering av det statliga vägnätet (2018/2019). Mätbilen är utrustad med 19 sensorer för spårdjupsmätning varav fem kan användas för texturmätning. I standardutförandet används 17 sensorer för spårdjupsmätning då en 3,2 m bred tvärprofil samlas in och tre av sensorerna för tvärprofilmätning användas för texturmätning i de laterala positionerna för däcken hos en personbil samt mellan dessa.

Mätstorheter som kan kopplas till ytskador och sprickor har genomlysts i projektet Nya mått – del 3 (Lundberg, et al., 2015). Måtten är MPD (makrotextur), megatextur och lokal ojämnhet, där makrotexturen kan användas för de skadetyperna med minst inverkan på trafikanter t.ex. stensläpp, följt av megatextur som detekterar något större ojämnheter som t.ex. slaghål och slutligen lokal ojämnhet som har ett visst överlapp med megatextur men hittar även skador med en något längre längsgående utbredning. Dessa mått kan användas som en egen indikator för ytskador eller i kombination med heltäckande lasermätning (HTL).

Nedan följer olika angreppssätt att använda informationen från de tre mätstorheterna och ett försök att värdera mätstorheternas möjlighet att detektera de skadetyper vi vill kunna hitta. Vi måste påpeka att flera av de ytskador vi vill kunna detektera kan ha en yta med ungefär samma mönster i strukturen och vi räknar inte med att kunna skilja ut olika skadetyper på en detaljerad nivå från denna mätning.

*Tabell 1 Förslag till hur olika skadetyper kan detekteras från vägytemätning med punktlaserteknik samt bedömning av hur starkt sambandet mellan mätstorhet och skadetyper (defekt) är.*

Defekt	Mätstorhet	Mått	Kommentar	Bedömd styrka 1 till 5, 1 = bedömt svagt samband
Blödning	Makrotextur (MPD)	Låga MPD-värden klassar områden med blödningar. Gränsvärden finns i Trafikverkets underhållsstandard.	Underhållsstandard definierar krav för medelvärde över 100 m sträckor. En blödning kan ha kortare utbredning och ändå vara farlig för t.ex. motorcyklister. Vi kommer att använda det lägsta 5 m medelvärdet för MPD inom varje 100 m sträcka $\min_{MPD5}$ . På så sätt "drunknar" inte ett kort farligt avsnitt i medelvärdet.	4
Lappning	Makrotextur (MPD) Megatextur	Det vanliga symptomet på att en väg är lappad och lagad är att vi har en varierande textur.	Standardavvikelsen av 1 m sträckor per 100 m används som mått ( $s_{MPD1}$ och $s_{mega1}$ ) och längsgående skillnader enligt förslag i rapporten Nya mått del 3. Det måttet benämns $lg_{VMPD}$ resp. $lg_{Vmega}$ .	2

Defekt	Mätstorhet	Mått	Kommentar	Bedömd styrka 1 till 5, 1 = bedömt svagt samband
			längsgående variation. Lgv beräknas som en kvot av ett enskilt 1 m värde och medelvärdet av 20 m. En stor kvot tyder på att vi har stora texturvariationer. Beräkningen görs flytande över 100 m och maximal kvot per 100 m utgör mätvärdet. Megatexturen har också den egenskapen att ett högt värde indikerar att vägen är okomfortabel att färdas på eller har en skada, detta ska också testas genom att registrera maximalt megatexturvärde för 5 m inom 100 m ( $max_{mega5}$ ).	
Stensläpp	Makrotextur (MPD) Megatextur	En väg som börjat släppa sten (ballast) får i början en grövre ytstruktur. Ju värre skadeläget blir desto större blir ojämheterna i ytstrukturen. Detta kan indikeras av att MPD-värdet ökar. Problemet är att en beläggnings normalnivån har ett väldigt stort spann så det är svårt att använda ett absolutvärde. Det är oftast i de svagaste och mest utsatta punkterna som problemen börjar, t.ex. lassbytesområden eller kurvor och korsningar. Relativa mätningar (årsvisa skillnader) är också svåra att använda eftersom våra vägar lagas och lappas varefter problem uppstår, detta medför att ytstrukturen förändras. Vid nästa stadium av stensläpp, när vägmaterial börjar släppa,	SMPD1 Smega1 lgVMPD lgVmega maxmega5	3

Defekt	Mätstorhet	Mått	Kommentar	Bedömd styrka 1 till 5, 1 = bedömt svagt samband
Slaghål/ Potthål	Megatextur Lokala ojämnheter	kan det synas på megatexturvärdena.  Orsaken till uppkomsten av ett potthål kan variera. En svag punkt eller skada i beläggnings ytskikt förvärras och slutligen fås en öppen yta med skarpa kanter. En nackdel med att använda megatextur och lokal ojämnheter är att inte hela vägytan täcks in, endast de spår där måtten mäts.	Ett potthål är från en decimeter till ett par decimeter i diameter och ett par centimeter djupt. Det har med andra ord en kort utbredning i längsled. Maximalt megatexturvärde per 1 m inom en 100 m sträcka $max_{mega1}$ föreslår vi som mått liksom lokal ojämnheter för ett personbilshjul, $LO_{PBhjul}$ .	3
Åldrad beläggning	MPD megatextur	En åldrad beläggning får en grövre yta där flera olika skadetyper lätt uppträder, allt från stensläpp till krackelering och materialförluster. De svagaste områdena hos vägen får de alvarligaste skadorna.	$SMPD1$ $S_{mega1}$ $IgV_{MPD}$ $IgV_{mega}$ $max_{mega5}$	2
Materialförlust	MPD megatextur Lokala ojämnheter	Materialförluster kan vara av större eller mindre omfattning därför föreslås alla tre mått kunna bidra till tillståndsbeskrivningen.	$SMPD1$ $S_{mega1}$ $IgV_{MPD}$ $IgV_{mega}$ $max_{mega5}$ $LO_{PBhjul}$	2

### 4.3. Mätning med två alternativa system

Två leverantörer av vägytemätning, utöver Ramboll, har bidragit med mätningar till projektet, nämligen Terratec och WSP. De deltog med mätningar på ett begränsat antal (sex) sträckor.

Leverantör Ett (WSP) deltog med ett system där bildbehandling användes från insamlade digitala stillbilder tagna under färd. Stora delar av programvaran utvecklades på kort tid med inriktning på att detektera sprickor. Leverantören har använt Trafikverkets definition av sprickor och zonindelning. Vissa problem med skuggor i bilden har försvårat analysen. En sträcka, 4B, har analyserats.

Tabell 2 Zonindelning för beräkning av sprickor från leverantör Ett.

Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 5
0,4 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,4 m

Idéer om hur analysen kan göras bättre finns och dessutom beskrivs och ges exempel på hur olika ytskador kan bestämmas från datakällan. Detta presenteras i leverantörens slutrapport som finns i sin helhet i Bilaga 8.

Leverantör Två (Terratec) riktade också in sig på sprickor. De analyserade alla sex sträckorna i båda riktningar. Dessutom finns en upprepning gjord på alla sträckor förutom en. Här har data från en laserskanner använts som datakälla för analysen. Istället för kvadratiska rutor, 0,1 m × 0,1 m, som föreskrivs i Trafikverkets metodbeskrivning (Trafikverket, 2015-B) har sidornas längd valts till 0,25 m vilket är en standardinställning i mätsystemets analysverktyg. Datafiler med 20 m data för sprickor i 5 zoner har levererats med en något annorlunda zonindelning än vad som används i Trafikverkets metodbeskrivning för att passa 0,25 m rutorna. Mätbredden blir 3 m.

Tabell 3 Zonindelning för beräkning av sprickor från leverantör Två.

Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 5
0,25 m	0,75 m	1,00 m	0,75 m	0,25 m

Idéer och exempel på hur olika ytskador kan beräknas ur datakällan har presenterats i leverantörens slutrapport. Rapporten finns i sin helhet i Bilaga 9.

---

## 5. Mätning

---

### 5.1. Okulär inventering

#### 5.1.1. Beskrivning av metodik

Referensinventeringen utgörs av en okulär bedömning av ytskador vilken bygger på metodiken i Svenska Kommunförbundets handbok "Bära eller Brista" (Wågberg, 2003). För ändamålet används ett inventeringsfordon av typen som visas i Figur 2. Fordonet är utrustat med hjulpulsgivare för längdmätning, kamera för fotografering av vägområdet, GNSS-utrustning för insamling av koordinater samt dator med mjukvara för registrering av skador.



Figur 2 Fordon för okulär inventering av skador. Foto: Ramboll

Inventeringen genomförs genom att fordonet sakta rullar längs vägen medan föraren registrerar de visuellt upptäckta skadetyperna med hjälp av en knappdosa. Varje skada är därmed kopplad till en distans och en koordinat. Normal hastighet vid inventering är 10–15 km/h, men detta är beroende av mängden skador. Förekommer mycket skador på sträckan görs inventeringen långsammare medan hastigheten kan ökas vid skadefri beläggning.

I detta projekt har skadeinventeringen utförts separat för varje körfält (två riktningar). Har vägen ifråga varit så smal att mittlinje saknas har inventeringen av hela vägbredden genomförts vid samma tillfälle (i en riktning). Vid inventeringen bedöms varje skadetyper i intervall om 20 m. Bedömningen är en sammanvägning av *utbredning* och *svårighetsgrad* i fyra nivåer:

0. Skadefri beläggning
1. Lätta skador som inte kräver omedelbar insats
2. Utbredda skador som bör åtgärdas
3. Omfattande och allvarliga skador som kräver akuta åtgärder

De skadeparametrar som använts vid referensinventeringen listas nedan. Denna indelning används normalt vid inventering av kommunala gatunät och behövs även i detta projekt eftersom det också passade våra ändamål. De inventerade skadetyperna är följande:

- Krackelering
- Kantskada
- Potthål
- Spricka
- Oxidation/stensläpp
- Lagning (efter grävning)
- Spår/slitage
- Övrig skada

Parametern kantskada innefattar normalt att kanten på beläggning är skadad, oftast sprucken. Övrig skada innebär oftast sättningar. I inventeringen skiljs på sprickor och krackelering, där krackelering är ett rutnät av sprickor.

Exempel på resultat från inventering visas i Figur 3. I samband med inventeringen har även bilder av vägytan/vägområdet samlats in. Bilderna är knutna till längdmätningen och är tagna var 5:e meter.

Distans:	km 0	0.020	0.040	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140	0.160	0.180	0.200	0.220	0.240	0.260	0.280	0.300	0.320	0.340	0.360	0.380	0.400	0.420	0.440	0.460	0.480	0.500	0.520	0.540	
Krackelering		2	3	2		2	3	3	3	2	2	3	2	2	1	2	3	2			3	3	3	3	3	3	3	3	1
Kantskada			3			3							1	3	2					1	1					1		1	3
Potthål					1				1				1	2							3	3	3						
Spricka				1	2	2	2				2	2					2					2							
Oxid./Stensl.				2	2		2	2		2	2	2	2	2	3			3	1	1	3	3	3	3	2	2	2	2	2
Lagning																													
Spår/Slitage																													
Övrig skada		1		3	2	3	3	3	2	1	2	3		1	1	2	3	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2	1	

Figur 3 Exempel på skadeprotokoll från inventering av skador. En tom cell innebär 0, d.v.s. skadefri beläggning.

### 5.1.2. Genomförande av okulär inventering

Den okulära inventeringen genomfördes med Rambolls mätsystem RST43. Inventeringen gjordes av en person med mer än 20 års erfarenhet av inventering av gator och vägar. I Tabell 4 redovisas tidpunkten för inventeringen för sträckorna i detta projekt.

Vid inventeringen användes samma start- och stoppsektioner som för den heltäckande lasermätningen med RST57.

En inventering är en subjektiv bedömning av skadorna på vägytan. Klassningen bygger dock på typexempel i Bära eller Brista vilket säkerställer att skadorna bedöms på ett specificerat sätt. Inventeringen utgör dock aldrig ett 100 % korrekt referensmaterial. Förhållandena vid inventeringen kan påverka resultatet. I optimala fall ska inventeringen utföras vid mulet väder för att undvika att solljuset förstärker eller försvagar intrycket av ytskadorna. I Figur 4 visas ett exempel på hur en ytskada uppfattas beroende på om man tittar på den i medljus eller motljus.



Figur 4 Samma yta fotograferad från olika håll (medljus till vänster, motljus till höger). Foto: Ramboll

Vid situationer likt ovan har referensinventeringen kompletterats med en extra inventering i motljus då den första inventeringen utfördes i medljus.

De utvalda sträckorna har relativt mycket ytskador av varierande typ. Samtliga sträckor finns beskrivna mer detaljerat i Bilaga 4. Tre av sträckorna har inte inventerats eftersom trafikmängd och skyltad hastighet på dessa var alltför hög för ett trafiksäkert genomförande.

Tabell 4 Inventerade sträckor med uppgift om inventeringsdatum.

Sträcka nr.	Län	Datum
1,11,13	Skåne	Ej inventerade
2,3,4,5,6,8,9,10	Skåne	2018-07-13/14
7	Skåne	2018-04-26
12,15	Skåne	2018-06-06
14	Skåne	2018-04-26
14	Skåne	2018-05-28
16,17,18,19,20,21	Östergötland	2018-06-19
26	Västmanland	2018-06-26
22,23,24,25,27	Dalarna	2018-06-26/27

## 5.2. Okulär inventering av LTPP-sträckan i Marieholm

En av mätsträckorna (Tabell 5) i projektet inkluderar också en LTPP-sträcka. Sträckan valdes eftersom alla LTPP-sträckor inventeras mycket detaljerat och noggrant, då besiktningsmannen går till fots utmed sträckan. Instruktionen för den inventering som utförs på LTPP sträckan beskrivs nedan (text hämtad från lägesrapport 2018 för LTPP-projektet (Göransson, 2018)):

1. Gå till fots utmed sträckan. Bestäm läget för vidkommande observationer i längdled genom användning av mätjul och i tvärled genom okulär bedömning i förhållande till tvärsektionens utseende och spårbild.
2. Vilken skadetypp/defekt eller lagning/försegling som ev. upptäcks avgörs enligt "Bära eller brista", Wågberg, 2003 (rev. av 1991 års utgåva):

- *Längsgående spricka i spår*
- *Tvärgående spricka i spår*
- *Spricka i spårkant*
- *Krackelering*
- *Spricka ej i spår (ex. tjälspricka)*
- *Fogspricka i vägmitt*
- *Fogspricka i vägkant*
- *Spricka tvärs vägen*
- *Spricka på vägren*
- *Slaghål*
- *Stensläpp*
- *Blödning*
- *Separation*
- *Lappning*
- *Försegling*



3. *Bedöm sprickans/krackeleringens svårighetsgrad (1–3) och eventuell lagningsgrad i procent:*

1. *Hårfin, sluten. Inget material har lossnat.*
2. *Öppen. Inget eller endast lite material har lossnat.*
3. *Avsevärt öppen. Material har lossnat.*

4. *Rita in läget för observationen i protokoll och ange skadetyperns svårighetsgrad enligt punkt 3 ovan.*

Från inventeringen beräknas ett sprickindex (SI) där typ av spricka, utbredning och allvarlighetsgrad vägs ihop till ett kombinerat index. Indexet är utvecklat för att få en relativt linjär utveckling i tiden. En väg brukar normalt åtgärdas när SI ligger i nivån av 200. En utförligare beskrivning av SI finns i lägesrapporten.

### 5.3. Mätning med heltäckande laser

Mätning genomfördes med Rambolls mätsystem RST57 (Pavemetrics LCMS-1) vid tidpunkter enligt Tabell 5. Innan påbörjad mätning markerades start- och slutsektionerna. Detta för att kunna identifiera sektionerna i mätdata från den skannande lasern samt som hjälp för den okulära inventeringen.

Mätning genomfördes i varje körfält med två upprepningar, vilket möjliggör kontroll av repeterbarhet. Eventuella störningar som påverkar mätresultatet registrerades under mätning. Vid mätning samlades också digitala stillbilder på vägytan in var femte meter tillsammans med rådata för beräkning av längsgående jämnhet, tvärgående jämnhet, tvärfall, textur och koordinater.

Vid mätning placerades mätbilen mitt i det aktuella körfältet. Det innebär att vägmarkeringen, om sådan finns, innefattas av mätningen och att det därmed finns möjlighet att begränsa analysen/resultatet till endast körfältet. För smala vägar innebär det att även en del av motgående körfält samt ytan

utanför beläggningskanten mättes in. Dock kan även i dessa fall vägmarkeringen (kantlinjen) användas för att begränsa analysen/mätresultatet.

Ett av objekten (nr 16) mättes vid två olika tillfällen med ca 1,5 månaders mellanrum. Mellan den första och andra mätningen gjordes driftåtgärder (försegling av sprickor och stensläpp) längs hela sträckan. Den okulära inventeringen genomfördes efter driftåtgärden.

Tabell 5 Mätta sträckor med uppgift om mätdatum.

Objekt nr	Län	Datum
1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,13	Skåne	2018-05-07
7,14	Skåne	2018-04-06
12,15	Skåne	2018-05-08
17,19,20,21	Östergötland	2018-05-04
16	Östergötland	2018-05-04
16	Östergötland	2018-06-25
18	Östergötland	2018-05-05
22,23,24,25	Dalarna	2018-06-26
26	Västmanland	2018-06-25
27	Dalarna	2018-06-25

Insamling av mätdata med den typ av system som använts i detta projekt bygger på 3D-data begränsat av profilernas mätbredd, sektions- och avsnittsindelning:

- Profiler (tvärgående): Ett antal mätpunkter sammanbundna tvärs vägen. Mätpunkterna är definierade i ett lokalt koordinatsystem med x (längs tvärgående axeln), y (längs längsgående axeln) och z (djupet). Ett tvärsnitt eller en profil innehåller som mest 4160 mätpunkter.
- Vägsektion: En kortare sträcka längs vägen, också kallat rapportintervall. I detta projekt är vägsektionen 10 m lång.
- Vägavsnitt: En grupp med vägsektioner. I detta projekt är vägavsnittet lika långt som sträckans längd.

#### 5.4. Mätning med gamla tekniken – punktlaser

De sex sträckorna (16–21 enligt Tabell 6), belägna i Östergötland, mättes med VTIRST. Utöver dessa sträckor mättes tre sträckor i Skåne. Nedan följer en tabell som visar när mätningen utfördes. Mer detaljer om sträckorna finns i kapitel 8.1 och Bilaga 4. Varje sträcka mättes en gång förutom LTPP-sträckan vid Marieholm som mättes två gånger. Mätningen startades och avslutades i fart med manuell kvittering av passagen.

Tabell 6 Beskrivning av sträckor mätta med VTIRST.

Sträcka	Län	Datum	Förhållande
16, 1A och 1B Hovetorp – Beatelund	E	23 april 2018	Molnigt och torr vägbana
17, 2A och 2B Utfart mot Åtvid	E	18 april 2018	Soligt och torr vägbana
18, 3A och 3B Linghem	E	23 april 2018	Molnigt och torr vägbana
19, 4A och 4B F-Länsgräns –Ödeshög	E	18 april 2018	Molnigt och torr vägbana (lite fukt i skuggiga partier)
20, 5A och 5B Haraldsbo – Skeda Udde	E	18 april 2018	Soligt och torr vägbana
21, 6A och 6B Arnebo	E	18 april 2018	Soligt och torr vägbana
15, Löddeköpinge – Vikhög	M	14 juni 2018	Växlande molnighet och torr vägbana
12, Löddeköpinge – Barsebäckshamn	M	14 juni 2018	Soldis och torr vägbana
14, Bjällerup – St Råby	M	14 juni 2018	Soldis och torr vägbana
13, Förbifart Marieholm LTPP	M	19 september 2017	Växlande molnighet och torr vägbana

## 5.5. Mätning med två alternativa system

Utöver Ramboll deltog Terratec och WSP för en begränsad del av sträckorna. Deras mätningar genomfördes enligt tabellen nedan.

Tabell 7 Beskrivning av sträckor mätta av leverantör Ett (Terratec) och Två (WSP).

Sträcka	Län	Leverantör	Datum	Förhållande
16-1A och 1B Hovetorp-Beatelund	E	Ett Två	24 maj 2018 2–4 maj 2018	Soligt och torr vägbana Soligt och torr vägbana
17-2A och 2B Utfart mot Åtvid	E	Ett Två	24 maj 2018 2–4 maj 2018	Soligt och torr vägbana Soligt och torr vägbana
18-3A och 3B Linghem	E	Ett Två	24 maj 2018 2–4 maj 2018	Soligt och torr vägbana Molnigt och torr vägbana

<b>Sträcka</b>	<b>Län</b>	<b>Leverantör</b>	<b>Datum</b>	<b>Förhållande</b>
19-4A och 4B F-Länsgräns - Ödeshög	E	Ett Två	24 maj 2018 2-4 maj 2018	Soligt och torr vägbana Soligt och torr vägbana
20-5A och 5B Haraldsbo-Skeda Udde	E	Ett Två	24 maj 2018 2-4 maj 2018	Soligt och torr vägbana Soligt och torr vägbana
21-6A och 6B Arnebo	E	Ett Två	24 maj 2018 2-4 maj 2018	Soligt och torr vägbana Molnigt och torr vägbana

Vid mätningen följde leverantörerna de instruktioner som beskrivs i Bilaga 1.

## 6. Metod

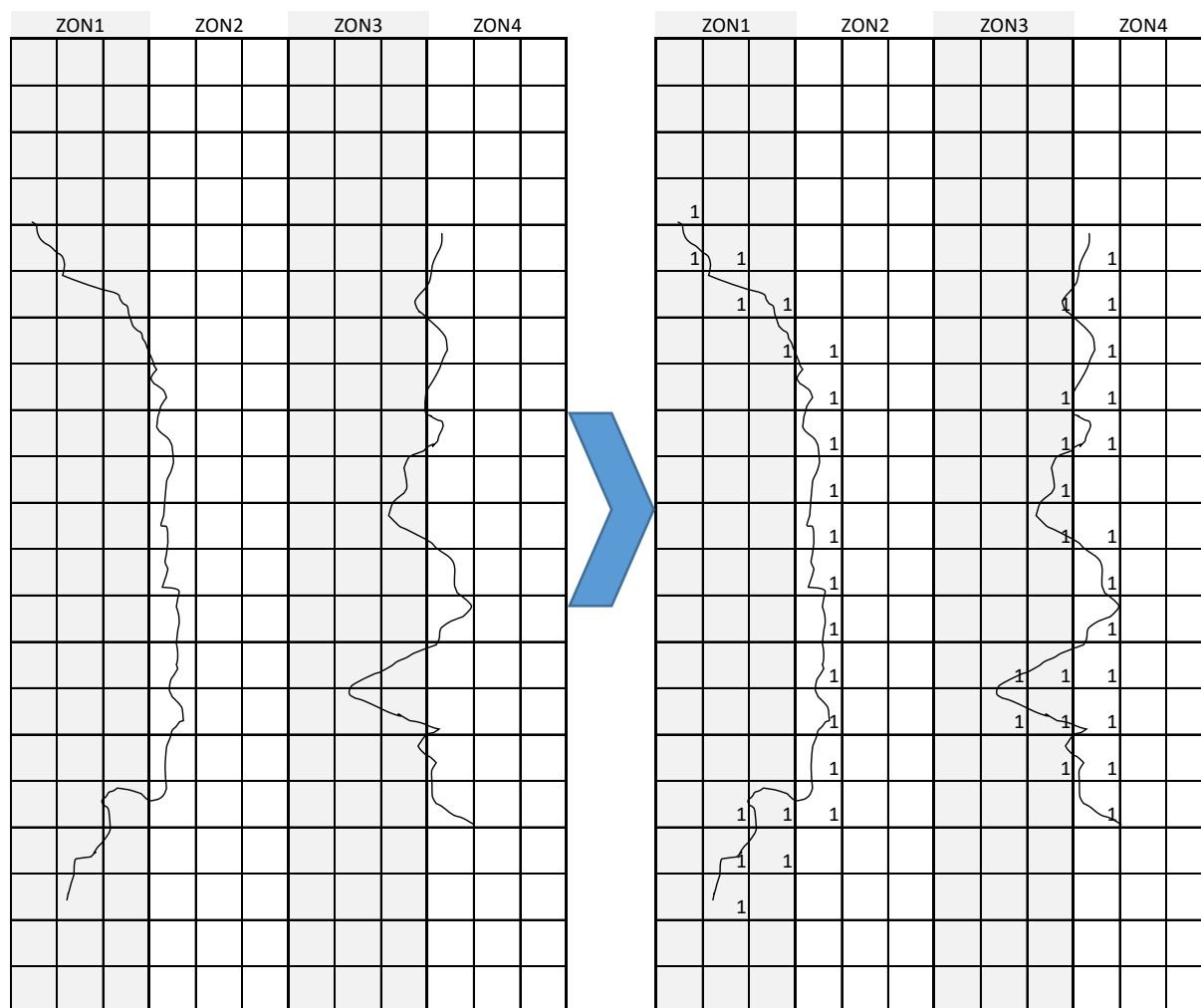
Projektet utförs gemensamt av VTI och Ramboll. Ramboll utför mätning med den skannande tekniken samt inventerar sträckorna okulärt. Den okulära inventeringen efterliknar den inventering Trafikverkets beläggningsingenjörer gör när vägnätet övervakas och utgör referens för mätningarna av den skannande tekniken.

Ramboll beräknar mätstorheter från den skannande tekniken med de programvaror som distribueras av tillverkaren. Det ska nämnas att det finns många inställningsmöjligheter i programvaran som kan förändra resultatet. I normalfallet används programvarans standardinställning. De viktigaste inställningarna finns beskrivna i kapitel 8.3.

Rapporteringen utförs gemensamt av båda parterna. VTI:s del i projektet är att kontrollera och analysera beräknade mätstorheter samt rapportera och dokumentera resultatet.

I projektet har även andra potentiella leverantörer av den nya tekniken bjudits in, två valde att delta.

Måtten för de defekter som vi undersöker beräknas som en andel av vägytan som har den skada vi söker. I detta projekt har vi valt att använda kvadratiska rutor med 0,25 m längd. Andelen beräknas dels för hela den del av vägytan som mäts, dels för olika zoner tvärs vägen. Ett värde var tionde meter beräknas. För LCMS-systemet har följande zonindelning (0,75 m per zon) använts, se Figur 5.



Figur 5 Princip för hur måtten beräknas. Skadad yta sätts till 1. Summan inom varje zon divideras med antalet rutor och andelen presenteras i procentenheter. Motsvarande görs för hela ytan.

## 6.1. Testprogram

I projektet har 27 vägsträckor valts ut, se Bilaga 4. Merparten av dessa återfinns i Trafikverkets treårsplan för underhållsbeläggningar och har det gemensamt att ansvarig beläggningsingenjör på Trafikverket bedömt att åtgärd krävs på grund av att det förekommer ytskador och åldrande beläggning. Cirka hälften av sträckorna är belägna i Skåne län medan resterande är jämnt fördelade mellan Östergötlands och Dalarnas län. I urvalet ingår också några sträckor som inte återfinns i Trafikverkets treårsplan men som av projektgruppen bedömts som intressanta i detta projekt. Skadetyperna på de utvalda sträckorna innefattar merparten av de ytskador som förekommer på det svenska vägnätet. Ett fåtal oskadade sträckor/delsträckor är också utvalda. Urvalet består av sträckor med olika beläggnings-typ, stenstorlek och vägbredd. Dessutom är beläggningen av varierande ålder. I Bilaga 4 redovisas även beläggningsingenjörens kommentar till varför sträckan ligger i treårsplanen samt projektgruppens allmänna omdöme utifrån ett ytskadeperspektiv.

På en del av sträckorna hade det utförts förebyggande och avhjälpande underhåll (driftåtgärd), framförallt försegling och spricklagning, efter att urvalet av sträckor gjorts. Denna åtgärd görs löpande på vägnätet varefter sprickor, stensläpp och potthål uppkommer. Detta innebär att dessa skador döljs och därmed kan de inte registreras, varken med den skannande lasermätningen eller vid en okulär inventering. Trafikverket ska börja registrera driftåtgärder på ett systematiskt sätt. Det finns ett par områden där detta testas och tanken är att det med tiden ska göras allmänt i hela landet.

Varje sträcka mäts två gånger i varje riktning. På så sätt kan repeterbarheten kontrolleras. En av sträckorna mäts vid två olika tillfällen i syfte att jämföra resultatet då en driftåtgärd genomförts mellan de båda mätningarna.

## 6.2. Analysansats

När en analys planeras bör man tänka på användning av data eller information, hur ska den användas och till vad? Den huvudsakliga användningen av den information som ska tas fram är att lokalisera vägvagnsnitt som är i behov av underhållsåtgärder. Ett andra behov är att följa upp hur vägnätets tillstånd förändras med avseende på de egenskaper vi undersöker. Vi riktar in oss på val av åtgärds-kandidater i första hand. I och med att vi idag inte har en objektiv bild av tillståndet är all relevant information av stort värde. Vi kan se två mål med informationen, översiktlig och mer detaljerad. En översiktlig information kan användas till en grovre selektion av sträckor som är i behov av underhåll som senare kan behöva inspekteras och bedömas av en beläggningsingenjör. Den detaljerade informationen kan användas för mer exakta utsagor om skadans art och vilka åtgärder som kan komma ifråga. Ur vår synvinkel finns behovet av båda varianterna under förutsättning att informationen är repeterbar och valid. Mer konkret innebär det att vi kommer att analysera tillståndet för hela sträckan samt för kortare delsektioner. Med kortare delsektioner menar vi 100 m medelvärden, den presentationslängd som används i Trafikverkets underhållsstandard. Detta har vi i åtanke när analysen utförs.

En grundförutsättning för att ett mätsystem ska kunna användas är att det ger repeterbara värden, gärna under olika förutsättningar som temperatur eller sol/skugga. De mätningar som utförts i detta projekt har upprepats med kort tidsintervall mellan mätningarna så vi har haft samma förhållande vid mätningarna på respektive sträcka. Den inledande analysen kommer att inrikta sig på repeterbarhet.

Den andra förutsättningen för ett system är att resultatet från mätningen ger den information som efterfrågas och förväntas. Här jämför vi data från den heltäckande lasermätningen med en referens. Referensen består av en okulär inventering, se kapitel 7.1. Eftersom de mätstorheter som beräknas från HTL inte direkt kan översättas till de variabler som fås vid den okulära inventeringen kommer vi förädla mätningen (skapa index) så den kan jämföras med inventeringen.

Idag (2019) finns mycket kunskap om vägytemätning och de mått som samlas in. För detta projekt är speciellt textur- och längsprofiler viktiga. De mått som beräknas från dagens mätteknik som vi kommer att studera är MPD, megatextur och lokal ojämnhet. Av de mått som mäts vid vägytemätning

beskriver dessa mått defekter i vägytan bäst. Som ett komplement till analysen av ytskador från HTL-mätningen kommer även dessa mått analyseras.

### 6.3. Analysinställningar för HTL-mätning

Från insamlade mätdata beräknas ett antal mätstorheter med hjälp av mätsystemets programvara. De beräkningar som är tillgängliga med avseende på sprickor och ytskador redovisas i Tabell 8. I tabellen anges också vilken mätstorhet som vi tror bäst representerar de definierade skadorna i kapitel 4 och de okulärt inventerade skadorna.

Tabell 8 Mätstorheter som beräknas från Pavemetrics (engelska benämningen inom parentes).

Mätstorhet Pavemetrics	Definierad skada enl. Kapitel 4	Skadetyper okulär inventering
Sprickor (Crack detection)	Spricka Krackelering	Spricka Krackelering Kantskada
Potthål (Potholes)	Potthål/slaghål Materialförlust	Potthål
Stensläpp (Raveling)	Stensläpp Åldring	Oxidation/stensläpp
Pick out (Pick-out detection)	Åldring Stensläpp	Oxidation/stensläpp
Blödning (Bleeding processing)	Blödning	-
Lagad spricka (Sealed crack)	-	-

De beräknade mätstorheterna i Pavemetrics programvara omfattar de ytskador som definieras i kapitel 4 samt de som är okulärt inventerade. Materialförlust är ett förstadium till potthål, därför bör denna typ av skada fångas upp av mätningen, så länge minsta djup för hålet överskrids (minsta djup definieras i programvarans inställningar innan analysen). Både åldring och lappning är snarare tillstånd än skador. Förekommer det skador på en åldrad beläggning är det oftast i form av stensläpp och eventuellt sprickor varför dessa mätstorheter bör fånga detta. För lappning finns det inte någon mätstorhet.

För varje mätstorhet kan flera inställningar väljas beroende på hur användaren vill att beräkningen ska utföras. Vilka inställningar som kan göras beror på mätstorheten. Utöver detta kan användaren också välja vilken del av vägytan (analysbredd) som ska omfattas av beräkningen. I detta projekt har följande inställningar valts:

#### Analysbredd

##### Baserat på identifiering av vägmarkering

- Vägmarkeringarna identifieras med automatik (i modulen ”Marking contour”). Deras position och utbredning läggs i en databas. I nästa steg används informationen för att exkludera de värden som ligger utanför vägmarkeringarna.

##### Baserat på identifiering av kant (trottoar, beläggningskant mot stödremsa etc.)

- Kant (både positiv och negativ) identifieras i analysen.
- Minsta negativa kant som identifieras är 12,5 mm. Minsta positiva kant som identifieras är 22,5 mm.
- Då en negativ kant identifierats flyttas analysbredden till 150 mm innanför kanten. Då en positiv kant identifierats flyttas analysbredden till 300 mm innanför kanten.

Analysbredden inverkar på beräkningarna för sprickor och ytskador. Ett första steg i analysen är, för flertalet av måtten, att bilda en referensyta som används för att leta upp avvikande partier (defekter). Ifall exempelvis stödremsan och/eller en gräsyta innefattas i analysen så får detta inverkan på referensytan och resultatet.

### *Sprickor*

I algoritmen används insamlad 3D-data samt beläggningens textur för att identifiera sprickor. Huvudsakligen används standardinställningar i beräkningen. Det innebär bland annat att asfalt är den beläggning som analysen baseras på. Minsta djup är 0 mm och största djup är 100 mm. Största bredd är 100 mm. Minsta längd på identifierad spricka är 100 mm vilket avviker från standardinställningen. Användaren har möjlighet att identifiera sprickor i beläggningens kant även om vägmarkeringen har använts som begränsning för analysen. I detta projekt har vi valt att inte identifiera sprickor utanför vägmarkeringen. De värden som sparats i databasen har klassificerats utifrån maximal sprickbredd. Värden inom 5–10 mm klassificeras som 1, värden inom 10–15 mm som 2 och slutligen värden >15 mm som 3. Sprickor med bredden 0–5 mm klassas som 0, vilket innebär att vi inte tar hänsyn till dessa i analysen.

### *Potthål*

Standardinställningar används i beräkningen. Det innebär att minsta diameter för att ett potthål ska identifieras är 150 mm och största diameter är 750 mm. Minsta medeldjup är 5 mm och minsta area är 0,005 m<sup>2</sup>.

### *Stensläpp*

I algoritmen beräknas Raveling Index (RI) med enheten cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Värdet ska med andra ord motsvara den volym sten som lossnat per 1 m<sup>2</sup> yta. Inga inställningar kan ändras i beräkningen förutom att användaren kan välja ifall identifiering av sprickor ska exkluderas inom ytor med stensläpp större än ett angivet RI-värde. I detta projekt väljs att inte exkludera sprickor. Värden som sparats i databasen har klassificerats utifrån RI. Värden inom 50–100 klassificeras som 1, värden inom 100–250 som 2 och värden >250 som 3. Mer information om beräkning av RI beskrivs i Bilaga 5.

### *Pick-out*

Mått på förekomsten av att enstaka stenar släpper från beläggningen. Standardinställningar används i beräkningen. Det innebär att minsta area för att klassa en sten som ”pick-out” är 0,75 cm<sup>2</sup> och största area är 7 cm<sup>2</sup> (motsvarar en rund sten med diametern 10 till 30 mm).

### *Blödning*

I beräkningen jämförs ytorna i hjulspåren med ytan mellan hjulspåren och redovisas som ”Bleeding Index<sup>3</sup>”. I analysen har standardinställningar använts vilket innebär att beräkningarna bygger på längden på området som används för att detektera blödning är 0,5 m samt att ”Bleeding Index” större än 2,0 klassas som Allvarlig och att ”Bleeding Index” mindre än 1,75 klassas som Icke blödning.

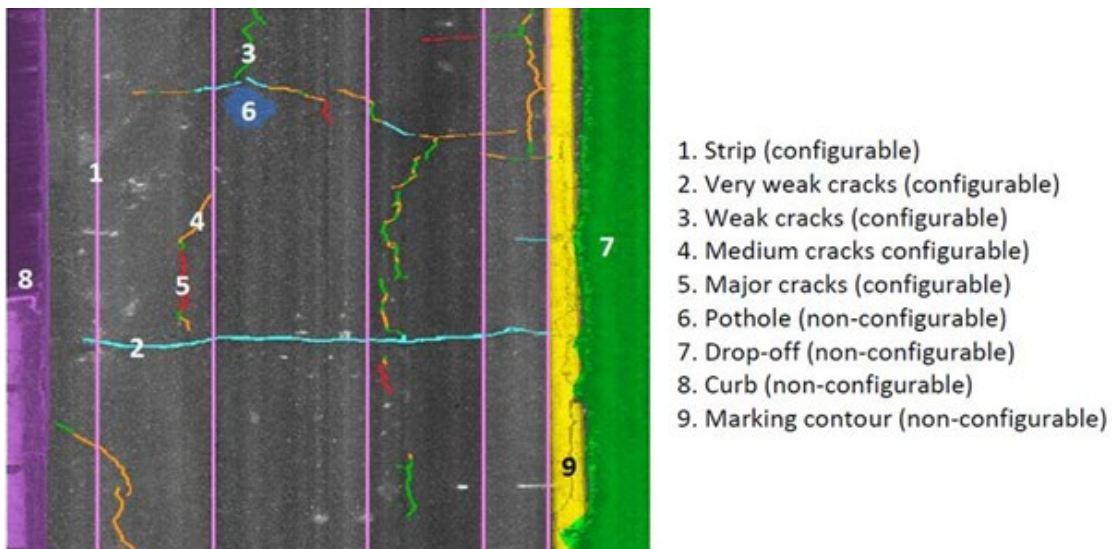
### *Lagade sprickor*

Identifiering av lagade sprickor bygger på jämförelse av släthet och kontrast över den inmätta ytan. Lagade sprickor antas vara slätare än omgivande asfalt och dessutom ha en annan kontrast. Standardinställningar har använts i analysen vilket innebär att arean för en lagad spricka måste vara större än 0,02 m<sup>2</sup> och att skillnaden i ”släthetsindex<sup>3</sup>” mellan lagad spricka och asfalten måste vara större än 0,2.

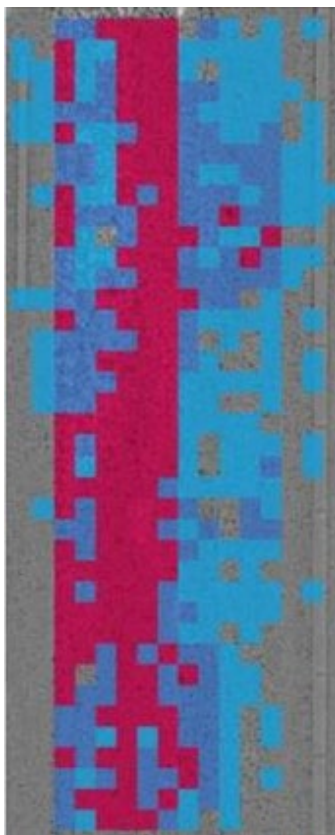
Från systemet kan bilder produceras där skadan markeras som ett område eller en vektor. Olika färger får olika betydelse. Om för mycket information presenteras i en bild blir det svårt att överblicka alla skador därför går det att välja vilka skador som ska ritas ut i bilden. Nedan följer två exempel från analysmanualen för Pavemetrics programvara.

---

<sup>3</sup> Ej definierat hur det beräknas.



Figur 6 Förklaring av hur olika skador markeras i Pavemetrics analysprogram. Källa: Pavemetrics.



Figur 7 Markering av olika grad av raveling (stensläpp) för en 10 m sträcka från Pavemetrics analysprogram. Källa: Pavemetrics.

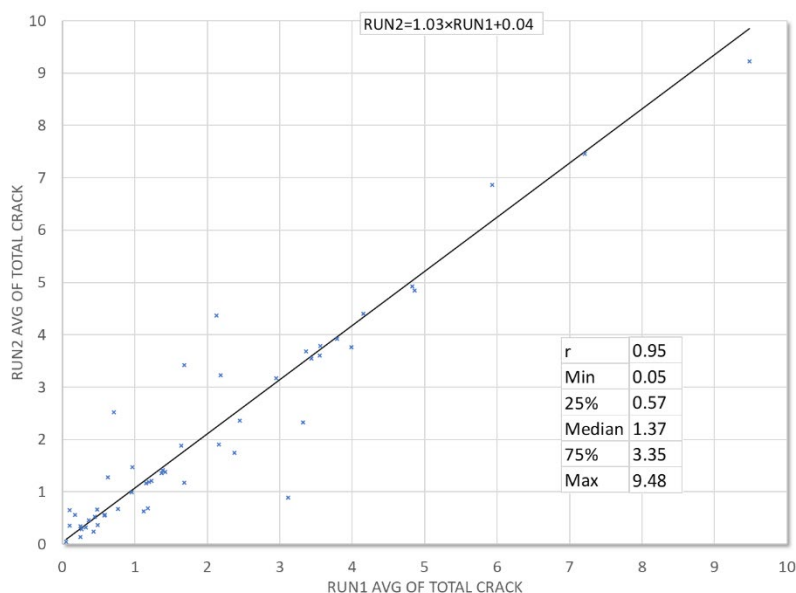
## 7. Utvärdering och analys

### 7.1. Repeterbarhet

I detta kapitel redovisas HTL-mätningens repeterbarhet. De sträckor som ingår i studien är inte slumpmässigt utvalda (se kapitel 8.1). Sträckorna i studien har mer skador än ett slumpmässigt urval skulle ha haft. Detta ger sannolikt upphov till en bättre repeterbarheten än i ett slumpmässigt urval.

#### 7.1.1. Mätning av sprickor och krackeleringar

Mätssystemet skiljer inte på sprickor och krackeleringar. En krackelerad väg gör att andelen av vägytan som är sprucken ökar. De sträckor där två mätningar är utförda ligger till grund för analysen av repeterbarhet. Det ska återigen noteras att mätningarna har utförts med kort tidsmässigt mellanrum, d.v.s. förhållandet är detsamma vid båda mättillfällena. Vi inleder med att se på repeterbarheten för sträckornas medelvärde. En sträcka representerar en riktning och dess längd är normalt tre till fem kilometer. Vi har totalt 51 sträckor där det finns en repetition.

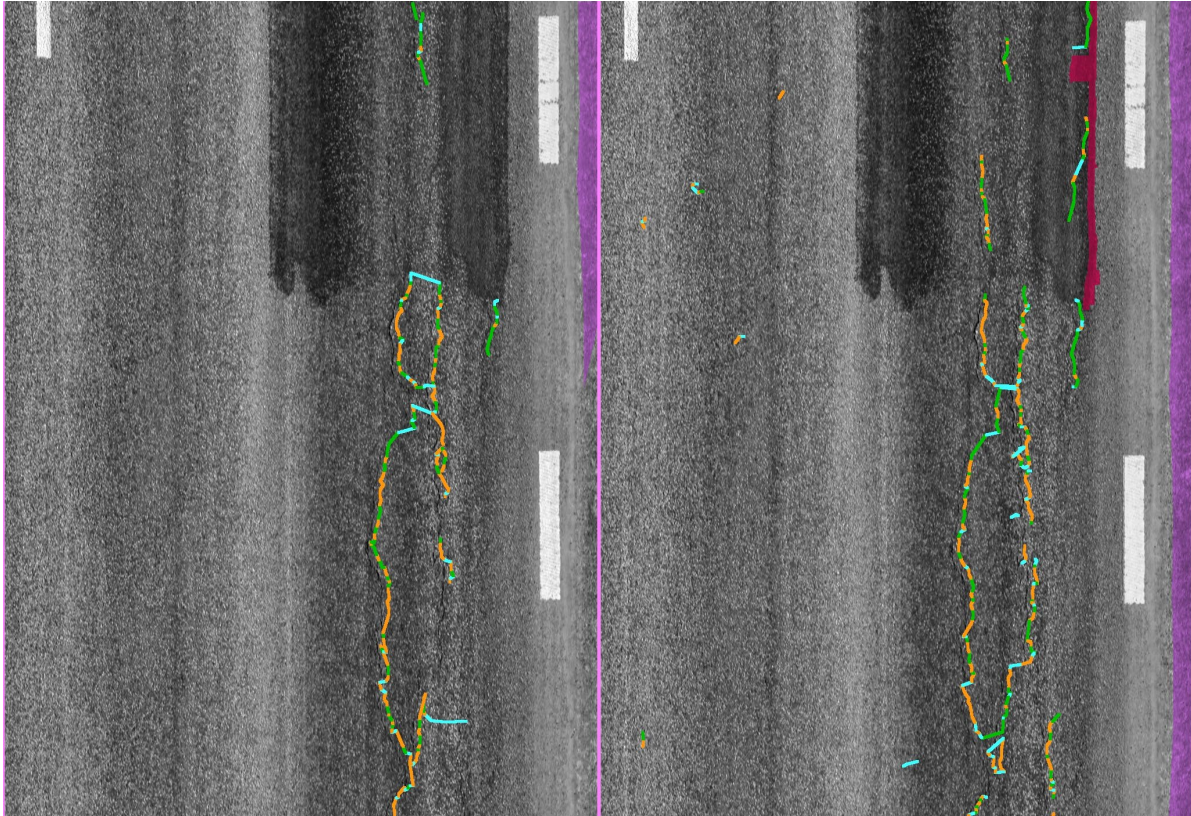


Figur 8 Upprepad mätning av andelen sprucken yta för en hel sträcka.

Korrelationskoefficienten mellan de upprepade mätningarna ligger på 0,95. För ett par sträckor är överensstämmelsen sämre mellan repetitionerna, t.ex. mätningen på väg 108 mellan Tungan och Södervidinge i Skåne där mätning 1 har i genomsnitt 3,1 % sprucken vägyta per 10 m och motsvarande siffra för mätning 2 är 0,9 %. Den andra riktningen på samma sträcka har också stora skillnader fast åt andra hållet, mätning 2 har färre sprickor per 10 m. Förhållandet vid mätningarna var detsamma, soligt och torr vägbana. I bilderna nedan ser vi att den andra mätningen har detekterat fler små sprickor än repetition 1, men de större sprickorna har hittats i båda repetitionerna. Ett exempel visas i Figur 9 och Figur 10.



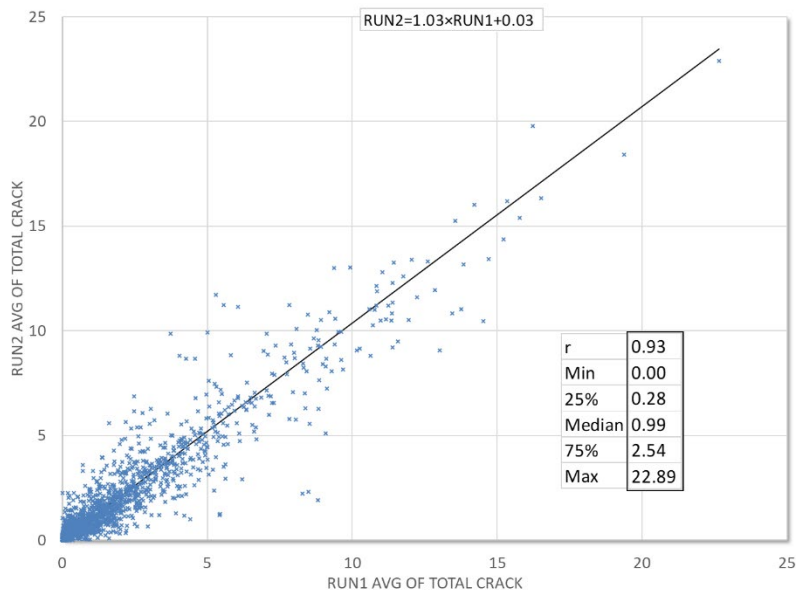
*Figur 9 Översiktsbild av väg 108. Området mellan de parallella linjerna motsvarar nedanstående analys av sprickor. Foto: Automatiskt taget från mätbil.*



Figur 10 Analys av sprickor från LCMS-systemet. Två repeterade mätningar.

Några direkta förklaringar till olikheten i resultatet finns inte.

Vi går vidare med att se på repeterbarheten för 100-meterssträckor. Totalt 1 684 100-meterssträckor finns med två HTL-mätningar. Den parameter som jämförs är medelvärdet av andelen sprucken yta per 100 m. Figuren nedan visar resultatet.



Figur 11 Upprepad mätning av andelen sprucken yta för en 100 m sträcka.

En korrelationskoefficient på 0,93 visar på en god överensstämmelse. En sträcka är exkluderad i analysen p.g.a. att mätningen i ena riktningen inte fungerade (inga mätvärden erhöles).

Om vi studerar sprickorna på en mer detaljerad nivå kan olika klasser av allvarlighetsgrad särskiljas. Skillnaden mellan klasserna baseras på sprickans bredd (för utförligare beskrivning av klasser se kapitel 8.3). Utöver detta kan andelen sprickor i de olika zonerna tvärs vägen undersökas. Nedan följer en tabell som visar korrelationskoefficienten inom klasser och zoner.

*Tabell 9 Korrelationskoefficient för HTL för andelen sprucken yta för olika klasser av allvarlighetsgrad (1 låg – 3 hög) samt för sprucken yta inom olika laterala zoner (1 vänster – 4 höger). Resultatet redovisas för hela sträckan, 100 m medelvärden och 20 m medelvärden.*

Repeterbarhet		Klass1	Klass2	Klass3	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4
Korrelation för sträcka	51 sträckor	0,94	0,94	0,95	0,89	0,94	0,96	0,91
Korrelation för 100 m	1 684 sektioner	0,92	0,93	0,92	0,80	0,92	0,92	0,91
Korrelation för 20 m	8 336 sektioner	0,87	0,88	0,87	0,72	0,87	0,86	0,86

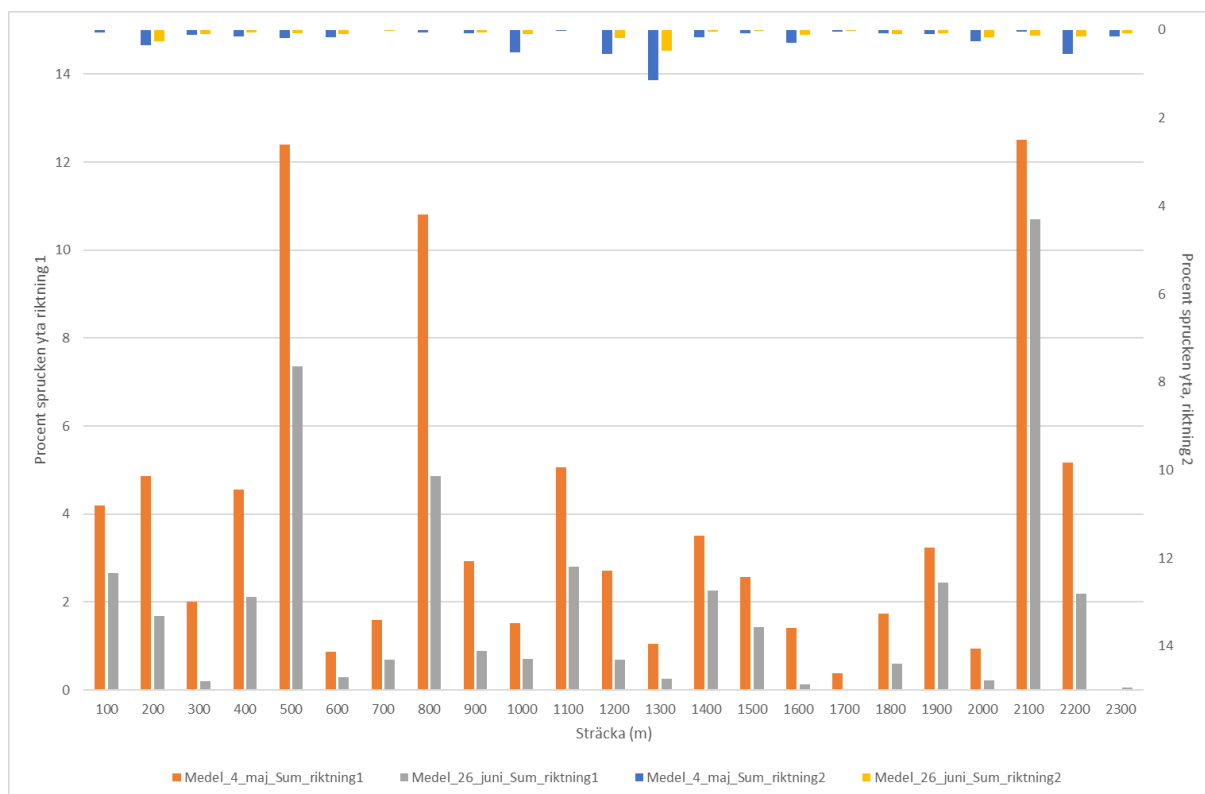
Vi ser att korrelationskoefficienten är ungefär lika bra för alla klasser. Ser vi det ur en teknisk synvinkel borde det vara lättare att upptäcka en grov spricka än en hårfin men å andra sidan upptäcks färre grova sprickor. Ser vi istället till uppreparheten för olika delar av vägen i sidled har zonerna 2, 3 och 4 bäst uppreparhet. Zon 5 används inte p.g.a. att den oftast ligger utanför kantlinjen. Zon 1, som ligger i laserns ytterområde, närmast vägmitt, har den sämsta repeterbarheten.

Ett ”problem” med att tillståndsbeskriva vägnätet, speciellt det sekundära, är att det är föränderligt. Varje vår sker omfattande driftåtgärder som återställer de värsta skadorna som uppkommer vintertid och vid tjällossning. Det gäller framförallt sprickor, krackeleringar och slaghål som lagas eller lappas. Detta gör att denna typ av mätning är en färskvara. En av sträckorna i Östergötland (E758) mättes i början av maj och i slutet av juni, se Figur 12. Av bilderna från mätningarna att döma har sprickor och ytskador lagats mellan mättillfällena. Mättillfälle 1 ger nästan dubbelt så stor andel sprucken yta som mätning 2, se Figur 13. Bilderna nedan visar tillståndet från tre olika sektioner vid tillfälle 1 (till vänster) och 2 (till höger). Från bilderna ser vi att driftåtgärder satts in för att täta ytan.



*Figur 12 De tre bilderna till vänster visar tillståndet på väg E758 4 maj, innan driftåtgärder, och de tre bilderna till höger motsvarande sektioner 26 juni, efter driftåtgärder. Foto: Automatiskt taget från mätbil.*

Denna sträcka har stora skillnader i andel sprickor i riktning 1 och 2, data och intrycket från bilderna och resultatet i Figur 13 stämmer väl överens.



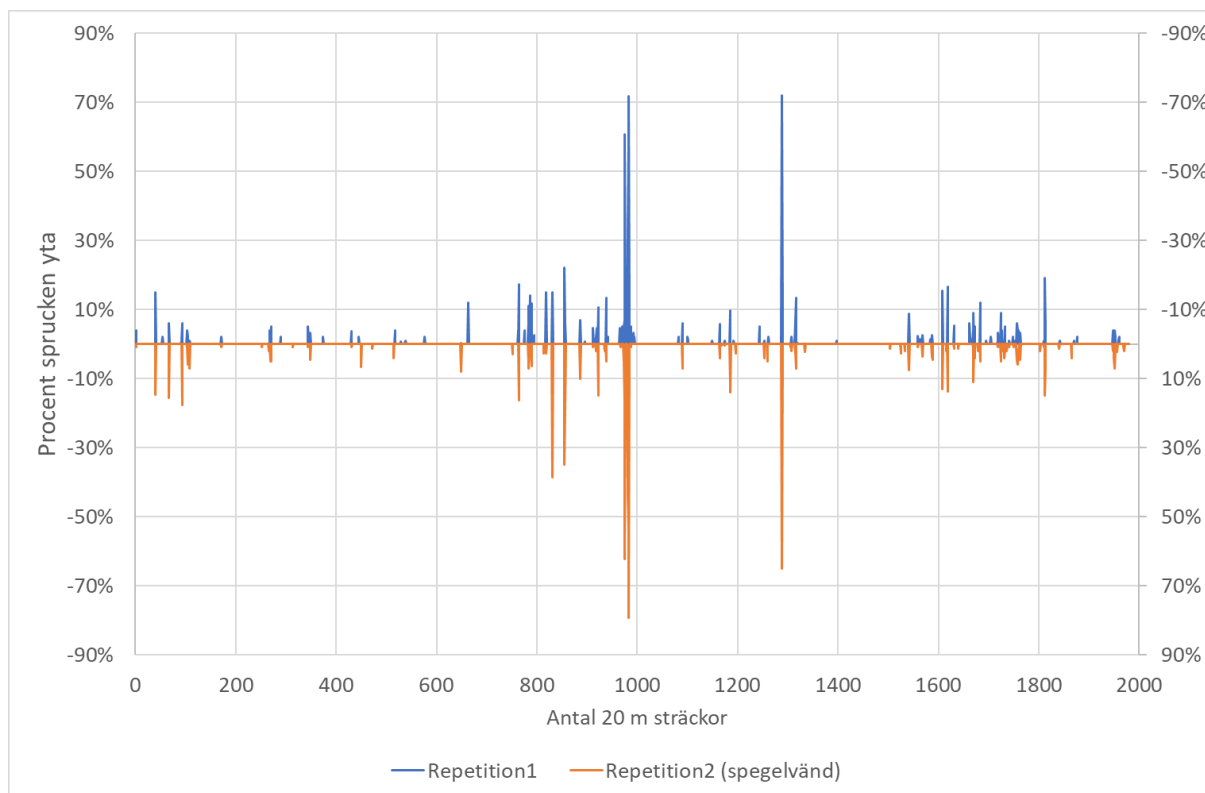
Figur 13 Mätning av procent sprucken yta med HTL vid två olika tillfällen. Riktning 1 presenteras i figurens nedkant och riktning 2 i ovkant.

#### 7.1.1.1. Upprepad mätning av sprickor från en alternativ leverantör, #2

En av de leverantörer som deltog med mätning av sträckorna i Östergötland har analyserat båda repetitionerna av sina mätningar. Vi väljer att analysera hela mätbredden, d.v.s. ett värde för alla fem zoner. Detta redovisas i Figur 14. Korrelationskoefficienten är hög tack vare det stora omfånget i data, den ligger på 0,93. Resultatet från leverantören visar att

- 92 % av 20 m sträckorna har inga sprickor i någon av de två repetitionerna.
- 4% av 20 m sträckorna har sprickor i båda repetitionerna.
- 4% av 20 m sträckorna har sprickor endast i ena repetitionen.

I Figur 14 ser vi att systemet hittar sprickor vid samma sektioner även om det finns ett par mindre avvikelser. De skillnader som finns är framförallt i sektioner med låg andel sprucken yta.



Figur 14 Andel sprucken yta, upprepad mätning.

### 7.1.2. Stensläpp, åldrad beläggning och materialförluster

Stensläpp, åldrad beläggning och materialförluster är alla defekter som är förknippade med varandra. De mått som finns i LCMS-systemet som kan beskriva dessa effekter är ”raveling” och ”pick-out”. Pick-out är benämningen på skador hos en åldrad beläggning då enstaka stenar släpper i beläggningens yta. Trafikanten märker ofta inte dessa defekter men de är ett förstadium för mer allvarliga defekter då större partier av ballast försvinner. Raveling beskriver den andra fasen av stensläpp, som kan uppmärksammas av trafikanten som en bullrig och rå yta med små ojämnheter. När stensläppen utvecklas vidare kan ytan börja släppa större delar, materialförluster. En väg i denna fas är okomfortabel att färdas på och trafikanten försöker undvika de värsta ojämnheterna.

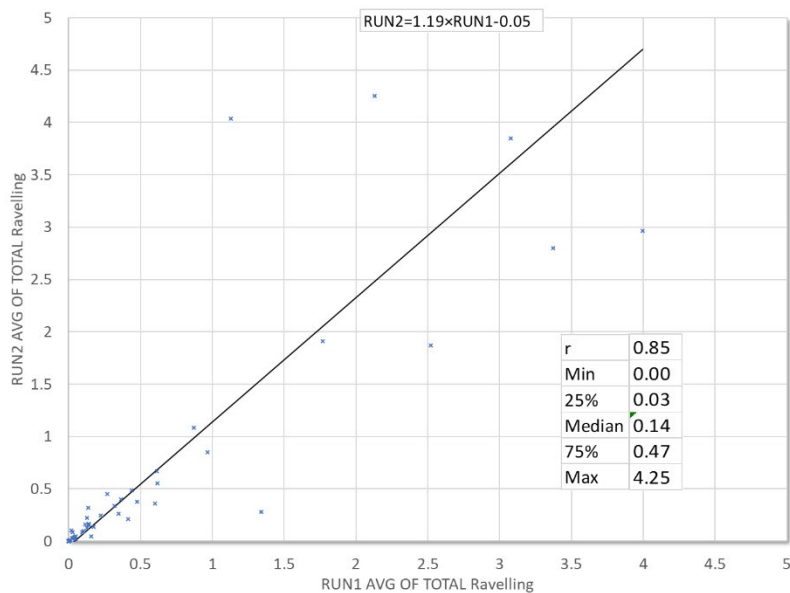
#### 7.1.2.1. Pick-out

Möjligheten att ta fram andel yta som har pick-out finns i LCMS-systemet men det har inte analyserats.

#### 7.1.2.2. Raveling - stensläpp

Stensläpp (raveling) beskrivs i LCMS-systemet på samma sätt som sprickor, i tre allvarlighetsklasser och i fyra zonerna tvärs vägen. Dessutom finns en beskrivning av andelen av hela ytan med stensläpp som vi undersöker inledningsvis. Mer information om hur raveling beräknas i LCMS-systemet finns beskrivet i Bilaga 5.

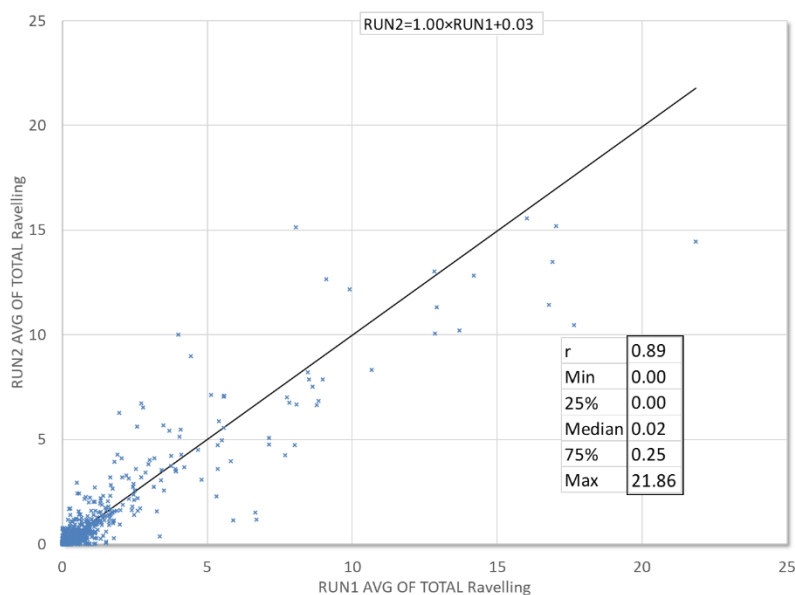
Vi börjar med att se på upprepad mätning av stensläpp, beskrivet av raveling, i LCMS-systemet på den översiktliga nivån, medelvärde över hela sträckan, se Figur 15 (51 sträckor).



Figur 15 Upprepad mätning av stensläpp (raveling) med LCMS-systemet. Jämförelse av medelvärden för hela sträckor.

Mätningen på de flesta sträckorna har relativt god repeterbarhet men vissa, speciellt höga värden (mycket stensläpp), har relativt stora skillnader mellan repetitionerna. Korrelationskoefficienten ligger på 0,85.

Vi går vidare med användning av 100 m värden, den rapportlängd som normalt används i Trafikverkets underhållsstandard.



Figur 16 Upprepad mätning av stensläpp (raveling) med LCMS-systemet. Jämförelse av medelvärden för 100 m sträckor.

Överlag är repeterbarheten god men avvikelser finns. Korrelationskoefficienten är 0,89, något bättre än motsvarande för medelvärdet över hela sträckan.

Om vi studerar en mer detaljerad nivå av stensläpp kan olika klasser av allvarlighetsgrad särskiljas. Skillnaden mellan klasserna baseras på Raveling Index (förklaras närmare i kapitel 8.3). Utöver detta kan andelen stensläpp i de olika zonerna tvärs vägen kontrolleras. Nedan följer en tabell som visar korrelationskoefficienten för repeterbarheten inom klasser och zoner.

Tabell 10 Korrelationskoefficient för HTL för andelen av ytan som har stensläpp för olika klasser av allvarlighetsgrad (1 låg – 3 hög) samt för andel yta med stensläpp i olika laterala zoner (1 vänster – 4 höger). Resultatet redovisas för hela sträckan, 100 m medelvärden och 20 m medelvärden.

Repetierbarhet		Klass1	Klass2	Klass3	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4
Korrelation för sträcka	51 sträckor	0,91	0,87	0,74	0,86	0,91	0,96	0,89
Korrelation för 100 m	1684 sektioner	0,93	0,91	0,71	0,78	0,92	0,95	0,89
Korrelation för 20 m	8336 sektioner	0,90	0,87	0,59	0,70	0,87	0,91	0,85

Liksom för sprickor ger zon 1, i mätgivarens utkant, sämst upprepbarhet avseende raveling. Skadeklass 3, som har de mest allvarliga skadorna, har få observationer vilket påverkar upprepbarheten.

Det finns avsnitt på vissa sträckor med stora avvikelser som har en stor inverkan på resultatet. Följande bilder visar en sektion (20 m) som har 22 % stensläpp i den första mätningen och endast 4 % i den andra.

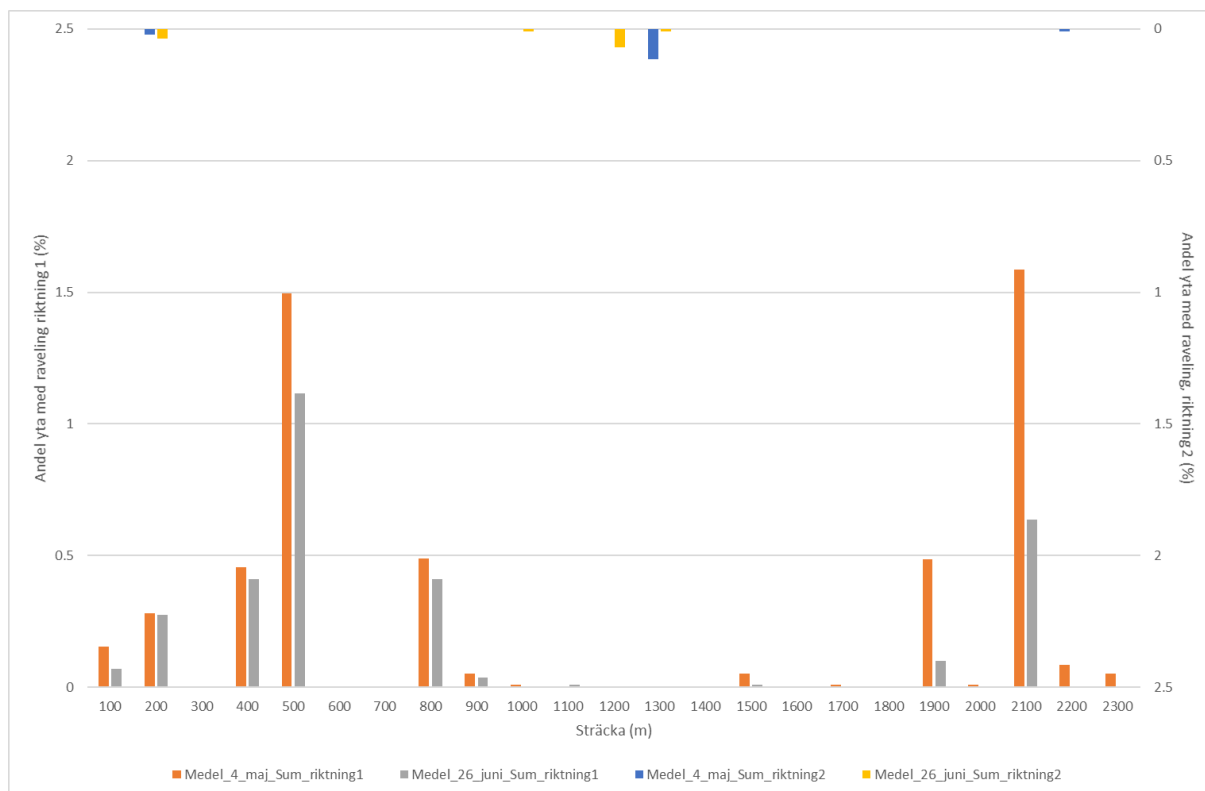


Figur 17 En sektion med stor skillnad mellan upprepade mätningar av stensläpp. Mätning 1 till vänster och 2 till höger. Foto: Automatiskt taget från mätbil.

Av bilderna ovan att döma är tillståndet likvärdigt för de båda repetitionerna.

LCMS-systemet mätte sträcka 16-758ho vid två tillfällen. Det är samma sträcka som analyserades avseende sprickor (kapitel 9.1.1) där driftåtgärder förbättrat vägen mellan mättillfällena. Bilder från mätningarna finns i Figur 12.

Även här har driftåtgärderna påverkat resultatet avsevärt, speciellt i den av vägens riktningar som hade störst defekter.



Figur 18 Andel yta med raveling vid två olika mättillfällen. Driftåtgärder mellan mättillfällen. I nederkant redovisas riktning 1 och således riktning 2 i ovankant.

I den riktningen som är i sämst kondition har andel yta med raveling minskat med 41 % efter driftåtgärden och i den andra riktningen är minskningen ca 14 %.

### 7.1.3. Blödning

Möjligheten att ta fram andel yta som har blödning finns i LCMS-systemet men det har inte förekommit i tillräckligt hög utsträckning på de sträckor som undersökts, för att en analys ska vara meningsfull.

### 7.1.4. Potthål/slaghål

Möjligheten att ta fram andel yta som har potthål finns i LCMS-systemet men det har inte förekommit i den utsträckning att det går att analysera repeterbarhet på de sträckor som undersökts, för att få ett meningsfullt resultat.

## 7.2. Validitet

En jämförelse mellan objektiv mätning och en bedömning är alltid svår. Bedömningen görs av en person, i det här fallet en mycket erfaren bedömare, som har sin uppfattning om skadetyper och hur allvarlig den är medan ett mätsystem ska bedöma en yta på ett enhetligt sätt oavsett yttre förutsättningar. Nu har inte bedömningen och HTL-mätningen utförts vid exakt samma tillfälle, så på ett fåtal sträckor har driftåtgärder hunnit utföras mellan HTL-mätning och den subjektiva bedömningen. Att en bedömning och en objektiv mätning har en perfekt överensstämmelse är inte att förvänta, men vi förväntar oss åtminstone att metoderna ska ha en så god överensstämmelse att underhållsbehovet rangordnas ungefär lika. Jämförelsen utförs genom en sammanvägning av de variabler som mäts och bedöms för såväl bedömningen som HTL-mätningen.

### 7.2.1. Mätning av sprickor och krackeleringar

Eftersom den subjektiva bedömningen gör skillnad på sprickor och krackeleringar men inte den heltäckande lasermätningen måste dessa variabler sammanvägas för att kunna jämföras. Vi har anammat följande metod. Skadegraden som besiktigas, från 0 till 3, anger hur betydelsefull skadan är för underhåll. Skadegrad 3 har tre ggr större betydelse än skadegrad 1. Skadegrad 2 har dubbelt så stor betydelse som skadegrad 1. En krackelering anses ha större betydelse för underhållsbehovet än en spricka, vi har valt vikterna 2 för krackelering och 1,2 för sprickor. Ett exempel visas i Tabell 11.

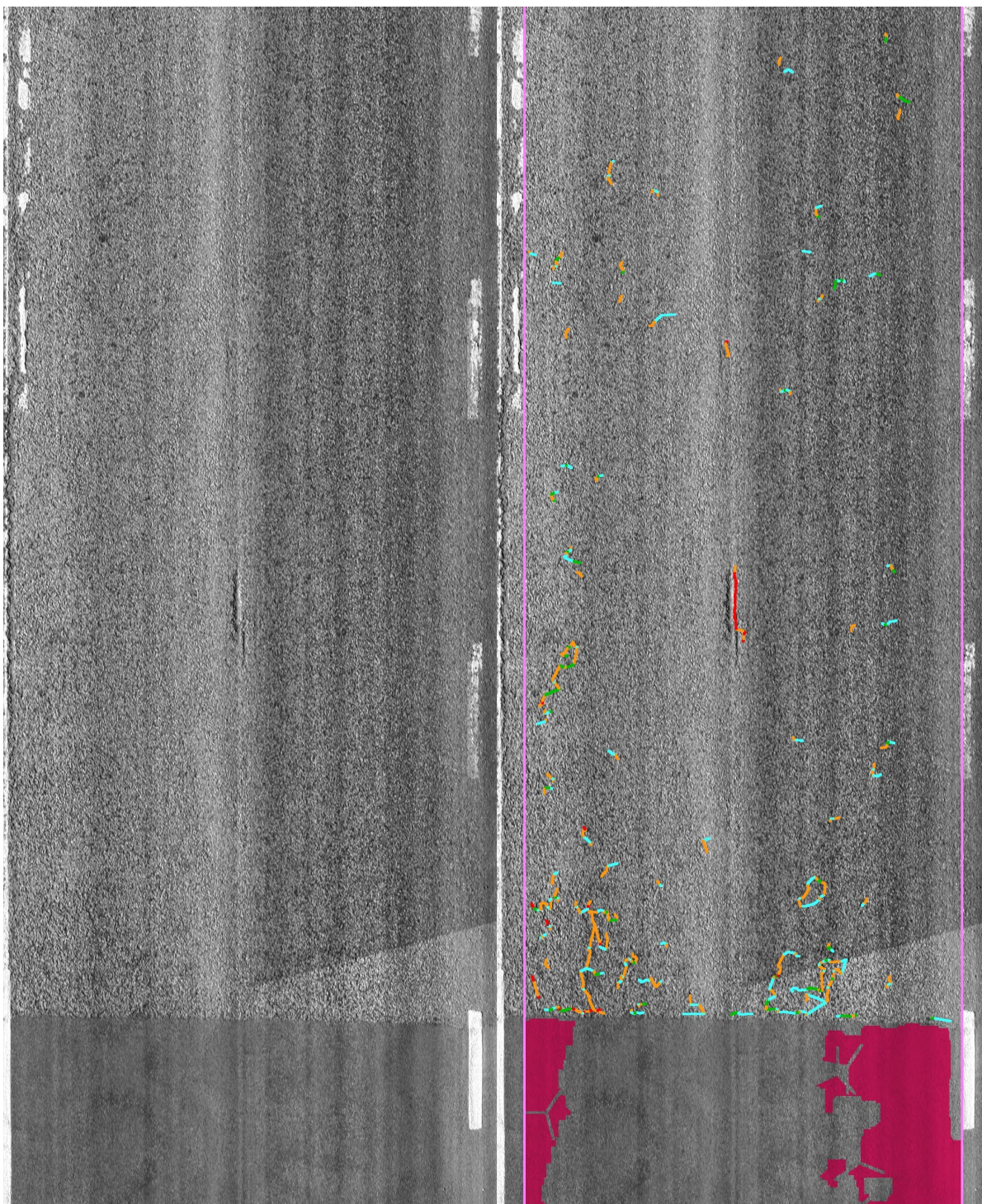
*Tabell 11 Exempel på hur resultatet avseende sprickor och krackeleringar sammanvägs från inventeringen.*

Distans	Inventering Krackelering	Inventering Spricka	Värdering av inventering
20	0	3	$0+3\times 1,2=3,6$
40	1	2	$1\times 2+2\times 1,2=4,4$
60	2	1	$2\times 2+1\times 1,2=5,2$
80	3	1	$3\times 2+1\times 1,2=7,2$
100	0	0	$0+0=0$

Ett medelvärde skapas dels per 100 m och dels per sträcka. Dessa används för jämförelse med resultatet av den heltäckande lasermätningen. Vi kommer att studera validiteten genom att jämföra hur inventeringen respektive den objektiva mätningen (HTL) värderar sprickorna för hela sträckorna, från sämst (prioritet 1) till bäst. I Bilaga 2 visas rangordningen för sträckorna utifrån inventering och mätning. Mätning och inventering gör olika bedömning av vilken sträcka som bör prioriteras för underhåll. I och med att överensstämmelsen inte är bättre så går vi inte vidare med att studera överensstämmelsen på 100 m nivå. Vi har valt att redovisa och analysera två sträckor i detalj, en med stora skillnader i rangordning och en där resultaten har bra överensstämmelse. Vi börjar med sträcka 1179do11, Länsväg 1179 i Skåne, en ABS11 som har en åldrad beläggning med ytskador. Här visar HTL- mätningen allvarlig sprickbildning med hög andel sprucken yta medan inventeringen tvärtom visar låga nivåer av sprickbildning. Om vi betraktar vägen från översiktsbilderna vid mätningen ser vi en grov beläggning som har börjat tappa en hel del sten.



*Figur 19 Väg 1179 i Skåne. Åldrad beläggning med stensläpp, ABS11. Foto: Automatiskt taget från mätbil.*



*Figur 20 Data från LCMS-systemet. Till vänster bilden utan överlagrad information och till höger med detekterade sprickor överlagrade i bilden. De mekaniska skadorna i bilderna kan även ses i Figur 19.*

Vi ser att den grova texturen uppfattas som sprickor av systemet. Det är problem med ytan på denna sträcka och systemet detekterar detta som sprickor men problemet är egentligen stensläpp. När vi har analyserat sprickor har vi använt LCMS-systemets standardinställningar med undantag av minsta längd på spricka som måste vara 100 mm för att detekteras. Det finns ytterligare möjligheter att begränsa vad som systemet tolkar som en spricka, t.ex. minsta längd på sprickan och att utesluta analys av sprickor i områden som detekteras som ”raveling”. Sträcka 1179 har därför testats med fem olika inställningar.

1. Original: (standardinställningar förutom 100 mm som minsta spricklängd).
2. Exkludera RI (raveling index) > 50: Sprickor tas bort i område med raveling index större än 50 (måttlig raveling)
3. Exkludera RI > 100: Sprickor tas bort i område med raveling index större än 100 (mycket raveling)
4. Min längd 300 mm: Sprickor kortare än 300 mm tas bort
5. Exkludera RI>100 + Min längd 300: Både 3 och 4.

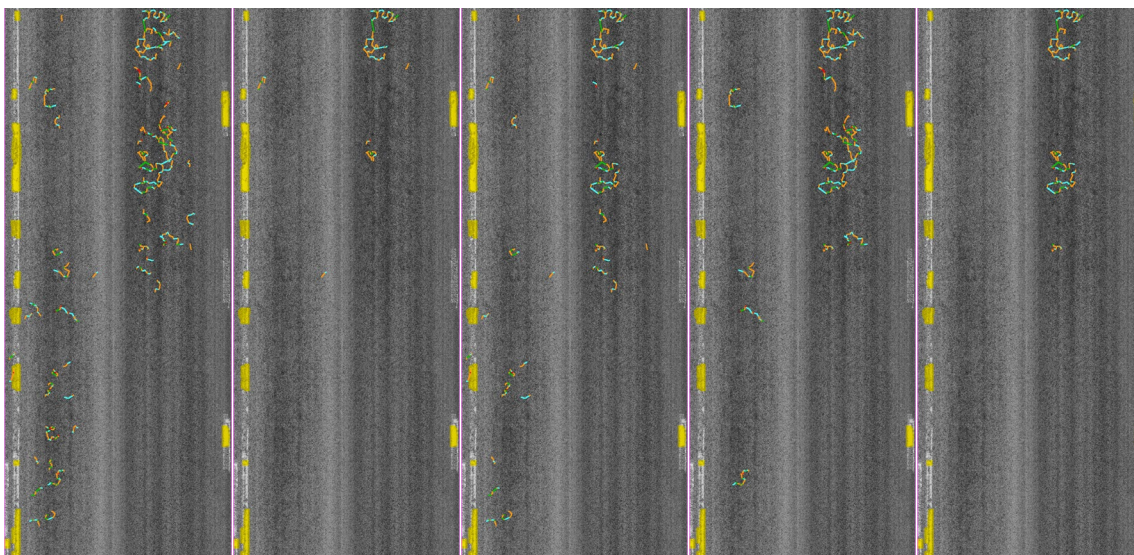
Ser vi till effekten av inställningarna borde punkt 1 ge störst spricklängd och punkt 5 eller punkt 2 den minsta.

Nedanstående tabell visar den summerade spricklängden per mätning och riktning från de fem olika analysinställningarna.

*Tabell 12 Summa spricklängd för sträcka 1179, beräknat med olika analysinställningar i LCMS-systemets programvara. (RI = Raveling Index)*

<b>Mätning</b>	<b>Original</b>	<b>Exkludera RI&gt;50</b>	<b>Exkludera RI&gt;100</b>	<b>Min längd 300 mm</b>	<b>Exkludera RI&gt;100 + Min längd 300</b>
<b>1179 mätning 1 österut</b>	1585	978	1264	1093	860
<b>1179 mätning 2 österut</b>	1632	1003	1292	1128	886
<b>1179 mätning 1 västerut</b>	1396	662	918	920	599
<b>1179 mätning 2 västerut</b>	1489	692	960	994	615

Resultatet visar att inställningen ”exkludera sprickor vid RI>50” tar bort mellan 38 % och 54 % av spricklängden, ”exkludera sprickor vid RI>100” tar bort mellan 20 % och 36 %, ”exkludera sprickor med min-längd 300 mm” tar bort mellan 31 % och 33 % och slutligen reduceras spricklängden mellan 46 % och 59 % om vi kombinerar villkoren ”exkludera sprickor vid RI>100 och min-längd 300 mm”. Nedan ser vi visuellt hur de olika inställningarna påverkar resultatet.

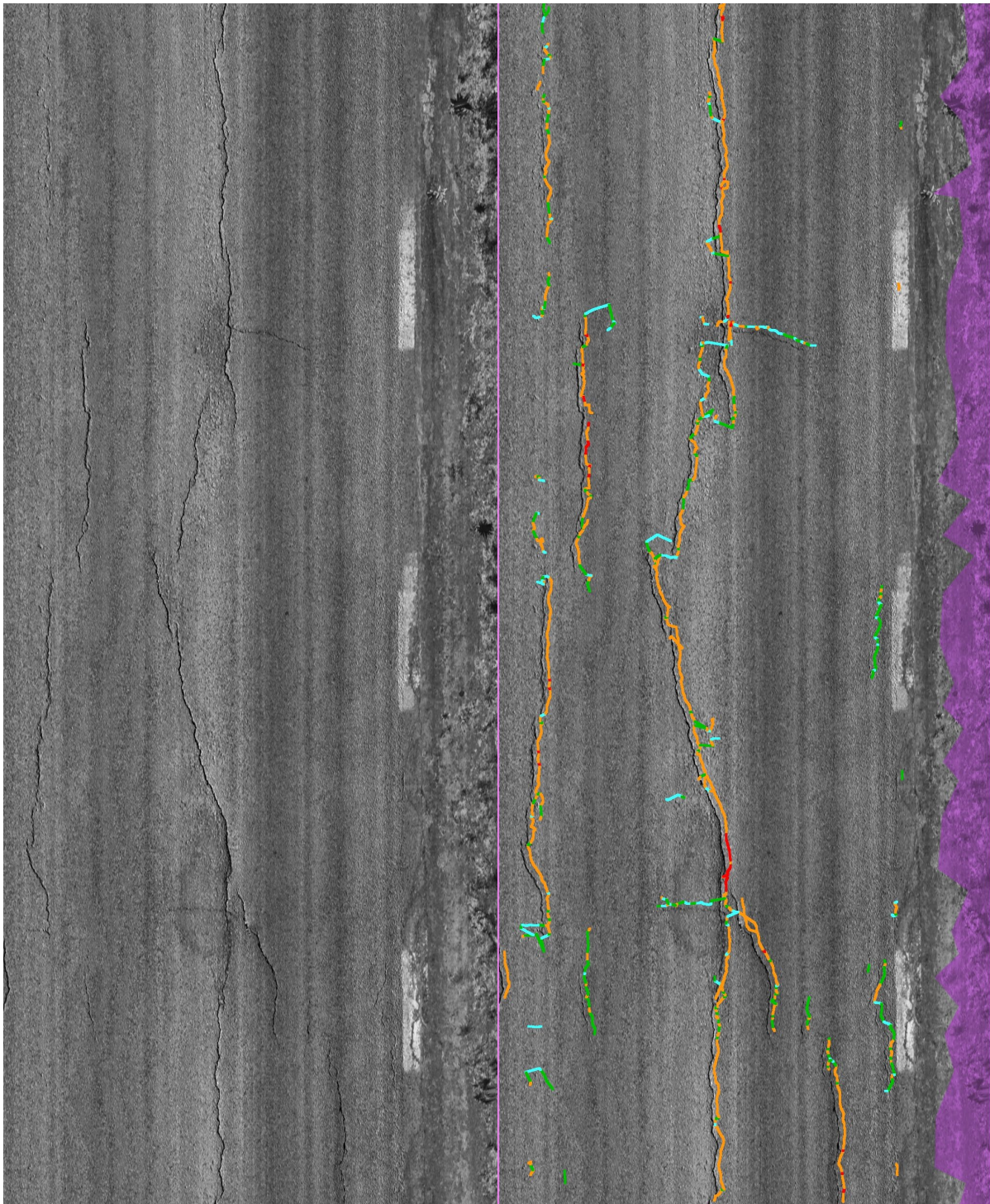


*Figur 21 En 10 m sträcka analyserad med de inställningar som beskrivs i Tabell 13. Från vänster till höger, Original, Exkludera RI>50, Exkludera RI>100, Min längd 300 mm och Exkludera RI>100 + Min längd 300.*

Vi går över till att titta på en sträcka där det råder god samstämmighet mellan sträckans rangordning baserat på inventering och heltäckande lasermätning. Väg 1002 i Dalarna (Figur 22) är en ytbehandlad sträcka där ytan är åldrad och har stensläpp och grova sprickor (tjalsprickor). Här fångar den heltäckande lasermätningen sprickbildningen på ett bra sätt, se Figur 23.



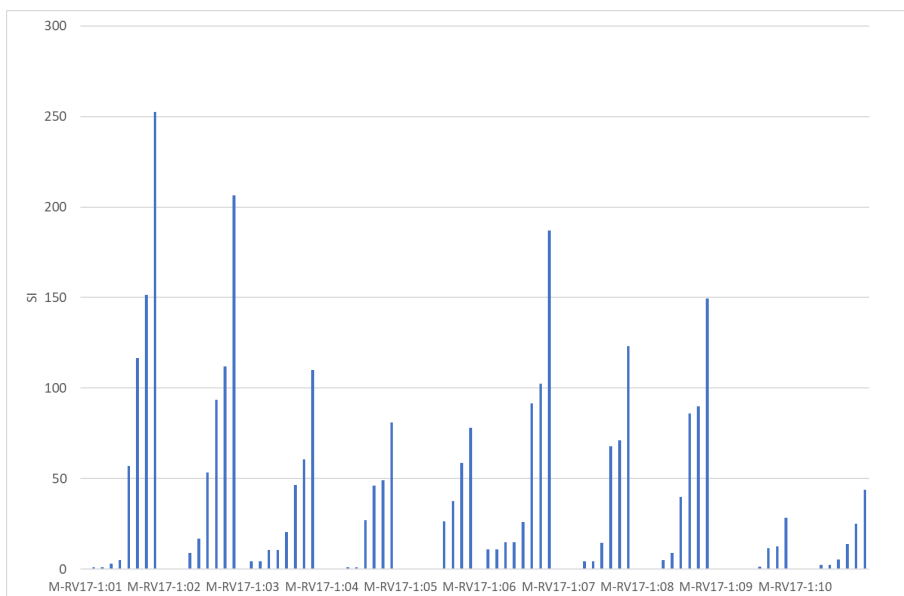
Figur 22 Väg 1002 i Dalarna. En Y1B med åldrad yta, ytskador och tjalsprickor. Foto: Automatiskt taget från mätbil.



*Figur 23 Data från LCMS-systemet. Till vänster bilden utan överlagrad information och till höger med detekterade sprickor överlagrat i bilden.*

#### **7.2.1.1. Specialstudie av LTPP-sträckan i Marieholm**

En sträcka från LTPP-projektet har använts för att göra en detaljerad jämförelse av okulär besiktning och data från HTL-mätning. Sträckan ligger på Riksväg 17 vid Marieholm i Skåne. LTPP-sträckan består av 10 delsträckor à 100 m. De sträckor som ligger inom samma 100 m sektion i vägens olika riktningarna läggs ihop när SI (sprickindex) beräknas från den okulära inventeringen. Figur 24 visar utvecklingen av SI på sträckan. Varje grupp av staplar visar utvecklingen för en dubbelriktad 100 m sträcka.



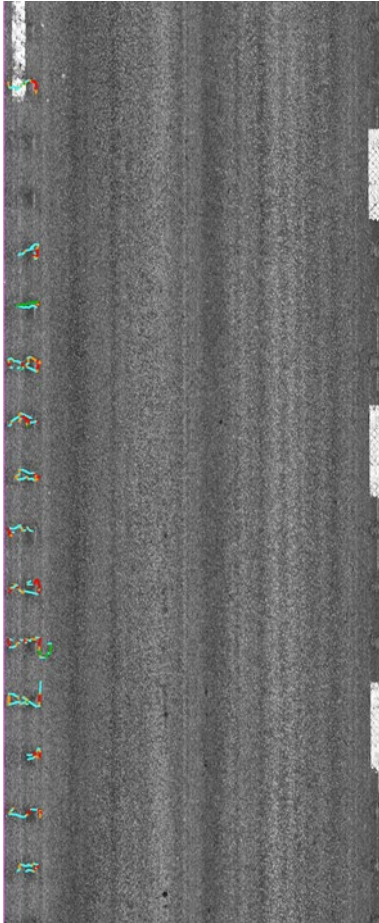
Figur 24 Utveckling av SI för de tio delsträckorna inom LTPP-sträckan på Rv17 vid Marieholm mellan åren 2009 och 2018.

På sträckan är det högsta SI över 250 vid den senaste inventeringen. Det är nivåer som normalt innebär att en väg åtgärdas. Det är också intressant att se hur stora skillnader det är mellan sträckorna trots att vägens konstruktion är densamma för alla delsträckor. Det kan bero på en eller flera av de orsaker som beskrivs i kapitel 4. Det visar på vikten att ha en heltäckande mätning längs hela vägnätet.

Vi koncentrerar oss på att studera sträcka 1 som har högst SI. Data har synkroniserats med HTL-mätningen dels genom koordinater, dels visuellt från de markeringar av sträckan som finns på vägen. Den inventering som görs inom LTPP-projektet beskrivs i kapitel 7.2. Sprickorna i LTPP-projektet inventeras i olika zoner, dessa beskrivs nedan.

- |          |                               |   |        |
|----------|-------------------------------|---|--------|
| • Läge A | Höger hjulspår i riktning 2   | A | -----  |
| • Läge B | Vänster hjulspår i riktning 2 | B | ←----- |
| • Läge C | Vänster hjulspår i riktning 1 | C | -----  |
| • Läge D | Höger hjulspår i riktning 1   | D | -----  |

Så långt som det är möjligt har samma zonindelning använts för de båda metoderna. I Tabell 13 jämförs sprickornas allvarlighetsgrad mellan inventeringen av LTPP-sträcka 1 med medelvärdet av två HTL-mätningar. Det är svårt att se några tydliga likheter mellan metoderna. I och med att endast standardinställningarna från LCMS-systemet har testats vet vi inte hur andra inställningar skulle ha påverkat resultatet. När bilder från HTL-mätningen studeras ser vi att det finns frästa räfflor vid både vägren och kantlinje som tolkas som sprickor, se Figur 25.



*Figur 25 10 m sektion av Rv17 Marieholm. Frästa räfflor ger utslag som skada i HTL-mätningen.*

Tabell 13 Jämförelse av sprickdetektering från okulär besiktning från LTPP-projektet med objektiv mätning med HTL-mätning. Läge A-D förklaras i punktsatsen ovan.

Väster Distans	Läge, LTPP				Läge, LCMS enl., LTPP			
	A	B	C	D	A	B	C	D
0	0	0	1	1	0	0	0	0
5	0	0	1	2	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0	0
20	0	3	0	2	3	3	0	0
25	1	3	0	1	0	0	0	0
30	2	0	2	3	3	3	2,63	2,43
35	2	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	3	3
45	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	3	3
55	0	0	0	0	0	0	0	0
60	1	0	0	0	2	0	3	3
65	1	0	0	0	0	0	0	0
70	0	1	0	0	0	0	3	2,5
75	0	0	0	1	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	3
85	2	0	2	0	0	0	0	0
90	0	1	2	0	0	0	3	3
95	0	0	0	0	0	0	0	0

Öster

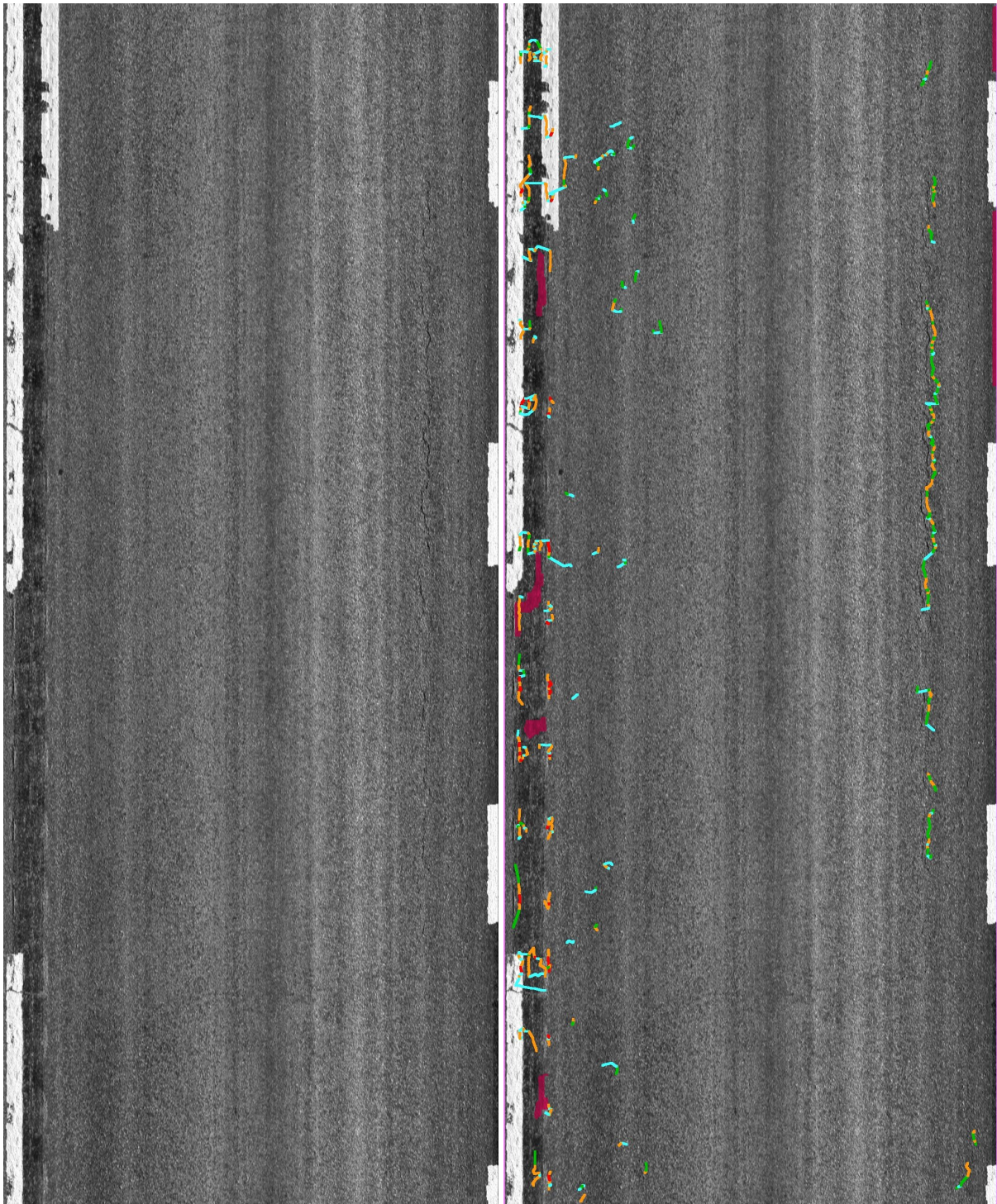
### 7.2.1.2. Jämförelse mellan olika leverantörer och subjektiv bedömning

I detta kapitel jämför vi LCMS-systemet, subjektiv bedömning och den alternativa leverantör 2. Vi rangordnar sträckorna från den sämsta (mest sprickor) till den bästa utifrån resultatet från den subjektiva bedömningen (subjektiv rang) och jämför med hur sprickmätningen från de automatiska systemen rangordnar sträckorna. Detta görs på de sträckor som mättes med båda systemen (sex sträckor i E-län). Rangordningen baseras på ett medelvärde för en sträcka då den är sammanslagen i båda riktningarna. Medelvärdet beräknas av de variabler som beskriver förekomsten av sprickor (sprickor och i förekommande fall krackelering). Mätvärdena från de båda mätbilarna ska vara jämförbara, eftersom de beskriver samma storhet, andel sprucken yta, enligt Trafikverkets metodbeskrivning (Trafikverket, 2015-B). Den subjektiva bedömningen delar upp sprickorna i krackelering och sprickor vilket skiljer sig från de automatiska systemen. Vi använder därför rangordningen (utifrån sprickförekomst) för att jämföra metoderna och systemen, se Tabell 14.

Tabell 14 Rangordning av sträckor utifrån subjektiv bedömning av sprickförekomst (mest sprickor rangordnas högst). Högt värde anger stor sprickförekomst.

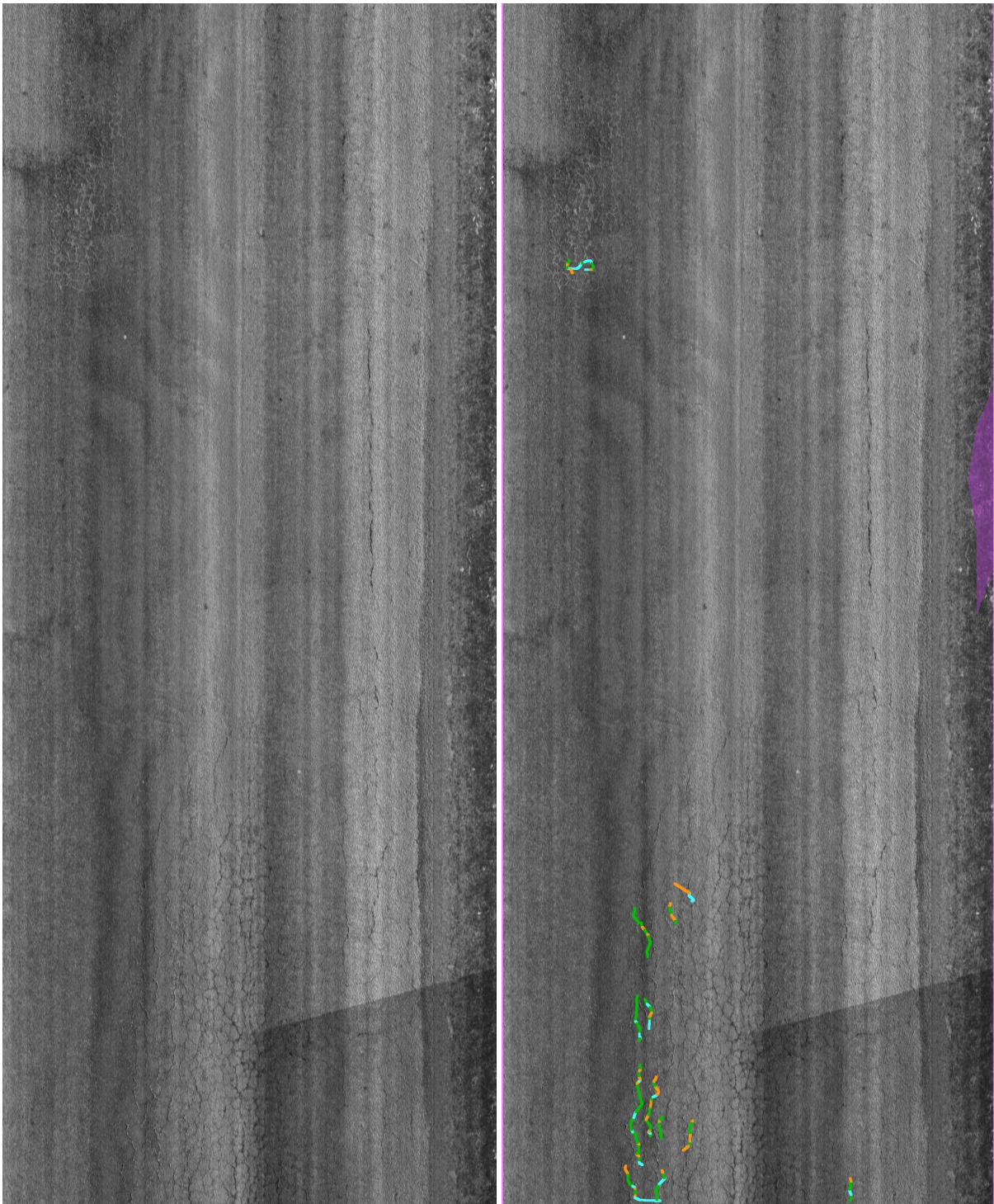
Sträcka	Subjektiv_ rang	Subjektiv_ värde	LCMS_ rang	LCMS_ värde	Alt_ rang	Alt_ värde
21-705ar	1	1,67	5	0,80%	3	0,39%
19-503od	2	0,54	2	1,62%	1	0,93%
17-134ut	3	0,31	4	0,88%	2	0,42%
16-758ho	4	0,16	1	1,98%	5	0,24%
20-610ha	5	0,06	3	1,07%	4	0,28%
18-796li	6	0,03	6	0,74%	6	0,06%

Sträckan 18-796li är vald för att den är i god kondition men innehåller ändå ett fåtal sprickor och bör därför rangordnas som bäst (6). De inställningar som är använda för LCMS-systemet ger många små sprickor på sträckan som uppkommer av ytans struktur (Figur 26). Beläggningstyp är ABS16. Det finns dock möjligheter att filtrera bort små sprickor genom att ändra inställningar i analysystemet, vilket vi inte har gjort. 18-796li har ändå alla systemet rangordnat som bäst.



*Figur 26 Sträcka 18-796li. En korrekt detekterad spricka till höger i bilden och mycket falska identifikationer till vänster.*

Den sträcka som den subjektiva metoden rankar som sämst är 21-705ar, en väg med stora strukturella problem (sprickor och krackeleringar), se Figur 27.



*Figur 27 Ett avsnitt av 21-705ar med krackeleringar där LCMS-systemet missar mycket skador.*

På sträckan 21-705ar skiljer sig rangordningen mellan LCMS-systemet och den subjektiva bedömningen på grund av att en stor del av krackeleringarna inte detekteras (Figur 27).

### **7.2.1.3. Detaljstudie, jämförelse mellan tre olika mätsystem**

Tre olika leverantörer har analyserat sprickor i ena riktningen på en av sträckorna, 19-E503od. En jämförelse av resultaten per 20 m kan ses i Tabell 15. Resultatet redovisas i 5 zoner. LCMS-systemet

detekterar mycket sprickor, leverantör 1 ger få sprickor och leverantör 2 ger någonstans mellan leverantör 1 och LCMS. Vi ser ändå att områden med stor andel sprucken yta (4 500 m, 4 640 m och 4 840 m) ger utslag för alla mätsystem. Detta visar på svårigheten att tolka sprickor i vägtytan och svårigheten för en vägmyndighet att hantera olika mätsystem för sprickdetektering. Hela sträckan finns redovisad i Bilaga 6.

Tabell 15 Jämförelse mellan tre olika mätsystem för detektering av sprickor. Värdena visar andel sprucken yta per 20 m och per zon<sup>4</sup>.

Distans	LCMS					Lev,1					Lev,2				
	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5
4380	1,3%	0,4%	0,0%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	0,1%	3,0%
4400	3,8%	0,8%	1,3%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	3,1%
4420	0,0%	1,3%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	5,9%	18,3%	2,4%
4440	0,0%	0,4%	0,6%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	1,4%	4,0%	0,0%
4460	2,5%	2,1%	3,8%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%	0,8%	0,1%	2,3%	17,2%	0,0%
4480	5,0%	4,6%	4,4%	3,8%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%	0,0%	0,1%	8,1%	20,0%	0,5%
4500	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	0,0%	0,0%	44,0%	2,0%	0,0%	0,1%	1,9%	18,1%	38,6%	0,7%
4520	1,3%	0,4%	0,9%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,7%	0,0%
4540	1,3%	1,7%	4,1%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	1,3%	2,0%	0,0%
4560	2,5%	1,3%	0,9%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,9%	0,0%
4580	0,0%	0,8%	0,9%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4600	0,0%	1,3%	0,9%	1,3%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	9,7%	0,0%
4620	7,5%	6,7%	6,6%	9,6%	8,8%	0,0%	0,0%	2,0%	31,0%	0,0%	0,0%	0,1%	22,3%	28,3%	0,0%
4640	10,0%	9,2%	10,0%	9,2%	10,0%	0,0%	0,0%	5,0%	52,0%	0,0%	0,0%	0,2%	37,1%	41,5%	1,0%
4660	6,3%	5,4%	6,3%	6,3%	7,5%	0,0%	0,0%	5,0%	65,0%	0,0%	0,2%	0,1%	11,4%	38,6%	0,0%
4680	2,5%	3,3%	5,0%	2,9%	3,8%	6,0%	0,0%	0,0%	11,0%	0,0%	6,6%	0,2%	0,2%	6,6%	0,0%
4700	0,0%	1,3%	1,3%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4720	2,5%	2,5%	3,8%	4,2%	6,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	10,5%	24,8%	0,0%
4740	5,0%	2,1%	1,3%	1,7%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%	0,1%	0,2%	1,2%	4,8%	0,2%
4760	0,0%	1,3%	0,6%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	7,6%	0,0%
4780	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%
4800	0,0%	2,1%	0,9%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,8%	2,7%	3,3%
4820	1,3%	1,3%	1,6%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	1,4%	0,5%
4840	5,0%	2,5%	2,2%	3,8%	3,8%	0,0%	0,0%	1,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,5%	12,9%	16,4%	5,9%

### 7.2.2. Stensläpp, åldrad beläggning och materialförluster

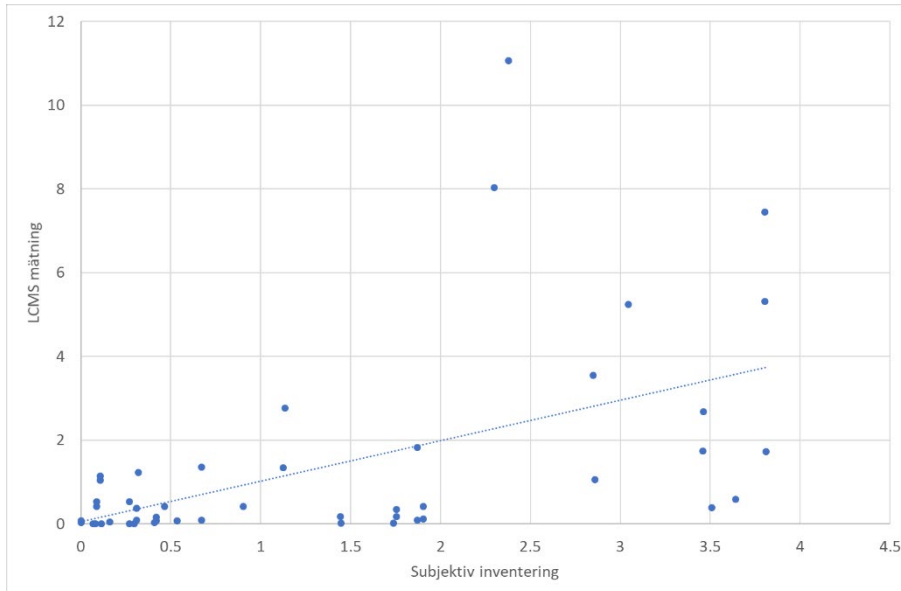
Vi analyserar raveling i denna rapport eftersom det är den variabeln som bäst beskriver stensläpp, vilket är en egenskap som styr när en underhållsåtgärd bör sättas in. Pick out beskriver förstadiet till stensläpp då enstaka stenar börjar släppa i beläggningen.

Den subjektiva inventeringen beskriver stensläpp i tre nivåer, 1 till 3 där 3 är mest allvarlig. Ett medelvärde per sträcka av den subjektiva bedömningen används för att jämföra med raveling från HTL-mätningen. Vi viktas den subjektiva bedömningen med 1, 2 resp. 3 så att en 20 m sektion som bedöms som en trea får värdet 9 (3×3). På liknande sätt viktas HTL-mätningen som också delar in raveling i tre olika allvarlighetsklasser per 20 m sektion. En trea viktas alltså med 3, en tvåa med 2 och en etta

<sup>4</sup> Zonerna är inte helt jämförbara mellan mätsystemen.

med 1. Vi har testat med olika vikter men det ger endast marginella effekter på jämförbarheten mellan metoderna.

Sträckorna rangordnas efter hur mycket stensläpp de har där de värst utsatta sträckorna (sämsta) rangordnas högst (1). En jämförelse av de viktade mätetalen kan ses i nedanstående figur. Här jämförs repetition 1 från HTL-mätningen med den subjektiva bedömningen.



Figur 28 Jämförelse av förekomsten stensläpp för hela sträckor då stensläpp beskrivs med subjektiv bedömning och en objektiv mätning (HTL-mätning.)

I Bilaga 3 visas en jämförelse i tabellform mellan hur de olika beskrivningarna av stensläpp rangordnar sträckorna. Följande tre bilder visar vägar med både bra och mindre bra överensstämmelse mellan den subjektiva bedömningen och HTL-mätningen.



*Figur 29 Exempel på sträcka där LCMS och subjektiv bedömning indikerar mycket stensläpp. En bild 25 m in i sträckans huvudriktning på väg M887. Foto: Automatiskt taget från mätbil.*



*Figur 30 Exempel på sträcka där subjektiv bedömning indikerar på mycket stensläpp men enbart måttlig förekomst enligt LCMS-systemet. En bild 135 m in i sträckans motriktning på väg W908. Foto: Automatiskt taget från mätbil.*



*Figur 31 Exempel på sträcka där subjektiv bedömning indikerar på låg förekomst av stensläpp men relativt stor från LCMS-systemet. En bild 2 435 m in i sträckans huvudriktning på väg M1136.  
Foto: Automatiskt taget från mätbil.*

Sammanfattningsvis finns det både goda och mindre goda exempel på samstämmigheten mellan den subjektiva bedömningen och den objektiva mätningen. En komplex yta med omväxlande grad av lagningar och lappningar som har en textur som skiljer sig från den normala ytan gör analysen svår.

### 7.2.3. Blödning

Förekomsten av blödning på de teststräckor som ingår i testet har varit för låg för att kunna analyseras.

### 7.2.4. Potthål/slaghål

Förekomsten av potthål på de teststräckor som ingår i testet har varit för låg för att kunna analyseras.

### 7.2.5. Sammansatt index

Det har gjorts åtskilliga försök att skapa index som beskriver det tekniska tillståndet för en väg. I rapporten "Förslag till index för att beskriva belagda vägytors tillstånd" från 2012 (Berglöf, et al., 2012) sammanfattas förtjänstfullt olika index som syftar till att beskriva vägens tillstånd. Nedan följer en kortfattad beskrivning av de index som beskrivs i rapporten.

- Man kan säga att Trafikverkets underhållsstandard (Trafikverket, 2012-A) är ett sammansatt index då hänsyn tas till fyra mätstorheter, trafikmängd och skyltad hastighet. De fyra mätstorheterna är IRI, Spårdjup, MPD och Kantdjup. Indata till index kommer från vägytemätning.

- Inom ERA Net Road drevs två projekt där olika index definierades (2010-talet), TOOLBOX - A Method to select Maintenance Candidates och Intermat4PMS - Integration of Material-science based Performance Models into Life-cycle Analysis processed in the Frame of PMS. Olika datakällor används.
- Standarden på riksvägar, en inventering av Sveriges riksvägar på 1960-talet baserat på subjektiva bedömningar.
- Eländesindex (2000-talet), en klassning av bärighetstillståndet utifrån förändringstakt av IRI och spårdjup. Indata till index kommer från vägytemätning.
- Bärighetsindex (2000-talet), namnet beskriver funktionen, ett index baserat på bärighetsundersökning, vägytemätning och bedömning av avvattning.
- Farbarhetsindex (2010-talet), ett index som används för att bedöma framförallt framkomlighet och användbarhet. Trafikmängd, spårdjup, IRI och ålder används som indata.
- Vaghållarindex, (1980-talet), ett index från IRI och spårdjup samt subjektiv bedömning (utförd vid vägytemätning) av sprickor och krackelering.
- Prioritetsklassning, (1970–80 talet), i Vägverkets PM-system (Pavement Management) PUB (Planering av Underhåll av Belagda vägar) utfördes en prioritering av vägavsnitt som bör åtgärdas baserat på regler för underhåll och drift (Vägverket, 1990).
- COST 354 – Pavement Performance Indicators (2000-talet), Ett europeiskt samarbete med syfte att skapa index för vaghållare och trafikanterns behov. Tanken var att kunna få en enhetlig beskrivning för hela Europa. Flera olika parametrar rörande vägytan användes, IRI, spårdjup, MPD, friktion och bärighet. Man skapade enskilda index, kombinerade index samt ett generellt index där allt sammanvägdes.

Rapporten beskriver också en ansats att skapa index anpassade till svenska förhållanden och mätstorheter baserat på det arbete som utfördes i COST 354.

---

## 8. Sammansatt index från punktlasermätning

---

Ett alternativ till HTL-mätningen kan vara att nyttja data från de mätstorheter som samlas in vid vägytemätning med punktlasrar (den gamla tekniken). Här finns förutsättningar att beskriva ytskador och sprickor på belagda vägar genom att använda information om texturen samt lokala ojämnheter enligt det resonemang som förs i kapitel 6.2.

### 8.1. Underhållsindex från vägytemätning

Texturen delas upp i två mätstorheter den ena benämns makrotextur, som beskriver ojämnheter med våglängder mellan 0,5 mm och 50 mm, och den andra benämns megatextur, som beskriver ojämnheter med våglängder mellan 50 mm och 500 mm. De mått som används för att karaktärisera makrotexturen och megatexturen i Sverige är MPD (Mean Profile Depth) respektive ett RMS-värde beräknat från en texturprofil med våglängder inom det specificerade intervallet. Storleksordningen för MPD beror av beläggningstyp, där stenstorlek är en viktig parameter och har ingen optimal nivå för att passa alla egenskaper som den påverkar. Den nivå som eftersträvas blir en kompromiss mellan de olika egenskaperna som MPD påverkar medan megatexturen ska vara så låg som möjligt för att vägen ska upplevas komfortabel. Gemensamt för nästan alla mätstorheter som används för att beskriva vägytans standard är att de ska ha en liten variation. En homogen yta där det beskrivande måttet har en låg standardavvikelse är ett tecken på att ytan är välproportionerad och i gott skick. Man skulle kunna tänka sig att en dålig yta är homogent dålig, men det är ganska osannolikt. En vägyta har alltid svaga punkter som degenererar först, vilket ger den en inhomogen karaktär. Det finns ingen vedertagen metod för att beskriva lokala ojämnheter men flera olika varianter har testats genom åren. En simulerad tremeters rätskena är en variant som testats och som även används i vissa sammanhang, t.ex. i vissa entreprenader, främst för att kontrollera beläggningsskarvar. En annan variant är den som beskrivs i Trafikverkets tekniska dokument för vägytemätning (Trafikverket, 2015-B). Den benämns *lokala ojämnheter* och är baserad på samma typ av kvartsbilsmodell som används för att beräkna IRI men med ett par skillnader.

- För lokala ojämnheter sätts parametern hastighet till skyltad hastighet (i motsats till IRI som alltid använder 80 km/h).
- Accelerationer beräknas i två delar av modellen, nämligen chassi och hjul. Accelerationerna är de mått som används för att beskriva lokala ojämnheter. Chassiaccelerationen används för att påvisa komfortrelaterad ojämnheter och hjulaccelerationen används för ojämnheter med koppling mot fordonsslitage.

Den kritik som riktas mot ett rätskenevärde är att två helt olika lokala ojämnheter med samma rätskenevärde kan upplevas väldigt olika vid passage med ett fordon. Måttet som baseras på en kvartsbilsmodell har en bättre överensstämmelse med en människas upplevelse vid färd i ett fordon. Vi kommer därför att använda den lokala ojämnheten från kvartsbilsmodellen för att identifiera defekter hos vägytan.

När vi arbetar med det sammansatta indexet kommer vi att, liksom underhållsstandarderna, arbeta med 100-meterssträckor. Det finns flera olika sätt att beskriva en inhomogen yta. I detta projekt har vi valt tre olika metoder.

1. Indikation av plötslig förändring – LGV (längsgående variation). En metod som är föreslagen i VTI-rapport 719 (Lundberg, et al., 2015) som bygger på att sätta enstaka enmeters medelvärden i relation till intilliggande medelvärde över 20 m. En stor kvot indikerar ett avvikande mönster som oftast kan härledas till en defekt. En kontroll av att andra faktorer, som påverkar nivån på måttet, är konstanta under 20 m sträckan måste också göras, t.ex. att beläggningstyp och beläggningsdatum är lika för 20 m-sträckan.

2. Variation – std. Standardavvikelsen av 100 enmeters medelvärden visar om sträckan har låg eller hög variation. En hög variation i jämförelse med sträckans normala nivå, visar att sträckan har en dålig standard. Här finns en viss samvariation med beläggningstyp, en beläggning med höga texturvärden tenderar att ha större variation.
3. Toppvärde/Minvärde – max-min. En väg betygsätts eller bedöms ofta efter de sämsta avsnitten. Dessa kan belysas genom att skapa ett flytande medelvärde över 5 m eller använda enstaka 1 m värden och söka ut det maximala/minimala värdet av dessa inom en 100 m sträcka. Detta mått beskriver de sämsta avsnitten av sträckan.

När dessa tre metoder är applicerade på grunddata kommer vi att få nya mått som ska sättas samman för att beskriva ett index som visar vägvägsnitt med ytskador.

I den fortsatta processen att skapa underhållsindex görs följande steg.

Följande nya mått har beräknats för 100 m sektioner enligt de tre punkterna ovan (V-vänster hjulspår, M-mellan hjulspår, H-höger hjulspår),

- $MPD_{LGV-V}$ , M, H – grupp 1 (mått #1 till #3), plötslig förändring av MPD-nivå.
- $Mega_{LGV-V}$ , M, H – grupp 2 (mått #4 till #6), plötslig förändring av megatextur-nivå.
- $MPD_{min-V}$ , M, H – grupp 3 (mått #7 till #9), blödning, låga MPD-värden.
- $Mega_{max-V}$ , M, H – grupp 4 (mått #10 till #12), obekväma skarv eller skada.
- $MPD_{std-V}$ , M, H – grupp 5 (mått #13 till #15), allmänt skiftande MPD-nivå.
- $Mega_{std-V}$ , M, H – grupp 6 (mått #16 till #18), allmänt skiftande megatextur-nivå.
- $LO-chPB_{max-V}$ , H – grupp 7 (mått #19 till #20), okomfortabel lokal ojämnhet
- $LO-hjPB_{max-V}$ , H – grupp 8 (mått #21 till #22), kraftigt slaghål, skarv och dyl.

Det ger totalt 22 olika nya mått som delas in i 8 grupper som underlag till underhållsindexet. Grupperingen görs per mått för de olika laterala spåren (V, M och H).

Principen för beräkningen av indexet görs enligt följande procedur:

*Beräkningen görs per 100 m och det slutliga indexet sammanställs för en hel sträcka som ett medelvärde av 100 m sträckorna (sträckans längd kan variera).*

$NM_x$  – nytt mått enligt punktlistan ovan (LGV, min, max, std), t.ex.  $NM_1$  för  $MPD_{LGV-V}$ .

$NM^y$  – nya mått grupperade enligt punktlistan ovan (LGV, min, max, std), t.ex.

$NM^l$  avser gruppen med de tre måtten för  $MPD_{LGV}$ .

$NM_{x_z}$  – nytt mått per 100 m enligt punktlistan ovan (LGV, min, max, std), t.ex.

$NM_{1_{100}}$  avser första 100 m värdet för måttet  $MPD_{LGV-V}$ .

Index x betyder mått # 1 till # 22 enligt punkterna ovan.

Index y betyder grupp # 1 till # 8 enligt punkterna ovan.

Index z är distansvärdet för det nya måttet längs sträckan (per 100 m).

1. Varje 100 m värde normeras med medelvärde för den grupp måttet tillhör.

$$NM_{norm_{xz}} = \frac{NM_{xz}}{\frac{\sum NM^y}{n}} \quad \text{Formel 1 Normerat nytt mått per 100m.}$$

$n = \text{antal } 100 \text{ m sträckor}$

En bedömning görs av andelen av alla 100 m sträckor inom respektive grupp som har brister gällande det nya måttet – bristen benämns  $ab_y$ .

Bedömningen används för att bestämma ett gränsvärde för när vägen anses vara i ett skick så den bör åtgärdas. Detta görs för det normerade värdet genom att beräkna ett percentilvärde för alla 100m-värden inom gruppen,  $NM_{norm}^y$ .

Percentilerna benämns  $P_{y(100-ab_y)}$

En viktningsfaktor,  $vf_y$ , skapas för respektive grupp. Den används för att bedöma hur viktigt respektive grupp är för att avgöra underhållsbehovet.  $vf_y$  varierar mellan 0,8 och 1,2, 1,2 används för att prioritera underhållsbehovet högt.

En relationsfaktor  $rf_x$  skapas för respektive nytt mått som används för att bedöma hur viktigt mätningens laterala läge är för underhållsbehovet (i hjulspåren eller mellan), t.ex. skador i spåren har större betydelse för underhåll i förhållande till skador mellan hjulspåren,  $rf_x$  sätts till 1 för spåren och till 0,8 mellan spåren.

Underhållsindex för en 100 m sträcka  $UI_{xz}^y$  beräknas som;

$$UI_{xz}^y = 0, \text{ om } NM_{norm_{xz}}^y \leq P_{y(100-ab_y)}$$

Formel 2 Underhållsbehovet för ett av de 22 måtten för en 100 m sträcka som inte är i behov av underhåll.

$$UI_{xz}^y = (NM_{norm_{xz}}^y - P_{y(100-ab_y)}) \times vf_y \times rf_x, \text{ om } NM_{norm_{xz}}^y > P_{y(100-ab_y)}$$

Formel 3 Underhållsbehovet för ett av de 22 måtten för en 100 m som är i behov av underhåll.

Värdet för  $UI_{xz}^y$  sätts alltså till 0 om inget bedömt underhållsbehov finns.

Hela sträckans underhållsindex  $UI$  beräknas som,

$$UI = \frac{\sum UI_{xz}^y}{n} \text{ då } x \text{ går från } 1 \text{ till } 22 \text{ och } y \text{ från } 1 \text{ till } 8.$$

Formel 4 Underhållsindex för en hel sträcka eller vägavsnitt.


Valda  $vf_y$ ,  $rf_x$  och  $ab_y$  presenteras i tabellen nedan.


Tabell 16 Valda värden för parametrarna  $vf_y$ ,  $rf_x$  och  $ab_y$ .


Mått	Vänster			Mitten			Höger		
	$vf_y$	$rf_x$	$ab_y$	$vf_y$	$rf_x$	$ab_y$	$vf_y$	$rf_x$	$ab_y$
MPD <sub>LGV</sub>	1,2	1,0	35%	1,2	0,8	35%	1,2	1,0	35%
Mega <sub>LGV</sub>	1,0	1,0	35%	1,0	0,8	35%	1,0	1,0	35%
MPD <sub>min</sub>	1,2	1,0	10%	1,2	0,8	10%	1,2	1,0	10%
Mega <sub>max</sub>	1,0	1,0	30%	1,0	0,8	30%	1,0	1,0	30%
MPD <sub>std</sub>	1,0	1,0	30%	1,0	0,8	30%	1,0	1,0	30%
Mega <sub>std</sub>	1,0	1,0	30%	1,0	0,8	30%	1,0	1,0	30%
LO- chPB <sub>max</sub>	1,2	1,0	30%	-	-	-	1,2	1,0	30%
LO- hJPB <sub>max</sub>	0,8	1,0	30%	-	-	-	0,8	1,0	30%

Nio sträckor mättes i båda riktningarna med VTIRST. Resultatet från dem har använts för att beräkna ett  $UI$  som representerar hela sträckan, i en riktning. Resultatet kan ses i tabellen nedan. Ett högt index indikerar att en snar åtgärd bör utföras. I detta fall har ingen hänsyn tagits till de traditionella mätstorheterna, IRI och spår djup, inte heller till trafikmängd, vägkategori, skyltad hastighet och andra egenskaper som normalt beaktas.

Tabell 17 Rangordnade sträckor efter underhållsindex beräknat från vägytemätning. Ingående mätstorheter är lokal ojämnhet, makrotextur och megatextur. Ett par bilder exemplifierar tillståndet. Foto: Alla bilder är automatiskt tagna från mätbil.

Rang	Sträcka	Underhålls- index	Exempel, bild
1	21- 705ar21	8,79	
2	21- 705ar11	7,33	

Rang	Sträcka	Underhålls- index	Exempel, bild
3	20- 610ha21	4,75	
4	17- 134ut21	4,12	
5	20- 610ha11	4,04	
6	14- 913bj21	3,73	
7	14- 913bj11	3,64	
8	16- 758ho11	3,55	
9	17- 134ut11	2,96	
10	15- 1135vi11	2,87	
11	15- 1135vi21	2,84	
12	19- 503od11	2,40	
13	16- 758ho21	2,29	
14	19- 503od21	1,94	
15	12- 1136lo11	0,93	

Rang	Sträcka	Underhålls- index	Exempel, bild
16	18- 796li21	0,03	
17	18- 796li11	0,00	

## 8.2. Inventeringsindex från okulär inventering

Den okulära inventeringen kan på ett liknande sätt sättas samman till ett index. Här finns åtta olika skadetyper inventerade. Dessa beskrivs i kapitel 7.1. Inventeringen skiljer inte på vänster, mitten och höger så  $rf_x$  används inte. I övrigt beräknas inventeringsindex  $bi$  på samma sätt men med parametervärdena enligt Tabell 18.

Tabell 18 Valda värden för parametrarna  $vf_y$  och  $ab_y$ .

	$vf_y$	$ab_y$
Krackelering	2,0	20%
Kantskada	0,5	5%
Potthål	1,0	2%
Sprickor	1,2	30%
Stensläpp	1,0	30%
Lagning	0,8	30%
Slitage/Spår	0,4	30%
Annan skada	0,5	20%

Tabell 19 Rangordnade sträckor efter inventeringsindex beräknat från okulär inventering.

Rang	Sträcka	<i>b<sub>i</sub></i> , Inventerings- index
1	21- 705ar11	16,08
2	21- 705ar21	16,08
3	17- 134ut11	7,22
4	17- 134ut21	7,22
5	14- 913bj21	5,39
6	20- 610ha11	5,10
7	15- 1135vi11	5,00
8	15- 1135vi21	5,00
9	14- 913bj11	3,72
10	20- 610ha21	1,99
11	19- 503od11	1,23
12	19- 503od21	1,23
13	12- 1136lo11	0,93
14	16- 758ho11	0,17
15	16- 758ho21	0,17
16	18- 796li11	0,00
17	18- 796li21	0,00

### 8.3. Jämförelse av underhållsindex och inventeringsindex

Om vi sätter samman Tabell 18 och Tabell 20 kan man se hur pass bra de olika indexen stämmer överens. Det ska nämnas att flera av objekten endast är inventerade i en riktning vilket resulterar i att de olika riktningarna har samma värden för *BI*. Överensstämmelsen mellan vilka sträckor som prioriteras är överlag mycket god, se Tabell 20. Det finns tre undantag, 17-134ut11, 20-610ha21 och 16-758ho11. Nedan följer iakttagelser för dessa sträckor.

#### *17-134ut11*

Är inventerad i en riktning. Prioriteringen utifrån *UI* (från mätningen med VTIRST) stämmer överens bra i ena riktningen. Det är relativt stor skillnad i *UI* mellan riktningarna.

#### *20-610ha21*

Är inventerad i båda riktningarna. Det är stor skillnad i *BI* mellan riktningarna. Prioriteringen utifrån *UI* är ungefär lika i de båda riktningarna. Ljusförhållandena vid inventeringen skiljer sig väldigt mycket i de olika riktningarna, motljus kontra solen bakifrån. Den norra delen (dock endast 300 m) har fått ny beläggning mellan mätning och inventering.

#### *16-758ho11*

Är inventerad i en riktning. Prioriteringen utifrån *UI* (från mätningen med VTIRST) stämmer bra överens i ena riktningen. Det är relativt stor skillnad i *UI* mellan riktningarna.

Tabell 20 Jämförelse mellan hur index BI (okulär inventering) och UI (traditionell vägytemätning, textur och lokala ojämnheter) prioriterar sträckorna utifrån ett bedömt underhållsbehov baserat på ytskador. Rang=1, mest akut underhållsbehov.

<b>Sträcka</b>	<b>Rang BI</b>	<b>Rang UI</b>	<b>BI</b>	<b>UI</b>	<b>Diff_rang</b>
21-705ar11	1	2	16,08	7,33	-1
21-705ar21	2	1	16,08	8,79	1
17-134ut11	3	9	7,22	2,96	-6
17-134ut21	4	4	7,22	4,12	0
14-913bj21	5	6	5,39	3,73	-1
20-610ha11	6	5	5,10	4,04	1
15-1135vi11	7	10	5,00	2,87	-3
15-1135vi21	8	11	5,00	2,84	-3
14-913bj11	9	7	3,72	3,64	2
20-610ha21	10	3	1,99	4,75	7
19-503od11	11	12	1,23	2,40	-1
19-503od21	12	14	1,23	1,94	-2
12-1136lo11	13	15	0,93	0,93	-2
16-758ho11	14	8	0,17	3,55	6
16-758ho21	15	13	0,17	2,29	2
18-796li11	16	17	0,00	0,00	-1
18-796li21	17	16	0,00	0,03	1

---

## 9. Slutsatser

---

Information om sprickor och ytskador är viktigt för väghållaren för att kunna planera underhållet. I denna studie undersöker vi ett av de system som är mest använt i Europa för att mäta dessa defekter. Vi har koncentrerat oss på två variabler från systemet, sprickor och stensläpp (raveling). Data är analyserat med den mjukvara som levereras med systemet. Vi har i största möjliga mån använt analysprogrammets standardinställningar när variablerna beräknats. I undersökningen har omfattande fältmätningar och okulär inventering utförts. Utifrån Trafikverkets planering av underhåll har sträckor med ytdefekter, som inom en snar framtid ska genomgå en underhållsåtgärd, valts ut. Totalt omfattar mätprogrammet 27 sträckor som vardera har en genomsnittlig längd på 4 km. Sträckorna är belägna i Skåne, Östergötland, Västmanland och Dalarna.

Vi ser att resultatet från HTL uppvisar en god repeterbarhet mellan de mätningar som gjorts med kort tidsmässigt mellanrum. Vi har korrelationskoefficienter i storleksordningen 0,95 för sprickor och något sämre, 0,85 för raveling. Huvuddelen av mätningarna har bra repeterbarhet men det finns enskilda sträckor med relativt stora skillnader, även om mätningarna är gjorda inom samma timme. Mätssystemet består av två högt monterade linjelasar som projicerar laserljuset längs två linjer bakom mätbilen. Det är oftast svårare för en mätgivare att få ett tillförlitligt resultat i kanten av laserlinjen där vinkeln för det reflekterande ljuset är större. En effekt av detta ser vi då upprepbarheten är något sämre i ytterkanten av laserlinjerna. De viktigaste områdena är trots allt i hjulspåren och där upprepar sig utrustningen bra.

En jämförelse mellan LCMS-systemet och subjektivt bedömda sprickor och ytskador är gjord. I dag (2020) används beläggningsingenjörernas kunskap och erfarenhet för att bedöma vägytans skick avseende dessa defekter. En liknande subjektiv bedömning är gjord på dessa sträckor från ett fordon som framförs i låg hastighet. Jämförelsen mellan den subjektiva inventeringen och LCMS-systemet visar bitvis på god överensstämmelse men det finns också sämre exempel. Det ska nämnas att uttalandena baseras på en jämförelse mot en subjektiv bedömning som inte är felfri. Vi ser att tydliga sprickor fångas upp mycket väl av HTL-systemet men att då texturen är grov, speciellt på ABS-beläggningar med stensläpp, tolkar systemet detta som sprickor. Registreringen av raveling har ungefär samma problematik som sprickor. Resultatet är varierande, standardinställningen i analysprogrammet ger ömsom bra resultat och ömsom mindre bra (i jämförelse med subjektiv bedömning).

Vi har visat att det går att reducera antal felaktigt registrerade sprickor genom att ändra analysinställningarna i LCMS-systemet. T.ex. har en funktion som exkluderar sprickanalys i områden med raveling testats men också en funktion som innebär att sprickan måste ha en viss längd för att det ska tolkas som spricka. Detta reducerar antalet sprickor men svårigheten är att hitta en inställning som kan användas universellt för alla beläggningstyper i olika grad av nedbrytning.

I undersökningen har två andra system jämförts med resultatet från LCMS-systemet. Vi kan se att områden med allvarlig sprickbildning hittas av alla systemen men att andelen sprucken yta skiljer sig markant mellan de tre olika systemen. LCMS-systemet ger störst andel sprucken yta medan ett av de två andra testade systemen ger en liten andel sprucken yta och det tredje systemet ger ett resultat som ligger någonstans mitt emellan. Här kan och behöver analysparametrarna trimmas in för att få ett samstämmigt mått som kan användas som stöd för val av underhållsobjekt.

I ett försök att beskriva ytskador från mätstorheter som vi samlar med dagens mätsystem (2019) har ett index skapats som har god överensstämmelse med subjektiv bedömning. Indexet är baserat på MPD, megatextur och lokala ojämnheter. Approachen vid skapandet av indexet är att en felfri yta är homogen och tvärtom är den skadade yta inhomogen. Bearbetningen av måtten finns till vissa delar beskrivna i en rapport om nya mått från 2015 (Lundberg, et al., 2015) där man ger förslag på olika sätt att identifiera ytskador.

---

## 10. Diskussion – hur går vi vidare?

---

Information om sprickor och ytskador är viktigt för att kunna planera underhållet på de statliga vägarna. Målet med vägytemätning är att kunna ge en så allsidig och objektiv bedömning av vägnätets status som möjligt så att data kan användas för att välja vilken del av vägnätet som ska åtgärdas. Ett val beror givetvis inte bara på vägens skick, många andra parametrar spelar också in, även politiska hänsynstaganden. En av de saknade pusselbitarna för att kunna göra en mer objektiv bedömning av underhållsbehovet är information om ytans skick. Vi brukar sammanfatta detta som ytskador, ett begrepp som omfattar många olika skadetyper, allt från sprickor till blödning, materialförluster och åldrad yta.

Stora resurser läggs på driftåtgärder de första månaderna efter att vintern släppt sitt grepp om vägnätet. Under vinterhalvåret sker de största förändringarna av vägytan. Tö- och fryscyklar påskyndar nedbrytningen av ytan. Detta i kombination med att vägkroppen är vattenmättad efter snösmältning får vi det sämsta tillståndet hos vägytan månaden efter tjällossningen. Driftåtgärderna syftar framförallt till att täta ytan genom en försegling eller lappning av ytor som är i dåligt skick (stensläpp, åldring). En driftåtgärd är sällan bärighetshöjande, den kan ses som en konstgjord andning för att förlänga tid till nästa åtgärd. Om vi kunde beskriva tillståndet av vägytan innan driftåtgärderna sätts in, det görs för övrigt i Finland, skulle vi på ett bättre sätt kunna avgöra vägytans status, detta gäller framförallt det sekundära vägnätet. Tyvärr är tidsluckan för liten för att hinna med en komplett tillståndsbeskrivning av hela vägnätet innan vårens driftåtgärder är gjorda, även om våren och tjällossningen är utdragen i vårt avlånga land.

En tunn spricka i beläggningen kan laga sig själv under en varm sommardag i kombination med trafikbelastningen. Detta gäller framförallt på ytbehandlingar men till viss del även på andra beläggningstyper. Under hela säsongen utförs dessutom driftåtgärder på vägnätet då sprickor fylls igen. Detta innebär givetvis ett bekymmer både vid tolkningen av data och vid jämförelser mellan olika regioner. Den vanliga mätstrategin innebär att man börjar mäta i de sydliga regionerna där en eventuell tjäle lämnar marken tidigt och sedan övergår man till att mäta de nordliga regionerna för att inte överraskas av en tidig vinter. De regioner som ligger i mitten av riket mäts oftast sist och kommer därför få störst andel lagade och självlagade sprickor. Det blir till viss del missvisande vid jämförelser inom riket. En fördel är att man oftast mäter samma region vid samma tidpunkt från år till år vilket möjliggör att se på årsvisa förändringar.

Det är viktigt att kunna definiera mått som olika tekniker och mätsystem kan beskriva på ett likvärdigt sätt. För sprickor har den definitionen redan gjorts i Trafikverkets tekniska beskrivning (Trafikverket, 2015-B). Kortfattat definieras sprickor som *andelen sprucken yta uttryckt i procentenheter*. Här får alla sprickor samma betydelse, allvarliga som hårfina. Denna enkla beskrivning är bra i ett inlednings-skede. Detaljgraden bör inte vara för stor när den nya tekniken tas i bruk, den kan förfinas varefter tekniken används och vi får erfarenhet om dess för- och nackdelar. I ett senare skede kan man börja utveckla tekniken genom att ta hänsyn till sprickans allvarlighetsgrad och typ så att underhållsbehovet kan beskrivas bättre. Samma teknik för att beskriva en spricka kan användas för andra skadetyper som t.ex. stensläpp.

I studien har vi sett att resultatet från HTL-mätningen inte alltid ger den data som vi förväntar oss, även om vi testat ett av de världsledande mätsystemen. Det är ett svårt men viktigt jobb att trimma in de parametrar som styr analysen så att de mått vi får blir användbara. Vi är av den uppfattningen att detta går men det krävs stora insatser. Vi tror att t.ex. beläggningstyp kan vara en parameter att ta hänsyn till, liksom ålder, trafikmängd och vägtyp. Det gäller att begränsa analysen till det absolut mest användbara och inte titta på en för detaljerad nivå. Inledningsvis ska vi vara nöjda om vi kan göra en korrekt prioritering eller gradering i tre klasser av åtgärdssträckor efter underhållsbehov.

Att använda de gamla mätstorheterna (textur och lokal ojämnheter) för att beskriva tillståndet hos vägytan får inte glömmas bort när den nya tekniken introduceras. Här finns stor potential att beskriva

tillståndet på en detaljerad nivå. Vi ska komma ihåg att de gamla punktlasrarna som används för att beskriva MPD är tillverkade för att beskriva ytans tillstånd på en detaljerad nivå även om det finns brister då inte hela ytan täcks.

Vi har inte utsatt det testade mätsystemet för svåra situationer då alla repeterade mätningar är gjorda under samma förutsättningar. Man skulle behöva undersöka vilka effekter fuktig yta, sol/skugga eller mät hastighet har på resultatet. Detta bör dokumenteras för att skapa förtroende och förutsättningar för en fortsatt utveckling. Mätning på vägnätsnivå är trots allt en stor utmaning för en ny teknik, alla tänkbara situationer kommer att uppstå. Dessa frågor ligger framförallt i leverantörens intresse. Om inte resultaten upprepar sig blir det svårt att få en kontrollmätning godkänd som i sin tur är kopplad till den ekonomiska regleringen av uppdraget.

---

## Referenser

---

- Arnberg, P. W. o.a., 1991. *THE LASER RST: Current Status*, Linköping: VTI.
- Berglöf, J., Lang, J. & Sjögren, L., 2012. *Förslag till index för att beskriva belagda vägytors tillstånd*, u.o.: WSP Samhällsbyggnad.
- Göransson, N.-G., 2018. *Uppföljning av vägars tekniska tillstånd: Lägesrapport för observationssträckor ingående i det svenska LTPP-projektet till och med december 2017*, Linköping: VTI.
- Lundberg, T., Sjögren, L. & Andréén, P., 2015. *Svenska tillståndsmått då, nu och i morgon. Del 3: I morgon - år 2010 och framåt*, Linköping: VTI.
- Nuijten, A. & Huibregtse, E., 2013. *TRIMM Deliverable D2.2 Condition indicators related to performance and impact*, u.o.: EUROPEAN COMMISSION.
- Trafikverket, 2012-A. *Underhållsstandard belagd väg 2011*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket, 2015-B. *Vägytemätning Mätstorheter*. Borlänge: Trafikverket.
- World Road Association (PIARC), 2012. *Evaluating the performance of automated pavement cracking measurement equipment*, Paris: u.n.
- World Road Association (PIARC), 2016-B. *State of the art in monitoring road condition and road/vehicle interaction*, Paris: u.n.
- World Road Association (PIARC), 2016-A. *Expected service life of wearing courses*, Paris: PIARC.
- Wågberg, L.-G., 2003. *Bära eller brista : handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar*, ISBN 91-7289-172-6. 2:a red. Stockholm: Svenska kommunförbundet.
- Vägverket, 1990. *Regler för underhåll och drift*. u.o.:Vägverket.



### Ytskador och sprickor

#### Allmänt

I det BVFF-projekt (Hållbart underhåll - ytskador) som VTI driver tillsammans med Ramboll ska objektiva metoder för detektering av sprickor och ytskador utvärderas. En del av utvärderingen är att utföra tester på sträckor som har olika grader av skador. Den metod som ska användas för att detektera egenskaperna ska i förlängningen kunna användas vid vägnätsmätning och så småningom vid uppföljning av entreprenader, d.v.s. metoden ska vara objektiv och kunna utföras i normal trafikfart.

#### Måtten

I TDOK 2014:003, ”Vägytemätning Mätstorheter” finns beskrivet hur sprickor ska detekteras och kvantifieras. Man beskriver det som andel av vägytan som har en spricka. Vägytan delas först upp i fem zoner och i varje zon i kvadratdecimeter stora rutor. Varje ruta som innehåller en spricka summeras och divideras med totalt antal rutor per zon och 20 m längd. En spricka ska detekteras om den är minst 2,5 mm bred.

Den metod som används för att kvantifiera sprickförekomsten kan också lämpligen användas för ytskador, andel av ytan med ytskador inom olika zoner (per 20 m). När vi pratar om ytskador är det ett vitt begrepp utan klarare definition. Eftersom detta är ett utvecklingsprojekt vill vi inte begränsa definitionen med de egenskaper vi tycker är viktiga. När ni gör mätningen vill vi därför att de egenskaper som anges här är exempel på ytskador som väghållaren vill kunna detektera, har ni andra exempel tar vi mer än gärna emot det.

Våra definitioner av ytskador är dessa (om mätsystemet dessutom kan avgöra allvarlighetsgrad är det ett plus):

1. Potthål/slaghål
2. Stensläpp
3. Blödning
4. Lappning (är ofta ett symptom på att en skada har funnits, en mer eller mindre tillfällig lagning, tätning av ytan, ingen strukturell förstärkning)
5. Åldrad beläggning, oxiderad yta (kan innehålla flera av defekterna ovan)
6. Annan defekt än de ovan

#### Dataleverans

Vi nöjer oss med att ni levererar data i textfiler i kolumnformat enligt exemplet nedan,

Sträcka	Leverantör	Datum	Mäthastighet	Dist	Sprickor _zon1	Sprickor _zon2
1A	XX	2018- 04-19	54	20	4%	2%
1A	XX	2018- 04-19	54	40	2%	1%

o.s.v.

Utöver mätdata vill vi gärna ha digitala stillbilder som tas under mätningen. Dessa ska användas för att få en förklaring av hur mätförhållandet var då ni gjorde mätningen. De sträckor som är valda kan

komma att utsättas för akuta driftåtgärder under de närmaste veckorna, då är det bra om det finns dokumenterat.

## Mätsträckor

De sträckor som ingår i testet är valda utifrån att Trafikverket planerar att utföra en åtgärd på sträckan inom tre år. Sträckorna är inte valda för att underhållsstandarden sagt att den ska åtgärdas utan med hänsyn till defekter i ytan. Det finns även en sträcka av bättre kvalitet.

Alla sträckor är dubbelriktade och ska mätas 2 gånger. De är alla belägna i E-län (Östergötland)

Sträckorna är markerade med gul färg på ytan där sträckans numrering också framgår. De koordinater som anges i tabellen nedan är skrivna i Sweref 99 TM och har ett par meters noggrannhet.

Sträcka	Vägnummer	Längd	StartE	StartN	StoppE	StoppN	
1A	758	2240	544486,245	6474618,800	542698,378	6475837,872	Hovetorp-Beatelund
1B	758	2240	542695,915	6475835,649	544483,920	6474617,013	Hovetorp-Beatelund
2A	134	3000	537883,454	6427432,154	540336,793	6427994,668	utfart mot Åtvidaberg
2B	134	3000	540340,123	6427995,975	537891,145	6427439,416	utfart mot Åtvidaberg
3A	796	1262	545482,375	6477535,328	546708,053	6477825,173	Linghem
3B	796	1262	546706,764	6477832,059	545485,773	6477539,816	Linghem
4B	503	5000	478551,829	6449326,017	482209,358	6446119,173	F-Länsgräns - Ödeshög
4A	503	5000	482213,820	6446120,677	478557,792	6449319,996	F-Länsgräns - Ödeshög
5B	610	5000	532788,309	6461083,763	531480,219	6456487,325	Haraldsbo-Skeda Udde
5A	610	5000	531479,387	6456485,996	532787,066	6461077,549	Haraldsbo-Skeda Udde
6A	705/688	4800	538809,747	6457309,160	534670,554	6458386,014	Arnebo
6B	688/705	4800	534658,590	6458389,754	538797,326	6457309,109	Arnebo

## Referens

Sträckorna kommer att besiktas från en bil där de olika skadorna uppskattas. Detta kommer att bli jämförelsegrund för de objektiva mätningar som görs. Ett samlat intryck av respektive defekt per 100 m längs sträckorna uppskattas.

## Rapportering

Trafikverket, som är beställare vill ha en offentlig rapport från projektet. Rapporten kommer att sammanfatta testerna och vi ska bl.a. belysa repeterbarhet mellan era upprepade mätningar,

jämförbarhet mellan era mätningar och referens och slutligen jämförbarhet mellan de olika systemen som deltar. Om ni föredrar att vi inte redovisar era resultat med namn kommer vi naturligtvis att respektera detta och enbart skriva utrustning A, B, C o.s.v. Vi siktar på att ge Trafikverket (och även er som deltar) feedback på resultatet under året. Slutrapporten offentliggörs under 2019. Jag tror att detta är en bra test för er om ni har för avsikt att kunna detektera ytskador och sprickor i framtiden.

## **Frågor**

Har ni frågor går det bra att ställa dem till mig ([thomas.lundberg@vti.se](mailto:thomas.lundberg@vti.se)).

Med vänlig hälsning/Thomas Lundberg, Drift och Underhåll, VTI



## Bilaga 2 – Prioritering av underhållsbehovet för sträckor bedömt utifrån sprickor och krackeleringar

Rangordning av sträckor utifrån subjektiv inventering av sprickor (Subj\_Cracks).

LCMS\_Cracks\_r1 – sammanvägt index för sprickor (från LCMS-systemet) utifrån allvarlighetsgrad, repetition 1

LCMS\_Cracks\_r2 – sammanvägt index för sprickor (från LCMS-systemet) utifrån allvarlighetsgrad, repetition 2

LCMS\_cracksum\_r1 –summa sprickor (från LCMS-systemet), repetition 1

LCMS\_cracksum\_r2 –summa sprickor (från LCMS-systemet), repetition 2

De två första indexen har bearbetats och viktats enligt kapitel 9.2.1, de andra två är data direkt från LCMS-systemet. Blåfärgad prioritering har positivt avvikande rangordning mellan mätningarna (LCMS rangordnar sträckan bättre än inventering). De beigea markeringarna indikerar motsatsen (LCMS rangordnar sträckan sämre än inventering).

Tabell-2 1 Rangordning av sträckor utifrån sprickor och krackeleringar.

Sträcka	Subj_Cracks	LCMS_Cracks_r1	LCMS_Cracks_r2	LCMS_cracksum_r1	LCMS_cracksum_r2
705ar21	1	45	31	45	30
705ar11	2	26	23	28	21
019de11	3	2	2	2	2
019de21	4	11	18	12	18
1002or21	5	7	6	6	6
1002or11	6	4	4	5	4
1025ev21	7	29	34	26	32
1025ev11	8	15	16	15	17
755sk21	9	39	39	36	37
755sk11	10	8	8	9	11
887bj21	11	17	22	17	20
887bj11	12	13	12	14	14
908sm21	13	22	14	20	13
913bj21	14	34	17	31	16
913bj11	15	9	11	8	8
108tu21	16	14	32	13	31
108ha21	17	10	10	10	10
908sm11	18	1	1	1	1
1135vi21	19	31	30	29	29
1135vi11	20	12	13	11	12
1136lo21	21	36	36	38	38
108tu11	22	5	5	4	5
108ha11	23	16	15	16	15
503od21	24	27	29	24	25
503od11	25	18	19	18	19
134ut21	26	44	37	43	35
134ut11	27	23	25	22	23
1136lo11	28	33	33	33	36
1274re21	29	42	45	41	45

Sträcka	Subj_Cracks	LCMS_Cracks_r1	LCMS_Cracks_r2	LCMS_cracksum_r1	LCMS_cracksum_r2
1054ho21	30	37	41	34	39
1054ho11	31	21	28	21	27
816ho11	32	20	21	25	26
758ho21	33	46	40	46	40
758ho11	34	6	7	7	9
1274re11	35	28	27	27	28
951fa11	36	35	38	39	42
951fa21	37	43	47	44	47
1179do11	38	3	3	3	3
069so21	39	41	43	40	43
1179do21	40	19	9	19	7
610ha21	41	32	35	30	33
610ha11	42	24	26	23	22
252ha11	43	40	42	42	41
796li11	44	25	20	35	34
069so11	45	38	44	37	44
796li21	46	30	24	32	24
252ha21	47	47	46	47	46

## Bilaga 3 – Prioritering av underhållsbehovet för sträckor bedömt utifrån stensläpp

Rangordning av sträckor utifrån subjektiv inventering av stensläpp (Subj\_Raveling).

LCMS\_Raveling\_r1 – sammanvägt index för stensläpp (från LCMS-systemet) utifrån allvarlighetsgrad, repetition 1

LCMS\_Raveling\_r2 – sammanvägt index för stensläpp (från LCMS-systemet) utifrån allvarlighetsgrad, repetition 2

LCMS\_Ravelingsum\_r1 –summa stensläpp (från LCMS-systemet), repetition 1

LCMS\_Ravelingsum\_r2 –summa stensläpp (från LCMS-systemet), repetition 2

De två första indexen har bearbetats och viktats enligt kapitel 9.2.1, de andra två är data direkt från LCMS-systemet. Blåfärgad prioritering har positivt avvikande rangordning mellan mätningarna (LCMS rangordnar sträckan bättre än inventering). De beigea markeringarna indikerar motsatsen (LCMS rangordnar sträckan sämre än inventering).

Tabell-2 2 Rangordning av sträckor utifrån stensläpp.

Sträcka	Subj_raveling	LCMS_raveling_r1	LCMS_raveling_r2	LCMS_ravelingsum_r1	LCMS_ravelingsum_r2
019de11	1	11	9	11	8
887bj21	2	4	6	4	6
887bj11	3	3	5	2	5
019de21	4	18	25	19	24
908sm21	5	25	17	23	16
913bj21	6	8	2	7	2
908sm11	7	10	10	10	9
1179do21	8	5	1	5	1
108ha21	9	16	13	17	15
108tu21	10	6	18	6	17
1179do11	11	1	4	1	4
913bj11	12	2	3	3	3
1135vi21	13	31	32	32	32
1135vi11	14	22	24	22	21
705ar21	15	34	28	31	25
705ar11	16	9	14	9	11
1025ev21	17	28	34	29	36
1025ev11	18	27	22	26	22
816ho11	19	41	44	44	44
755sk21	20	42	42	42	41
755sk11	21	29	29	28	29
108tu11	22	7	7	8	7
108ha11	23	13	8	15	10
1136lo21	24	23	19	25	20
134ut21	25	32	27	36	27
134ut11	26	12	11	13	12
610ha21	27	37	35	34	33
610ha11	28	24	20	21	23

Sträcka	Subj_rav eling	LCMS_rave ling_r1	LCMS_rave ling_r2	LCMS_rave lingsum_r1	LCMS_rave lingsum_r2
503od21	29	36	36	35	35
503od11	30	30	30	30	31
252ha11	31	40	41	38	38
1136lo11	32	14	15	12	14
1054ho21	33	33	37	33	34
1054ho11	34	26	31	20	30
1274re11	35	43	43	41	40
758ho21	36	45	40	39	39
758ho11	37	20	21	18	19
951fa11	38	38	39	37	37
1274re21	39	46	45	40	43
1002or21	40	17	12	14	13
1002or11	41	15	16	16	18
069so21	42	21	26	27	28
069so11	43	19	23	24	26
951fa21	44	44	47	43	44
252ha21	45	47	46	45	44
796li21	46	35	33	45	42
796li11	47	39	38	45	44

## Bilaga 4 – Beskrivning av sträckor som ingår i testet

Tabell-3 1 Beskrivning av de sträckor som ingår i testet samt orsaken till att de finns med i Trafikverkets treårsplan.

Län-Sträckor	Väg-nummer	Objekt	RST57	Manuell inventering	Längd	Bredd	Bel.typ	Sten-storl.	TRV Orsak till åtgärd	TRV Orsak till åtgärd, motiv
M-1	6	Tpl Lockarp-Tpl Fredriksberg, K1 RF	2018-05-07	-	5080	4.5 (K1)	GAP	16	UH-Std Spår	Stensläpp
M-2	19	Degeberga	2018-05-07	2018-07-13	2030	7.5	TSK	11	UH-Std IRI	
M-3	108	Haglösa-Klörup	2018-05-07	2018-07-14	4320	9.5	ABT	16	UH-Std Spår	Behov nytt slitlager
M-4	108	Tpl Tungan-Södervidinge	2018-05-07	2018-07-13	2350	7	ABS/A BT	11	UH-Std Flera	
M-5	755	Skivarp-Skurup	2018-05-07	2018-07-13/14	4440	8	MABT	16	Def./kanth/ojmn	Sliten, behov nytt slitlager
M-6	816	Holmeja-Cpl Sturup	2018-05-07	2018-07-13/14	4680	8.5	ABT	11	Def./kanth/ojmn	Behov nytt slitlager
M-7	913	Borgeby-Tpl Flädie	2018-04-06	2018-04-26	2650	8	TSK	11	Ytskador, ålder	Behov nytt slitlager
M-8	1054	Hörups k:a-Hannas	2018-05-07	2018-07-13	3570	6	Y1B	-	Ytskador, ålder	Behov nytt slitlager
M-9	1179	Dösjebro-Annelöv	2018-05-07	2018-07-13	1760	7-9	ABS	11	Ytskador, ålder	Slitlagerbehov
M-10	1274	Reslöv-Trollenäs	2018-05-07	2018-07-13	3420	7	MABT	11	Ytskador, ålder	Behov nytt slitlager
M-11	102	Dalby - Lund	2018-05-07	-	3470	9.5	TSK	16	Ramboll	Sprickor, stensläpp i mindre omfattn.
M-12	1136	Löddeköpinge - Barsebäckshamn	2018-05-08	2018-06-06	4190	8	ABT	11	Ramboll	Fåtal sprickor
M-13	17	Förbifart Marieholm LTPP	2018-05-07	-	4200	9	ABT	16	Ramboll	Sprickor, stensläpp i mindre omfattn.
M-14	887	Bjällerup - St Råby	2018-04-06	2018-04-26/ 2018-05-28	4490	5.5	Y1B	-	Ramboll	Div. ytskador
M-15	1135	Löddeköpinge - Vikhög	2018-05-08	2018-06-06	3883	5.5	Y1B	-	Ytskador, ålder	Behov nytt slitlager
E-16	758	Hovetorp-Beatelund	2018-05-04/ 2018-06-25	2018-06-19	2240	5.5	ABT	11	Def./kanth/ojmn	def./kanthäng
E-17	134	Utfart mot Åtvid	2018-05-04	2018-06-19	3000	5.5	Y1B	-	Ytskador, ålder	ålder
E-18	503	F-Länsgräns - Ödeshög	2018-05-05	2018-06-19	5000	6 (?)	ABT	16	Ytskador, ålder	ytning abb
E-19	610	Haraldsbo-Skeda Udde	2018-05-04	2018-06-19	5000	6	Y1B	-	Ytskador, ålder	ytbeläggningar abb justeringar
E-20	796	Linghem	2018-05-04	2018-06-19	1262	12	ABS	11	Inga skador	
E-21	705/688	Arnebo	2018-05-04	2018-06-19	4800	6	JIM	22		

Län-Sträcka	Vägnummer	Objekt	RST57	Manuell inventering	Längd	Bredd	Bel.typ	Stenstorl.	TRV Orsak till åtgärd	TRV Orsak till åtgärd, motiv
W-22	951	Genom Färnäs	2018-06-26	2018-06-27	3069	6.5	ABS	11	Stensläpp	ABSen torr samt sten har börjat plocka.
W-23	908	Smedsbo - Helgsjön	2018-06-26	2018-06-26	4999	6	MJOG	16	Ytskador, ålder	Ytbehandling, MJOG 1997.
W-24	1002	Orsa - Fryksås	2018-06-26	2018-06-27	5039	6.5	Y1B	-	Ytskador, ålder	Fortsätta behålla vägens fina yta.
W-25	1025	Evertsberg - Oxberg	2018-06-26	2018-06-27	6047	6	Y1B	-	Ytskador, ålder	Sprickor/skador. Åtgärd för att klara vägen tills den byggs om.
U-26	252	Hallstahammar LTPP	2018-06-25	2018-06-26	898	7.5	ABT	16		
W-27	69	Sörbo LTPP	2018-06-25	2018-06-26	1854	9	Y1G	-		

	Endast LCMS-mätning
	LCMS+inventering
	LCMS+inventering+VTIRST

Tabell-3 2 Projektgruppens bedömning av de sträckor som ingår i testet.

Län	Vägnummer	Objekt	Sprickor	Krackelering	Stensläpp	Slaghål	Blödning	Åldring	Lappning	Försegling	Snabellagning
M	6	Tpl Lockarp-Tpl Fredriksberg, K1 RF			2						x
M	19	Degeberga	2	1		1		1	x		
M	108	Haglösa-Klörup	1		1					x	
M	108	Cpl Tungan-Södervidinge	1	1	1					x	
M	755	Skivarp-Skurup	2	1						x	
M	816	Holmeja-Cpl Sturup			2					x	
M	913	Borgeby-Tpl Flädie	2	1	2						
M	1054	Hörups k:a-Hannas		2			1			x	
M	1179	Dösjebro-Annelöv			2	1					
M	1274	Reslöv-Trollenäs	1		1						x
M	102	Dalby - Lund	1		1				x		

Län	Vägnummer	Objekt	Sprickor	Krackelering	Stensläpp	Slaghål	Blödning	Åldring	Lappning	Försegling	Snabellagning
M	1136	Löddeköpinge - Barsebäckshamn	1								
M	17	Förbifart Mariefholm LTPP	1		1						
M	887	Bjällerup - St Råby	2	2	3			1	x	x	
M	1135	Löddeköpinge - Vikhög		1	1						
E	758	Hovetorp-Beatelund		1							x
E	134	Utfart mot Åtvid									x
E	503	F-Länsgräns - Ödeshög	1	1				1			
E	610	Haraldsbo-Skeda Udde			1						x
E	796	Linghem									
E	705/688	Arnebo									
W	951	Genom Färnäs			1						
W	908	Smedsbo - Helgsjön	1	1	2	1		1			x
W	1002	Orsa - Fryksås	2						x		
W	1025	Evertsberg - Oxberg	1		1						x
U	252	Hallstahammar LTPP									x
W	69	Sörbo LTPP			1						



---

## Bilaga 5 – Beräkningsmetod LCMS

---

### **Raveling**

Raveling beräknas på följande sätt.

1. En utjämnad 3D-kurva anpassas till den filtrerade 3D-ytan som erhålls från LCMS-systemet
2. Data delas in i rutor med kvadratiska sidor om 0,25 m.
3. Volymen mellan den anpassade 3D-kurvan och 3D-ytan beräknas, Air Void Content (AVC)
4. Enstaka stensläpp identifieras från 3D-ytan
5. En ny volym beräknas, den här gången som om de enstaka stensläppen vore fyllda. Road Porosity Index (RPI)
6. Raveling Index = AVC-RPI



## Bilaga 6 – Jämförelse av sprucken yta mellan tre objektiva mätsystem.

Distans	LCMS					Lev,1					Lev,2				
	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5
20	2,5%	0,8%	2,8%	2,1%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,1%	2,3%	0,0%	1,6%	0,0%
40	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%
60	0,0%	2,5%	1,3%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,3%	1,1%	0,1%	0,8%	0,0%
80	0,0%	1,7%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%	0,6%	0,8%	0,7%	0,4%
100	2,5%	1,3%	0,3%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	1,0%	0,3%	2,3%	0,7%
120	1,3%	0,4%	1,9%	2,5%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,6%	2,5%	0,6%	5,1%	0,1%
140	1,3%	2,1%	0,3%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	3,6%	1,1%	4,0%	0,0%
160	2,5%	2,1%	0,9%	0,8%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,1%	14,6%	0,0%	0,1%	0,0%
180	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,7%	6,6%	1,5%	1,2%	1,6%
200	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,2%	0,4%	0,0%
220	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	3,6%	1,3%	12,1%	8,7%
240	1,3%	1,3%	2,5%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	2,2%	1,6%	5,7%	20,5%	13,9%
260	0,0%	0,4%	1,9%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	1,1%	3,2%	12,2%	1,7%
280	3,8%	4,2%	5,6%	5,0%	3,8%	0,0%	0,0%	4,0%	12,0%	0,0%	1,1%	3,1%	9,6%	12,0%	1,1%
300	1,3%	2,5%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	2,7%	0,1%	3,6%	0,4%
320	1,3%	0,8%	0,3%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	4,5%	0,1%	0,0%	0,0%
340	0,0%	0,8%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	2,9%	0,1%	0,2%	0,0%
360	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
380	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,3%	0,2%	0,1%
400	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,5%	0,0%
420	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,2%	0,5%	0,0%
440	1,3%	1,7%	1,9%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	2,0%	21,0%	6,7%
460	1,3%	1,3%	0,3%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	3,9%	1,1%	12,7%	14,7%
480	2,5%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	1,4%	2,3%	4,9%	0,0%
500	3,8%	2,5%	4,4%	3,8%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	0,4%	2,9%	5,4%	27,8%	0,8%
520	1,3%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	2,2%	0,3%	3,4%	0,2%
540	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,6%	2,6%	0,2%	0,5%	0,0%
560	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	2,9%	0,1%	2,0%	1,2%
580	1,3%	1,7%	4,1%	3,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	3,4%	8,8%	0,4%
600	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	1,3%	1,7%	0,7%
620	0,0%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	1,6%	4,3%	0,0%
640	0,0%	0,0%	1,9%	2,1%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	1,3%	0,7%	13,3%	31,1%	1,1%
660	7,5%	6,7%	5,9%	3,3%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%	0,0%	0,6%	2,0%	0,5%	13,9%	0,0%
680	2,5%	2,9%	4,7%	2,1%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,0%	0,0%	0,7%	1,3%	5,2%	31,9%	1,6%
700	0,0%	0,0%	1,9%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	1,7%	3,4%	3,9%	18,2%	0,7%
720	2,5%	2,5%	1,9%	3,8%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	14,0%	0,0%	0,0%	2,5%	1,3%	14,7%	0,0%
740	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	1,5%	6,1%	12,0%	0,0%
760	1,3%	1,3%	1,9%	1,7%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	1,1%	0,4%	0,3%	3,1%	0,0%
780	1,3%	2,5%	2,8%	4,6%	6,3%	0,0%	0,0%	2,0%	9,0%	0,0%	3,5%	4,8%	4,4%	13,7%	0,0%
800	5,0%	7,1%	7,5%	4,6%	7,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,4%	6,9%	10,8%	10,6%	0,4%
820	1,3%	2,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	1,6%	0,1%	0,7%	0,0%

Distans	LCMS					Lev,1					Lev,2				
	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5
840	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,1%	3,0%	1,0%	4,0%	3,5%
860	0,0%	1,3%	0,9%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%	3,1%	0,1%
880	1,3%	1,3%	0,9%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	3,4%	3,2%	0,0%
900	0,0%	0,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	0,7%	0,0%
920	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	1,1%	18,8%	0,0%
940	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,0%
960	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	1,1%	0,2%	1,7%	0,1%
980	1,3%	1,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	2,0%	0,1%
1000	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,2%	0,0%
1020	1,3%	2,5%	2,5%	2,5%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	5,2%	0,1%	0,4%	0,0%
1040	1,3%	1,3%	2,5%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,2%	0,0%	0,1%	0,0%
1060	2,5%	0,4%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	2,5%	0,2%	1,2%	0,2%
1080	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%	0,0%
1100	1,3%	2,5%	2,8%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	1,0%	2,8%	0,7%
1120	1,3%	2,1%	1,6%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,5%	0,7%	0,0%
1140	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	4,9%	45,4%	2,6%
1160	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,4%	0,4%	0,0%
1180	5,0%	7,9%	7,5%	6,3%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	14,3%	0,4%	3,1%	0,1%
1200	1,3%	2,9%	4,7%	5,0%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	3,9%	19,2%	2,6%
1220	1,3%	4,6%	4,1%	4,6%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	1,5%	2,5%	11,5%	3,9%
1240	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,3%	1,6%	3,3%	5,5%
1260	1,3%	2,5%	2,8%	2,5%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	1,6%	5,3%	19,2%	22,5%
1280	5,0%	5,4%	5,3%	4,6%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	1,4%	5,2%	0,0%
1300	1,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	2,0%	0,4%
1320	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,8%	3,7%	0,8%
1340	1,3%	0,0%	0,3%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,5%	2,6%	0,0%
1360	2,5%	3,3%	2,8%	2,9%	3,8%	1,0%	0,0%	11,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	3,0%	1,1%
1380	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	0,0%
1400	0,0%	0,0%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	2,4%	1,0%	0,0%
1420	0,0%	0,8%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,3%	1,4%	1,8%	0,1%
1440	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	1,6%	0,1%	0,9%	2,4%
1460	2,5%	1,7%	0,9%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,2%	0,5%	2,5%	0,0%
1480	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
1500	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,4%	0,2%	0,8%	0,5%
1520	1,3%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,1%	0,0%
1540	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,5%	1,0%	4,4%	2,9%
1560	2,5%	0,0%	0,0%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,7%	0,0%	3,1%	0,5%
1580	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,2%	6,8%	0,4%	4,7%	3,3%
1600	0,0%	2,1%	0,9%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	3,1%	16,5%	5,5%
1620	2,5%	2,5%	3,8%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	6,0%	7,0%	0,0%	0,0%	0,6%	1,9%	3,9%	0,0%
1640	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	2,6%	0,4%	8,4%	7,6%
1660	0,0%	0,8%	0,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	4,8%	8,4%	8,5%	6,6%
1680	1,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,5%	3,9%	0,0%

Distans	LCMS					Lev,1					Lev,2				
	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5
1700	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	0,4%	0,0%
1720	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	0,4%	0,2%	1,1%	0,1%
1740	0,0%	1,7%	2,5%	1,3%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,0%	0,2%	4,9%	3,7%	0,8%
1760	0,0%	0,0%	1,6%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	0,5%	1,7%	2,0%	0,0%
1780	2,5%	0,8%	1,6%	2,5%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	0,2%	2,4%	14,4%	0,4%
1800	5,0%	4,6%	3,8%	3,3%	7,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,9%	0,6%	3,9%	15,9%	0,0%
1820	0,0%	2,9%	5,6%	3,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,3%	0,2%	5,5%	27,7%	0,2%
1840	1,3%	1,7%	1,6%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	7,8%	19,2%	0,0%
1860	2,5%	1,7%	1,3%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	2,7%	3,2%	0,0%
1880	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	2,7%	4,1%	0,5%
1900	1,3%	4,6%	5,6%	5,4%	6,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	3,6%	10,0%	1,3%
1920	3,8%	3,8%	2,5%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,4%	0,3%	0,2%	0,8%
1940	1,3%	2,5%	4,4%	4,2%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	10,0%	9,8%	1,1%
1960	0,0%	1,3%	4,1%	4,6%	6,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,3%	0,5%	7,8%	13,1%	0,8%
1980	1,3%	3,3%	3,8%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,9%	0,0%	0,4%	0,0%
2000	1,3%	0,4%	0,6%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	2,0%	0,8%	1,3%	1,0%
2020	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,8%	0,5%	0,0%
2040	5,0%	2,1%	2,5%	3,3%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	2,4%	19,4%	2,8%
2060	0,0%	1,3%	0,0%	2,1%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,4%	0,0%
2080	1,3%	0,4%	0,0%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	2,8%	4,9%	0,0%
2100	3,8%	3,3%	2,2%	3,3%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	22,0%	0,0%	0,2%	0,1%	6,9%	24,8%	0,0%
2120	3,8%	2,1%	5,9%	4,6%	6,3%	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%	0,0%	0,1%	0,3%	6,6%	30,3%	0,0%
2140	2,5%	1,3%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,4%	0,1%	2,3%	0,1%
2160	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,2%	1,1%	0,1%	0,0%
2180	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,2%	1,1%	0,0%
2200	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	3,6%	0,2%	1,3%	0,0%
2220	1,3%	0,4%	0,0%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,4%	1,1%	0,0%
2240	1,3%	1,7%	3,4%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	2,0%	1,3%	2,3%	0,2%
2260	0,0%	0,4%	0,6%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,2%	0,0%	0,4%	0,0%
2280	1,3%	0,4%	0,3%	0,4%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,1%	0,3%	0,0%
2300	1,3%	1,3%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,7%	0,2%	0,2%	0,2%
2320	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,2%	0,5%	4,9%
2340	2,5%	1,3%	0,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,7%	0,0%	3,5%
2360	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	1,0%	1,4%	1,6%	0,0%
2380	0,0%	0,4%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,3%	2,3%	0,4%	0,0%
2400	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
2420	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	1,0%	0,1%	1,8%	0,2%
2440	0,0%	0,0%	1,6%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	2,6%	0,0%
2460	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	2,9%	0,4%
2480	1,3%	0,8%	1,3%	0,8%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,6%	4,1%
2500	1,3%	0,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	0,0%	0,0%
2520	0,0%	1,3%	1,6%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	1,0%	0,0%
2540	1,3%	0,8%	0,6%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%	0,0%

Distans	LCMS					Lev,1					Lev,2				
	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5
2560	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%
2580	0,0%	0,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%
2600	2,5%	0,0%	0,9%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	2,1%	0,2%	0,0%	0,0%
2620	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	1,0%	1,1%	1,9%	0,0%
2640	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	2,2%	0,1%	0,1%	0,7%
2660	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,2%	0,0%
2680	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%
2700	0,0%	0,4%	0,6%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,0%	0,1%	0,0%
2720	2,5%	3,3%	4,1%	2,9%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%	0,0%	3,1%	3,0%	11,7%	0,2%
2740	0,0%	0,0%	0,9%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	0,2%	1,1%
2760	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,2%
2780	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,8%	0,4%
2800	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	4,1%	0,3%	0,2%	0,0%
2820	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,8%	1,3%	0,4%
2840	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,1%	0,4%	0,0%
2860	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,1%	0,5%	0,0%
2880	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,4%	0,4%	0,2%	0,0%
2900	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,3%	1,7%	0,4%	0,4%	0,0%
2920	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	0,1%	0,1%
2940	1,3%	1,3%	1,3%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	1,9%	0,0%	0,5%	0,0%
2960	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,4%	0,7%	4,2%	0,1%
2980	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	1,3%	7,3%	0,5%
3000	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,7%	4,6%	0,2%
3020	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,7%	0,2%
3040	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,4%	4,0%	4,2%
3060	0,0%	0,8%	0,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	0,1%	1,4%	1,3%
3080	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	1,6%	1,1%
3100	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,6%	0,2%
3120	0,0%	0,0%	0,3%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,8%	1,8%	0,4%
3140	2,5%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	1,4%	0,4%
3160	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,7%	2,3%	0,0%
3180	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	1,6%	0,7%	0,0%
3200	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,5%	0,0%
3220	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%	0,2%	0,0%
3240	6,3%	6,3%	4,4%	4,2%	3,8%	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,1%	7,7%	31,6%	24,0%
3260	0,0%	0,8%	0,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,2%	1,6%	0,8%
3280	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	2,3%	0,0%
3300	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,2%	1,0%	0,0%
3320	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,4%	1,7%	0,0%
3340	2,5%	2,9%	1,3%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	1,8%	0,0%
3360	0,0%	1,7%	2,2%	4,2%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,1%	6,1%	24,5%	0,0%
3380	3,8%	0,4%	1,9%	0,8%	2,5%	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,1%	2,3%	17,1%	1,4%
3400	2,5%	1,3%	1,3%	1,7%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	1,7%	0,1%	1,6%	0,1%

Distans	LCMS					Lev,1					Lev,2				
	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5
3420	0,0%	0,0%	0,6%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,9%	0,1%	1,1%	1,1%	0,0%
3440	3,8%	5,0%	4,1%	5,4%	8,8%	0,0%	0,0%	5,0%	4,0%	0,0%	0,1%	0,3%	3,6%	3,0%	0,0%
3460	1,3%	2,5%	1,6%	2,9%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,4%	0,2%	0,4%	3,1%	0,0%
3480	2,5%	4,6%	5,9%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	1,7%	0,9%	8,7%	0,2%
3500	0,0%	1,3%	1,9%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%	0,2%	1,0%	0,0%
3520	1,3%	0,4%	0,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	1,8%	0,7%	10,8%	1,6%
3540	0,0%	0,8%	0,6%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
3560	1,3%	0,8%	0,6%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	6,6%	2,0%
3580	6,3%	4,6%	1,9%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	1,9%	17,7%	5,8%
3600	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	1,2%	0,0%	0,1%	0,2%
3620	0,0%	0,0%	0,9%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%	0,1%	1,1%	0,6%
3640	0,0%	0,0%	0,9%	2,1%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	0,1%	6,0%	5,8%
3660	2,5%	2,1%	1,6%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	1,0%	0,5%	2,4%	0,1%
3680	3,8%	0,4%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	1,4%	4,1%
3700	1,3%	0,8%	0,3%	2,1%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,1%	0,0%	1,3%	2,6%
3720	1,3%	0,8%	0,6%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%
3740	2,5%	4,6%	2,5%	3,3%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	1,8%	0,1%	2,2%	0,2%
3760	3,8%	0,8%	3,1%	2,1%	3,8%	0,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
3780	0,0%	0,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	1,0%
3800	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
3820	2,5%	0,4%	2,2%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	6,6%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%
3840	3,8%	2,1%	2,8%	4,2%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	8,3%
3860	0,0%	2,1%	0,6%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
3880	1,3%	0,8%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%
3900	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
3920	0,0%	0,8%	0,3%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%
3940	3,8%	5,0%	2,8%	2,9%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%
3960	2,5%	4,2%	4,1%	5,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,9%	5,7%	0,0%	0,1%	0,0%
3980	1,3%	4,2%	4,7%	3,8%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%	0,0%	0,2%	0,0%
4000	5,0%	3,8%	4,1%	5,0%	7,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,9%	5,4%	2,0%	6,0%	0,0%
4020	1,3%	0,8%	0,9%	2,1%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	8,2%	1,6%	0,7%	0,0%
4040	2,5%	3,3%	2,8%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
4060	1,3%	0,4%	0,3%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
4080	1,3%	0,0%	0,6%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4100	1,3%	0,8%	0,3%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	1,8%
4120	3,8%	1,3%	1,9%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	2,4%
4140	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,5%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
4160	1,3%	1,3%	0,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4180	1,3%	0,4%	0,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4200	0,0%	1,3%	1,3%	1,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	0,2%
4220	0,0%	0,0%	1,6%	1,7%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,3%	0,0%
4240	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,4%	0,2%
4260	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%

Distans	LCMS					Lev,1					Lev,2				
	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5	Zon1	Zon2	Zon3	Zon4	Zon5
4280	0,0%	0,4%	0,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%
4300	3,8%	1,3%	0,6%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,7%	3,9%	0,0%
4320	0,0%	1,3%	1,9%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,6%	0,0%
4340	2,5%	2,9%	1,3%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	4,2%	0,0%
4360	0,0%	0,4%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%
4380	1,3%	0,4%	0,0%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	0,1%	3,0%
4400	3,8%	0,8%	1,3%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	3,1%
4420	0,0%	1,3%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	5,9%	18,3%	2,4%
4440	0,0%	0,4%	0,6%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	1,4%	4,0%	0,0%
4460	2,5%	2,1%	3,8%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%	0,8%	0,1%	2,3%	17,2%	0,0%
4480	5,0%	4,6%	4,4%	3,8%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%	0,0%	0,1%	8,1%	20,0%	0,5%
4500	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	0,0%	0,0%	44,0%	2,0%	0,0%	0,1%	1,9%	18,1%	38,6%	0,7%
4520	1,3%	0,4%	0,9%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,7%	0,0%
4540	1,3%	1,7%	4,1%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	1,3%	2,0%	0,0%
4560	2,5%	1,3%	0,9%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,9%	0,0%
4580	0,0%	0,8%	0,9%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4600	0,0%	1,3%	0,9%	1,3%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	9,7%	0,0%
4620	7,5%	6,7%	6,6%	9,6%	8,8%	0,0%	0,0%	2,0%	31,0%	0,0%	0,0%	0,1%	22,3%	28,3%	0,0%
4640	10,0%	9,2%	10,0%	9,2%	10,0%	0,0%	0,0%	5,0%	52,0%	0,0%	0,0%	0,2%	37,1%	41,5%	1,0%
4660	6,3%	5,4%	6,3%	6,3%	7,5%	0,0%	0,0%	5,0%	65,0%	0,0%	0,2%	0,1%	11,4%	38,6%	0,0%
4680	2,5%	3,3%	5,0%	2,9%	3,8%	6,0%	0,0%	0,0%	11,0%	0,0%	6,6%	0,2%	0,2%	6,6%	0,0%
4700	0,0%	1,3%	1,3%	0,4%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4720	2,5%	2,5%	3,8%	4,2%	6,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	10,5%	24,8%	0,0%
4740	5,0%	2,1%	1,3%	1,7%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%	0,1%	0,2%	1,2%	4,8%	0,2%
4760	0,0%	1,3%	0,6%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	7,6%	0,0%
4780	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%
4800	0,0%	2,1%	0,9%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,8%	2,7%	3,3%
4820	1,3%	1,3%	1,6%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	1,4%	0,5%
4840	5,0%	2,5%	2,2%	3,8%	3,8%	0,0%	0,0%	1,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,5%	12,9%	16,4%	5,9%
4860	0,0%	0,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,7%	0,0%	0,1%	0,0%
4880	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%
4900	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%	0,0%
4920	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	1,1%	0,0%
4940	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	2,0%	0,0%	0,1%	0,0%
4960	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%
4980	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	0,0%	0,2%	0,0%

---

## Bilaga 7 – Frågor om sprickor och ytdefekter

---

Dear all,

We are in the progress to finish a report for the Swedish Transport Administration where we are looking at cracks and surface defects measured by LCMS-system (analysis from 3D surface measurement). One chapter should give a brief overview of what is used in Europe. I would be grateful if you could give me information about the strategy used in your country. A summary of your answers will be published in a public report (in Swedish). The country and the answers will be mentioned, not your name. Answers before June 10, 2019 will be summarized.

Just to get a short answer on these four questions would be of great help for me. All questions are about condition measurement of the state road network. If there are different requirements for different road categories, please give the information for the major roads.

1. Is it compulsory to use a scanning laser technique or to get a high-resolution cross profile to describe the transverse profile and transverse unevenness?
  - a. What is the requirement for the point density in the transverse direction?
  
2. Do you measure cracks?
  - a. If you do, what technique is used?
  - b. If you do, is it used for maintenance planning?
  
3. Do you measure surface defects?
  - a. If you do, what technique is used?
  - b. If you do, which defects do you measure?
  - c. If you do, is it used for maintenance planning?
  
4. Do you have references to any documents we could refer to?

Best Regards,

/Thomas Lundberg



---

## Bilaga 8 – Slutrapport från WSP

---

Ladda ner rapporten om bilagan inte syns.



---

## Bilaga 9 – Slutrapport från Terratec

---

Ladda ner rapporten om bilagan inte syns.



## Bilaga 10 – Sammanställning av resultat från enkätundersökning i Europa

Tabell 21 Sammanställning av information om hur sprickor och ytskador mäts i övriga Europa.

Land	Avstånd mellan mätpunkter i tvärled	Mäter ni sprickor?	Hur mäter ni sprickor	Används informationen för beläggningsplanering?	Mäter ni ytskador?	Hur mäter ni ytskador?	Vilka ytskador mäts?	Används informationen för beläggningsplanering?
Sverige <sup>5</sup>	Medelvärde 188 mm (10 mm)	(Ja)	(LCMS)	(Nej, men planer finns)	(Nej)			(Nej)
Nederländerna (huvudvägar)	200 mm	Ja	LCMS kombinerat med visuell bedömning för att sortera bort falska sprickor	Ja	Ja	LCMS och friktionsmätning	Raveling, friktion	Ja
Finland <sup>6</sup>	Medelvärde 188 mm (25 mm)	Ja	Okulär inventering – två nivåer, åtgärdas eller ej.	Ja för val av åtgärds-kandidater	Ja	Okulär inventering – två nivåer, åtgärdas eller ej.	Potthål, raveling, kanthäng, tjälpåverkan	Ja
Danmark <sup>5</sup> (huvudvägar)	Inga krav finns. 1 mm	Ja	LCMS2	(Arbete pågår)	Ja	LCMS2	Raveling	(Arbete pågår)
Tjeckien	75-100 mm	Ja	Flera metoder. Okulär inventering,	Ja	Ja	Flera metoder. Okulär inventering, bild-	Ytskador, friktion, deformation, totalt 12	Ja

<sup>5</sup> Uppgifterna gäller för 2019, inom parentes gäller för 2020.

<sup>6</sup> Uppgifterna gäller för 2019, inom parentes gäller för 2021.

Land	Avstånd mellan mätpunkter i tvärled	Mäter ni sprickor?	Hur mäter ni sprickor	Används informationen för beläggningsplanering?	Mäter ni ytskador?	Hur mäter ni ytskador?	Vilka ytskador mäts?	Används informationen för beläggningsplanering?
			bild- eller videogranskning, LCMS, laser-skanning			eller videogranskning, LCMS, laser-skanning, friktionsmätning	variabler för asfalt lagras i vägdatatabank.	
Belgien	-	Ja	LCMS	Ja	Ja	LCMS	Potthål, lappningar	Ja, för det sekundära vägnätet
Slovenien	-	Ja	Okulär inventering	Ja	Ja	Okulär inventering	Raveling, potthål, lappningar	Ja
Norge	3—4 mm	Ja	Statistisk metod baserad på Lidar	Nej	Ja	Statistisk metod baserad på Lidar	Homogenitet	Nej, men för kontroll av nylagda ytor
Storbritannien (huvudvägar)	20 mm	Ja (men ej på betongvägar)	Metoden är oväsentlig, men det är LCMS som används	Ja, det finns tillgängligt i PMS och används av beläggningsplanerare.	Ja	Textur, bilder och pseudo-textur från LCMS	Raveling, lokala ojämnheter, komfort (longitudinal profile variance)	Ja, det finns tillgängligt i PMS. Det är en ganska ny information.
Portugal	Inga krav, 14 mätpunkter	Ja	Visuell bedömning, endast krackelering. Görs samtidigt med vägytemätning i 55 km/h	Ja, det är en av de viktigaste variablerna. Planer finns på att uppgradera till LCMS.	Nej	Förhoppningsvis med introduktion av LCMS	Önskar mäta, potthål, separation, stensläpp, lagningar och blödning	Nej



---

## OM VTI

---

**V**TI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Vår huvuduppgift är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Vi arbetar för att kunskapen om transportsektorn kontinuerligt ska förbättras och är på så sätt med och bidrar till att uppnå Sveriges transportpolitiska mål.

Verksamheten omfattar samtliga transportslag och områdena väg- och banteknik, drift och underhåll, fordonsteknik, trafiksäkerhet, trafikanalys, människan i transportsystemet, miljö, planerings- och beslutsprocesser, transportekonomi samt transportsystem. Kunskapen från institutet ger beslutsunderlag till aktörer inom transportsektorn och får i många fall direkta tillämpningar i såväl nationell som internationell transportpolitik.

VTI utför forskning på uppdrag i en tvärvetenskaplig organisation. Medarbetarna arbetar också med utredning, rådgivning och utför olika typer av tjänster inom mätning och provning. På institutet finns tekniskt avancerad forskningsutrustning av olika slag och körsimulatorer i världsklass. Dessutom finns ett laboratorium för vägmateriell och ett krocksäkerhetslaboratorium.

I Sverige samverkar VTI med universitet och högskolor som bedriver närliggande forskning och utbildning. Vi medverkar även kontinuerligt i internationella forskningsprojekt, framförallt i Europa, och deltar aktivt i internationella nätverk och allianser.

VTI är en uppdragsmyndighet som lyder under regeringen och hör till Infrastrukturdepartementets verksamhets-/ansvarsområde. Vårt kvalitetsledningssystem är certifierat enligt ISO 9001 och vårt miljöledningssystem är certifierat enligt ISO 14001. Vissa provningsmetoder vid våra laboratorier för krocksäkerhetsprovning och vägmateriellprovning är dessutom ackrediterade av Swedac.

**vti**

Statens väg- och transportforskningsinstitut • [www.vti.se](http://www.vti.se) • [vti@vti.se](mailto:vti@vti.se) • +46 (0)13-20 40 00

---