

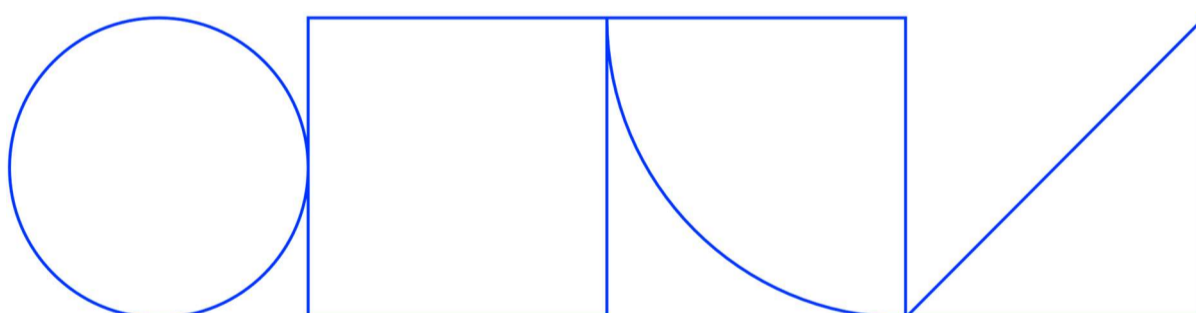
PROJEKTNR. 14336

Automatiserat Drift och Underhåll av Beläggningar

Genomförbarhetsstudie

Författare: Andreas Bäckström, Svevia AB; Mats Wärme, BM System AB; Hawzheen Karim, ViaPM AB

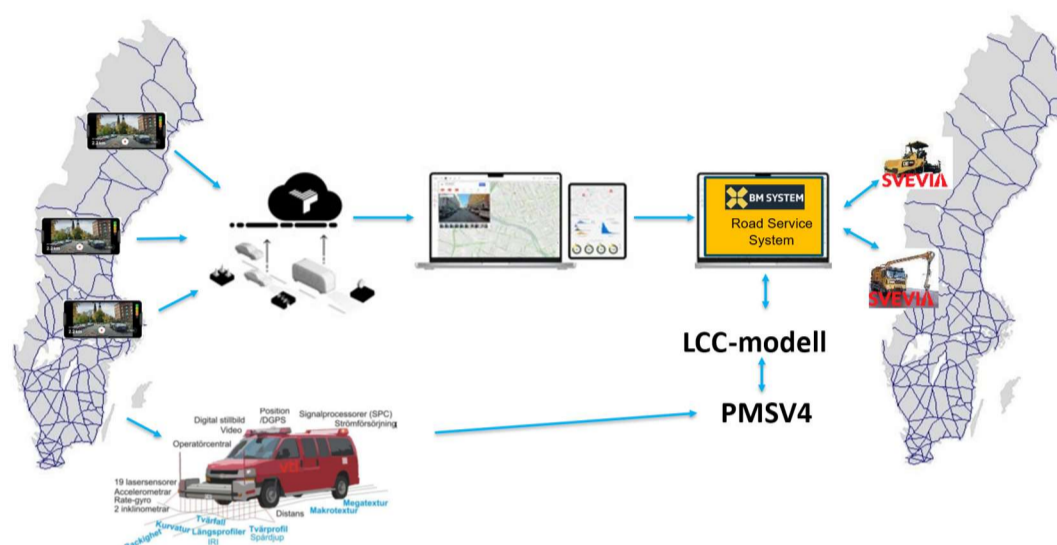
2024-12-17



Förord

Denna rapport presenterar resultatet av FoU-projektet "Automatiserat Drift och underhåll av beläggningar". Projektet syftar till att undersöka förutsättningar för ett mer datadrivet belägningsunderhållsarbete.

Genomförbarhetsstudien studerar primärt möjligheterna att automatisera åtgärdsplaneringen och optimera logistiken för avhjälpande belägningsunderhåll. Det sker med utgångspunkt i uppkopplade vägytemätningar. Förutsättningar för att även kunna ta hänsyn till PMS-data från väglaserbilen och integration i LCC-modeller undersöks även. Se bild nedan som visar dataflödet.



Genomförbarhetsstudien visar att det är relevant att arbeta vidare inom detta område och en ansökan om efterföljande demonstrationsprojekt är framtagen och kommer utöver SBUF skickas till Trafikverket samt InfraSweden som blir tillkommande huvudfinansiärer.

Ett stort tack riktas till huvudfinansiären Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) samt övriga parter som medverkat i projektet.

Göteborg, i december 2024

Andreas Bäckström, Mats Wärme, Hawzheen Karim



Projektets organisation

Projektets **styrgrupp** bestod av följande personer:

Martina Rydberg, Trafikverket (Enhetschef bas- och vintertjänster väg)

Joacim Lundberg, Föreståndare
Kompetenscentrum vägteknik, KCV¹/LTH

Anita Ihs, Vti (Avdelningschef)

Kennet Karlsson, Svevia (Systemarkitekt)

Mattias Liljekvist, Rektor Asfaltskolan

Referensgrupp bestod ursprungligen av följande personer:

Kristin Eklöf, salbo.ai (Dataforskare Infrastruktur)

Martin Karlsson, Terranor AB (Head of Business Development)

Gunnar Norgren, PEAB (Entreprenadingenjör)

Jacob Olsson-Wallentin, Skanska (Distriktschef)

Jonas Westberg, Zeekit (Country manager)

Johan Petersson, NIRA dynamics (Produktchef)

Rasmus Rempling, NCC (Konstruktör & Docent
Konstruktionsteknik på Chalmers)

Lars Forslöf, RoadRoid (CEO)

Tillkommande i demonstrationsprojektets ansökan

Erik Stigsmark, Trafikverket (PL UH beläggning Dalarna)

Marcus Wikström, Trafikverket (PL UH
beläggning Gävleborgs län)

Fredrik Lindström, Trafikverket (Nationell
samordnare belagd väg)

Christer Andersson, ViaPM & Företrädare SBSV

Björn Eklund, Trafikverket (Senior utredare
Forskning och innovation, Verksamhetsområde
Underhåll)

Christian Eriksson, Trafikverket (Utredare)

Richard Nilsson, Skanska (Specialist – Asfalt och
Vägteknik)

Gjermund Jakobsen, Statens vegvesen (Digital
Business Developer Road and Transport Data)

Claes Henschel, NCC (Digital Innovation
Manager)

Johannes Berg, Trafikverket (Utredningsledare)

Ketil Dahl, Mesta AS (Leder marked og
forretningsutvikling)

Lars Redtzer, Byggföretagen (Chef
Branscutveckling)

Projektgruppen bestod av:

Magnus Jonsson, Svevia Edsbyn/Bollnäs
(Platschef)

Hawzheen Karim, ViaPM (Managementkonsult
och innovationsledare)

Alfred Lindberg, Univrses (Affärsutvecklingschef)

Johanna Thorn, Univrses (Kundframgångschef)

Henrik Rosdahl, Helsingborg (Gatuingenjör)

Conny Olsson, Trafikverket (Projektledare
beläggning & förstärkning)

Magnus Persson, Trafikverket
(Beläggningsspecialist & Nationell samordnare
Bas- och vintertjänster väg)

Lärare asfaltskolan:

Christian Glantz, Ramboll (Specialist inom
Vägteknik och Drift)

Virgilio Perez, Ramboll (Specialist inom Vägteknik
och Drift)

Referensgrupp AP3 – Regelverk

Martin Karlsson, Terranor AB (Head of Business
Development)

Gunnar Norgren, PEAB (Entreprenadingenjör)

Jacob Olsson-Wallentin, Skanska (Distriktschef)

Kristoffer Forsberg, Svevia (Platschef Drift)

Fredrik Falberg, Svevia (Platschef Drift)

Anton Vilander, Svevia (Entreprenadchef)

Tommy Söderholm, Svevia (Platschef Drift)

Stridh Clas-Håkan Dst, Svevia (Controller)

Projektledningen leder projekt- och referensgrupp
och ansluter till styrgrupp och består av.

Andreas Bäckström (projektledare), Svevia

Mats Wärme (Biträdande projektledare), BM
system

¹ [Storsatsning på vägteknik](#)

Sammanfattning

I dag är det många beläggningsskador (hål och sprickor) som inte upptäcks eller åtgärdas i tid. Dessa växer sig då större, kan bidra till olyckor eller skador på fordon, och kräver akuta och dyra åtgärder för att repareras samt kan tillfoga väggroppen stor skada då vatten kan tränga in. Om entreprenören genom nya digitala inventeringssystem upptäcker skador tidigare kommer fler enskilda åtgärder kunna åtgärdas och återkommande problem uppmärksammas. Det blir möjligt att arbeta på ett mer planerbart och systematiserat sätt. Med hjälp av bilder klassificeras skadorna bättre med hjälp av bildigenkänningsteknik så att rätt resurser avsätts vilket medför möjligheter till effektiviseringar och ruttoptimering. Planerade arbeten ger även personalen en säkrare arbetsmiljö, då säkerhetsåtgärder som avstängningar och omledningar kan planeras och informeras tidigare till allmänheten.

Driftområdesentreprenörerna är den huvudsakliga problemägaren för genomförbarhetsstudien, de har behov av att utveckla system för att möta högre krav från Trafikverket. Projektets syfte var att studera möjligheterna att automatisera åtgärdsplaneringen och optimera logistiken för drift- och underhåll av vägbeläggningar. Arbetet har baserats på data från Univrses 3DAICitys uppkopplade vägytemätningar och syftet var att effektivisera drift och underhåll gällande kostnads-, trafiksäkerhets- och miljösynpunkt. För att detta skall bli genomförbart har projektet även tagit fram förslag på nytt regelverk som stödjer förebyggande underhåll. Standardiserade vägytemätningar kan även bidra till ett bättre underlag för aktuell beläggningssstatus vid upphandling samt underlätta övertagandebesiktningar.

Slutsatser

- Den nya insamlingstekniken har stor potential för att kunna nå ett hållbart och mer produktivt avhjälpande beläggningssunderhåll.
- Tekniken är inte en flaskhals.
- Det bedöms finnas möjlighet att inkludera avhjälpande beläggningssunderhåll i modellerna för effektsamband och LCC.
- Stor samsyn finns i branschen kring potential att införa nytt objektiva uppföljningssystem och regelverk eller ersättningsmodell som stöttar förebyggande underhåll av beläggningar inom ramen för Basunderhåll Väg.

Rekommendation

Trafikverket rekommenderas mot bakgrund av genomförbarhetsstudien att gå vidare med ett fullskaligt demonstrationsprojekt under två år i syfte att:

- Koppla ihop, testa och utvärdera ekosystemet.
- Ta fram ett förslag på arbetssätt.
- Utveckla och utvärdera modeller för beslutstöd för datadrivet beläggningssunderhåll.

- Ta fram förslag på anpassningar i krav och ersättningsmodell för att skapa förutsättning och incitament hos entreprenörer för implementering av det nya arbetssättet.
- Säkerställande av datakvalitet inklusive utredning om jämförbarhet mellan mätbil och manuell inspektion bör utforskas mera. Eventuellt behöver det även undersöka hur mycket skador som missas och hur mycket feltolkningar som görs av AI med bildigenkänning och vilka konsekvenser detta får.

Det är även viktigt att säkerställa att samtliga samhällsekonomiska modelldata finns samlade hos Trafikverket i nästa generations Pavement Management Systems, PMS (PMSv5) och att data även framöver finns öppet tillgängliga för marknaden för att kunna utveckla och förfinas sina modeller för nedbrytning, LCA och LCC.

Summary

Today, there are many pavement damages (holes and cracks) that are not detected or repaired in time. These then grow larger, can contribute to accidents or damage to vehicles, and require urgent and expensive measures to be repaired and can inflict great damage on the road structure as water can penetrate. If the contractor discovers damage earlier through new digital inventory systems, more individual measures can be fixed and recurring problems will be noticed. It becomes possible to work in a more planned and systematized way. With the help of images, the damage is better classified with the help of image recognition technology so that the right resources are allocated, which leads to opportunities for efficiency improvements and route optimization. Planned work also provides staff with a safer working environment, as safety measures such as closures and diversions can be planned and informed earlier to the public.

The operating area contractors are the main problem owner for the feasibility study, they have a need to develop systems to meet higher requirements from the Swedish Transport Administration. The purpose of the project was to study the possibilities of automating action planning and optimizing the logistics for operation and maintenance of road surfaces. The work has been based on data from Univrse's 3DAICity's connected road surface measurements and the purpose was to streamline operation and maintenance regarding cost, traffic safety and environmental considerations. In order for this to be feasible, the project has also developed proposals for new regulations that support preventive maintenance. Standardised road surface measurements can also contribute to a better basis for the current pavement status in procurements and facilitate takeover inspections.

Conclusions

- The new road data collection technology has great potential to achieve sustainable and productive remedial pavement maintenance.
- Technology is not a bottleneck.
- It is considered possible to include remedial pavement maintenance in the models for LCC.
- There is a broad consensus in the industry on the potential to introduce a new objective follow-up system and regulations/compensation model that supports preventive maintenance of pavements within the framework of Road Maintenance on the state-owned network.

Recommendation

Against this background, the Swedish Transport Administration is recommended to proceed with a full-scale demonstration project over two years with the aim of:

- Connect, test, and evaluate the ecosystem.
- Develop new way of working.
- Develop and evaluate models for decision support for data-driven pavement maintenance.

- Develop proposals for adaptations in the requirements and the remuneration model to create the conditions and incentives for the implementation of the new way of working.
- Ensuring data quality, including an investigation of comparability between measurement vehicles and manual inspections, should be explored further. It may also need to investigate how much damage is missed and how much misinterpretation is made by AI with image recognition and what consequences this has.

It is also important to ensure that all socio-economic model data is collected at the Swedish Transport Administration in the next generation of Pavement Management Systems, PMS, (PMSv5) and where it is also openly available for the market to be able to develop and refine its degradation, LCA, LCC models.

Innehåll

2	Bakgrund	2
3	Syfte	5
4	Metodbeskrivning och Utförande	6
5	Resultat och diskussion	8
5.1	AP1 – Insamling av data	8
5.2	AP2 – Automatiserad åtgärdsplanering	8
5.2.1	Flowity	9
5.2.2	Pluto Technologies	10
5.2.3	Pavesight	10
5.2.4	RoadScan	11
5.2.5	Sammanställning av inventering tillgängliga tekniklösningar	11
5.3	AP3 – Regelverk	11
5.3.1	På kort sikt (1-5 år)	12
5.3.2	På lång sikt (2-6 år)	12
5.3.3	Sammanställning av resultat	13
5.4	AP4 – Potential	15
5.4.1	Return on Investment (Kostnads-/nyttoanalys)	15
5.4.2	Hållbarhet	15
5.4.3	Automatiseringsmöjligheter	16
5.4.4	LCC och LCA-modeller	16
5.4.5	Intervjuer med experter på vägunderhåll	17
6	Slutsatser	19
7	Rekommendation	19

Bilagor

BILAGA 1, Nuvarande regelverk samt affärsmodeller 2024-09-23.

BILAGA 2, Referensgruppsmöte, Branschsamverkan för ett utvecklat vägunderhåll - Workshop 2 Tema Datadrivet beläggningsarbete 2024-11-20.

BILAGA 3, Slutrapport, Hållbar kommunal underhållsplanering med uppkopplade fordonsdata 2024-01-25.

2 Bakgrund

Trafikverket har det övergripande ansvaret för drift och underhåll av det statliga vägnätet och är enligt myndighetens instruktion en beställarorganisation. Det faktiska drift- och underhållsarbetet genomförs av upphandlade entreprenörer enligt Standardbeskrivning för Basunderhåll väg (SBV) för drygt hundra driftområden ("driftkontrakten").

För att utveckla sin kompetens inom beställning och kvalitetsuppföljning av entreprenader genomför Trafikverket olika projekt för bättre informationsinsamling om vägytors och vägområdets tillstånd. Ett av dessa projekt är *Uppkopplade Vägytemätningar*² som syftar till att samla in information om beläggningsskador med hjälp av uppkopplade personbilar, året runt. Detta sker som komplement till de vägyte- och vägområdesmätningar som görs sommartid med mätbilar som använder linje- och punktlasrar, lidarscannrar och 360-kameror, se exempel i Bild 1³. De högtrafikerade belagda svenska statliga vägarna mäts årligen och resterande vägar mäts vartannat år.

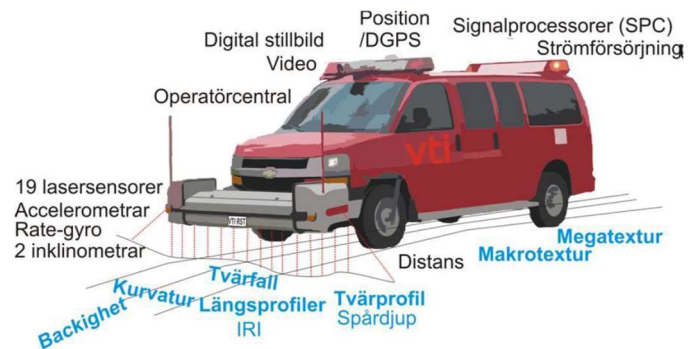


Bild 1: Mätbil för vägyte- och vägområdesmätning (Foto: VTI)

Resultaten av projekt som *Uppkopplade Vägytemätningar* blir troligtvis att Trafikverket kommer att ställa högre krav på entreprenörerna, baserat på mer frekvent insamlad data om vägnas aktuella status.

För att kunna svara upp mot dessa högre krav behöver entreprenörerna också utveckla sina system – som även skulle kunna nyttigöra data som är av sådan hög kvalitet att den går att använda för att klassificera beläggningsskador. Tillgång till högupplöst data (bilder) gör det möjligt för entreprenören att på distans fastställa optimal reparationsmetod, vilket kan öka planeringsförmågan och produktiviteten då risken att åka ut med fel resurser förebyggs.

Entreprenören kan således med rätt dataunderlag optimera vägskadereparationerna vilka normalt är upphandlade via standardkrav enligt bilaga 1.

² <https://bransch.trafikverket.se/om-oss/aktuellt-for-dig-i-branschen3/aktuellt-for-dig-i-branschen/2023-03/efter-digital-vinter---dags-for-digital-sommar/>

³ <https://www.vti.se/tjanster/vagmatningar/vagytematning>

I detta projekt vill vi studera möjligheten att ersätta dagens inspektioner med visuell inventering av vägar med hjälp av mobiltelefonkameror eller industrikameror som monteras i entreprenadfordon. Se även närbesläktade Fol-projektet *Smartphones för att mäta kvalitet på grusvägar*⁴ (SBUF nr 13265).

I dagsläget sker vägskadeinventering för utförande av Basunderhåll väg i samband med ordinarie väginspektionsintervall. Dessa utförs som minst varannan vecka för vägklass 4 - 5, och varje vecka eller oftare på vägklass 1-3. Krav avseende åtgärdstider utgår från när entreprenören fått kännedom om avvikelsen. Se bilaga 1 för mer info om krav och intervall.

Många entreprenörer upplever idag att det finns det många beläggningsskador (hål och sprickor) som inte upptäcks eller åtgärdas i tid. Dessa växer sig då större, kan bidra till olyckor eller skador på fordon och kräver akuta och dyra åtgärder för att repareras. Om entreprenören genom nya digitala inventeringssystem upptäcker skador tidigare kommer fler enskilda skador kunna åtgärdas och återkommande problem uppmärksammas. Det blir möjligt att arbeta på ett mer planerbart och systematiserat sätt. Med hjälp av bilder klassificeras skadorna bättre så att rätt resurser avsätts vilket medför möjligheter till effektiviseringar och ruttoptimering. Planerade arbeten ger även personalen en säkrare arbetsmiljö då säkerhetsåtgärder som avstängningar och omledningar kan planeras och informeras tidigare.

Det system som testats i projektet är inventeringssystemet 3DAI City som har utvecklats av Univrses. Det är ett system för visuell inspektion av vägmiljöer, dvs skador eller hinder på vägar samt status på skyltning mm. Systemet använder mobiltelefonkameror som monteras i fordon som frekvent rör sig inom ett område, detta kan i stadsmiljöer vara taxibilar eller renhållningsfordon; på landsbygden är det mer aktuellt med vägunderhållsfordon eller posttransporter. Svevia har via projektet *Uppkopplade vägytemätningar* fått tillgång till inventeringsdata för bla driftområde Bollnäs/Edsbyn och kunnat konstatera att skadegradskategoriseringen fungerar väl samt att systemet ger ett bra underlag för prioritering och dokumentation av underhållsåtgärder.

⁴ [Smartphones för att mäta kvalitet på grusvägar | SBUF](#)

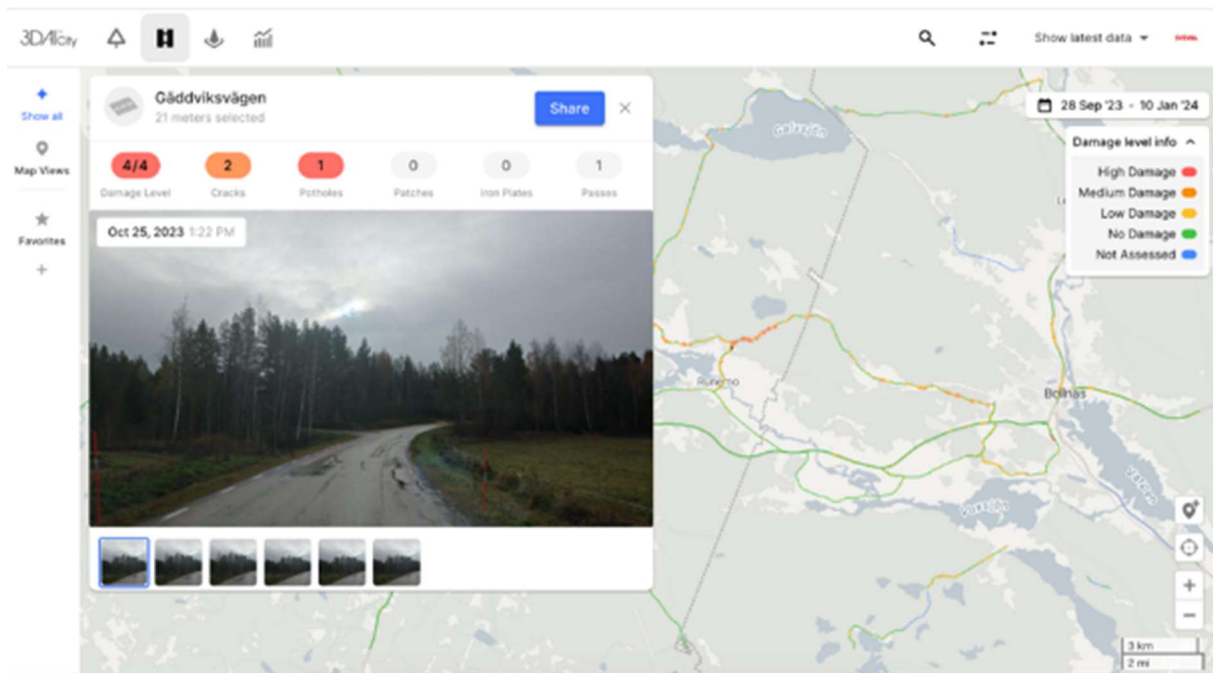


Bild 2: Inventering och klassificering av vägsador enligt vägskadehandbok Bära eller brista. Bilder från tester genomförda i Bollnäs.

Systemet har även använts av Helsingborgs Stad som 2022 köpte in det via en innovationsupphandling. Renhållningsfordon har utrustats med mobilkameror och på så sätt får driftsavdelningen inom Helsingborgs Stad löpande uppdaterad information om status på vägbeläggning samt information om saknade, skadade eller felplacerade skyltar. Detta har visat sig effektivisera underhållet och minska antalet kundärenden vilket väl kompenserar kostnaderna för användning av systemet. Innovationsprojektet vann pris på Kvalitetsmässan 2023.⁵

Driftområdesentreprenörerna var den huvudsakliga problemägaren för genomförbarhetsstudien, de har behov av att utveckla system för att möta högre krav från Trafikverket. De har även potential att effektivisera sitt arbete, automatisera sin åtgärdsplanering, genomföra förebyggande underhåll och bidra till ökad hållbarhet.

Ett lyckat resultat som leder till implementering av den nya tekniken kommer givetvis även att vara till nytta för Trafikverket samt för leverantörer av inventerings- och driftsoptimeringssystem. Projektet har varit förankrat och i dialog med såväl Trafikverket, systemleverantörer samt andra entreprenörer utöver Svevia som är projektägare i detta branschprojekt.

⁵ [Sa-har-mar-stadens-gator.pdf \(kvalitetsmassan.se\)](https://www.kvalitetsmassan.se/Sa-har-mar-stadens-gator.pdf)

3 Syfte

Syftet med denna genomförbarhetsstudie var att studera möjligheterna att med utgångspunkt i data från Univrses vägytemätningar automatisera åtgärdsplaneringen och optimera logistiken för drift och underhåll av vägbeläggningar för att öka effektiviteten ur kostnads-, trafiksäkerhets- och miljösynpunkt. För att detta skall bli genomförbart undersökte projektet även hur regelverket och ersättningsmodellen för avhjälpande belägningsunderhåll ska anpassas för att ge förutsättning för implementering av den nya tekniken. Ett nytt regelverk behöver stödja förebyggande underhåll och kan även ge bättre underlag vid upphandling samt övertagandebesiktningar.

Projektet knyter an till samtliga SBUF:s fokusområden:

1. **Digitalisering** – visionen är att genom digitala vägytemätningar skapa en digital tvilling av vägytans beskaffenhet. Detta kan ligga till grund för att utveckla och koppla automatisk åtgärdsplanering av DoU-belägningsåtgärder.
2. **Hållbarhet** – visionen är att automatisk åtgärdsplanering skall kunna optimera logistiken och därmed minska utsläpp samt stödja förebyggande underhåll. Detta ger längre livslängd för vägnätet och minskar kostnaden för vägunderhåll genom att brister kan avhjälpas i ett tidigare skede utan att skador tillfogas vägkroppen.
3. **Säkerhet & Arbetsmiljö** – genom bättre koll och större möjligheter för planerade åtgärder skapas en säkrare arbetsmiljö för de som arbetar utefter vägen.
4. **Management** – automatisk åtgärdsplanering och tidig upptäckt av brister bidrar till ökad produktivitet. Införande av innovativ teknik skapar förutsättningar för nya innovationer vilket i sin tur ökar företagets attraktionskraft.

Projektets datainsamling var primärt begränsat till driftområde Bollnäs/Edsbyn men utökades till att även omfatta Gävle, Älvdalen samt Rättvik. Projektet syftade inte till att testa andra metoder för datainsamling utöver Univrses system, utan fokus låg på att utifrån den data som samlas in visa hur informationen kan ligga till grund för automatiserad planering av åtgärder för drift och underhåll av beläggning.

Projektet har resulterat i:

1. En tänkt systembeskrivning av hur en enkel digital tvilling av vägytan kan ligga till grund för automatisera planering av drift- och underhållsåtgärder för vägbeläggning som medför optimerad logistik, vilket skapar nytta för entreprenörer som kan öka sin produktivitet.
2. Översyn av dagens regelverk (vilka till stor del framgår av bilaga 1) och förslag på förändringar som skapar större möjlighet för förebyggande underhåll. Detta skapar nytta för såväl entreprenörer som Trafikverket genom ökad lönsamhet och sänkta kostnader.

4 Metodbeskrivning och Utförande

Tidplan

Projektet utfördes i enlighet med tidplan mellan 2024-02-01 – 2025-01-31

	2024											2025
	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	j
Projektledning												
AP1 Insamling av data												
AP2 Automatiserad åtgärdsplanering												
AP3 Regelverk												
AP4 Potential												
Rapportering och spridning												

Genomförbarhetsstudien var uppdelad i fyra arbetspaket som översiktligt redovisas nedan samt resultat i nästkommande kapitel *5 Resultat och diskussion* i denna slutrapport.

AP1 – Insamling av data

I AP1 ingick att tillämpa och vid behov vidareutveckla Univrses system för inventering av vägytor inom driftområde Bollnäs/Edsbyn. Detta område är mer utsatt för tjälskador och AI-systemet har därmed inte tränats på denna skadetyper vid skadekategoriseringsarbetet i Helsingborg Stad. Handboken "Bära-eller-brista" som getts ut av SKR (Sveriges Kommuner och Regioner) har legat till grund för kategorisering av vägsador⁶.

Insamlingen har skett genom att en telefon monteras i 2-3 st inspektionsfordon samt eventuellt även i arbetsledares fordon, max 3-4 telefoner behövs normalt per Driftområde.

Genom projektet dokumenterades fördelar och utvecklingspotential för Univrses system, som även jämfördes översiktligt mot liknande system på marknaden. Arbetspaketet avser inte utreda datakvalitet närmare dvs hur systemet presterar jämfört med mätbil och manuell inspektion. Det finns parallella studier som undersöker det och kommer därför endast att utvärderas översiktligt av driftområdets personal.

Arbetspaketet leddes av Svevia i driftområdet Bollnäs/Edsbyn och övriga deltagare var Univrses, ViaPM och Helsingborgs Stad som stöttade med sina erfarenheter.

LEVERANS: Beläggningsdata som ligger till grund för genomförbarhetsstudien.

AP2 – Automatiserad åtgärdsplanering

Inom AP2 togs det fram en övergripande beskrivning av system- och dataarkitektur för automatisk åtgärdsplanering. Detta föregicks av analys av vilken data som kan hämtas från Univrses och andra liknande system för vägyteinventering och hur den kan användas för att automatisera åtgärdsplanering och ruttoptimering. Arbetspaketet har

⁶ [Bära-eller-brista.pdf \(skr.se\)](#)

även tittat på vilken ytterligare data som behöver samlas in (t ex affärssystemdata för effektiv orderhantering samt fakturering) för att kunna utforma och administrera automatiserad åtgärdsplanering uppdelat på olika typer av åtgärder/fordon, tex Snabelbil, HP27 och underhållsbeläggning.

Arbetspaketet leddes av BM System och övriga deltagare är Svevia, Univrses och Helsingborg.

LEVERANS: Systembeskrivning som ligger till grund för ett kommande implementeringsprojekt.

AP3 – Regelverk

Inom AP3 studerades nuvarande regelverk med fokus på möjligheter och hinder för att stödja förebyggande underhåll. Utifrån denna beskrivning har förslag på ändringar/anpassningar i nuvarande regelverk tagits fram, för att dra nytta av möjligheter samtidigt som hinder undanröjs. Regelverken har stämts av med Trafikverket samt andra aktörer i branschen.

Arbetspaketet leds av Svevia och ViaPM och övriga deltagare är driftentreprenörerna från branschen inklusive Svevia Bollnäs/Edsbyn samt även Trafikverket.

LEVERANS: En kartläggning av hinder och möjligheter med nuvarande regelverk samt förslag på nya regelverk som stödjer förebyggande underhåll.

AP4 – Potential

Projektets potential har även undersökts under följande rubriker samt ledning.

- Return on investment (Kostnads-/nyttoanalys), Svevia
- Hållbarhet – fokus på reparationsåtgärders påverkan av vägars livslängd, Svevia
- Automatiseringsmöjligheter, BM System

Arbetspaketet leddes av Svevia och BM System, information inhämtades och stämdes även av med Trafikverket. Potential för kommande implementeringsprojekt stämdes av med branschen, lärare på asfaltskolan samt Salbo Konsult för att få inspel för fortsatt utveckling.

LEVERANS: Beskrivning av potentialen för ett kommande implementeringsprojekt uppdelad på ovanstående rubriker.

5 Resultat och diskussion

5.1 AP1 – Insamling av data

Insamling av data utfördes enligt plan ca 1 år före nov 2023 och vissa systemuppdateringar för tydligare visualisering och skadekategorisering enligt "Bära-eller-brista" utfördes inom ramen för arbetspaketet. Driftområdet ansåg att insamlingen var ändamålsenligt och användbar även om det fanns en del arbete kvar för skadekategoriseringen skulle ske fullt ut enligt skadehandboken "Bära-eller-brista".

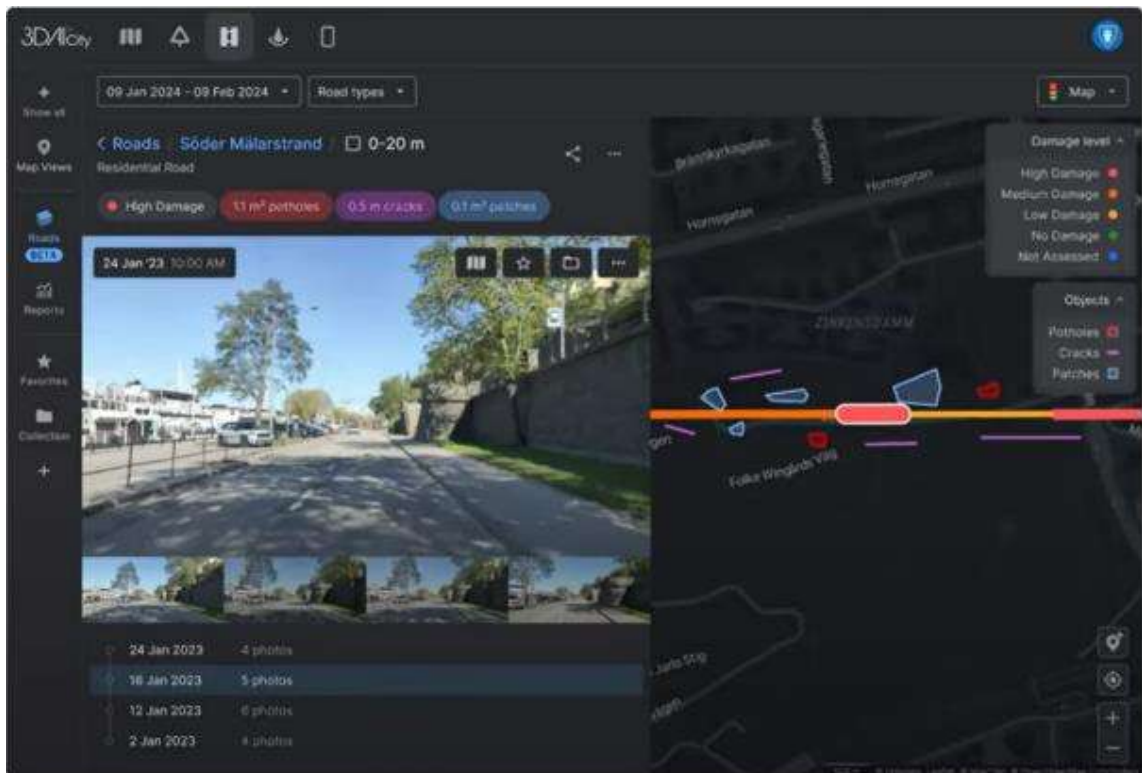


Bild 3 Skärmbild från 3DAI City, Univrses som visar vägyteinventering med AI-baserad klassifisering.

5.2 AP2 – Automatiserad åtgärdsplanering

Inom detta arbetspaket studerades primärt data som produceras i inventeringssystemet 3DAI City från Univrses. Men även andra företags liknande automatiska inventeringsverktyg med bildegenkänningsteknik har översiktligt utforskats genom dialog med leverantörer och genom att undersöka deras produktspecifikationer enligt nedan.

Det som är gemensamt för dem alla är att de kan klassificera olika typer av beläggningsskador samt kvantifiera ytor och visualisera datan både på digitala kartor och i statusrapporter. Samtliga system använder eftermonterad hårdvara (smartphone eller Industri kamera med minidator) vilket innebär en hög grad av mänsklig interaktion sker vid installation och aktivering av datainsamling. Samtliga lösningar har även maskinlärningsfunktioner för anonymisering av personuppgifter i den insamlade data för att enklare kunna uppfylla GDPR-krav, denna sker normalt på plats i hårdvaran.

De olika företagen har, liksom Univrses, även utvecklat och tränat sin bildigenkänningsteknik för att känna igen andra objekt samt avvikelser i vägmiljön.



Bild 4 Exempel på datatyper från vägmiljö som kan extraheras via bildigenkänningsteknik.

5.2.1 Flowity

Flowity⁷ är ett svenskt företag som avknoppats från AFRY som kvantifierar vägsitage samt materialåtgång för beläggningsreparationer. Inventering av brunnar, vägmärken, vägbredd och kantsten samt detektion av defekter på dessa är även möjlig. Insamling kan ske med olika typer av kameror samt via crowdsourcing.



Bild 5 Skärmbild från Flowity

⁷ <https://www.flowity.com/products/road>

5.2.2 Pluto Technologies

Pluto Technologies⁸ är ett danskt företag som kan inventera 65 kategorier av vägsador, vägmarkering och typer vägutrustning samt defekter på dessa via mobilkamera.



Bild 6 Skärmbild från Pluto Technologies

5.2.3 Pavesight

Pavesight är ett svenskt företag som uppskattar potthålsvolym (grönt punktmoln sett från sidan) med industrikamera.



Bild 7 Skärmbild från Pavesight

⁸ <https://www.pluto.page/>

5.2.4 RoadScan

RoadScan⁹ är ett svenskt företag som uppskattar potthålsvolym med industrikamera.

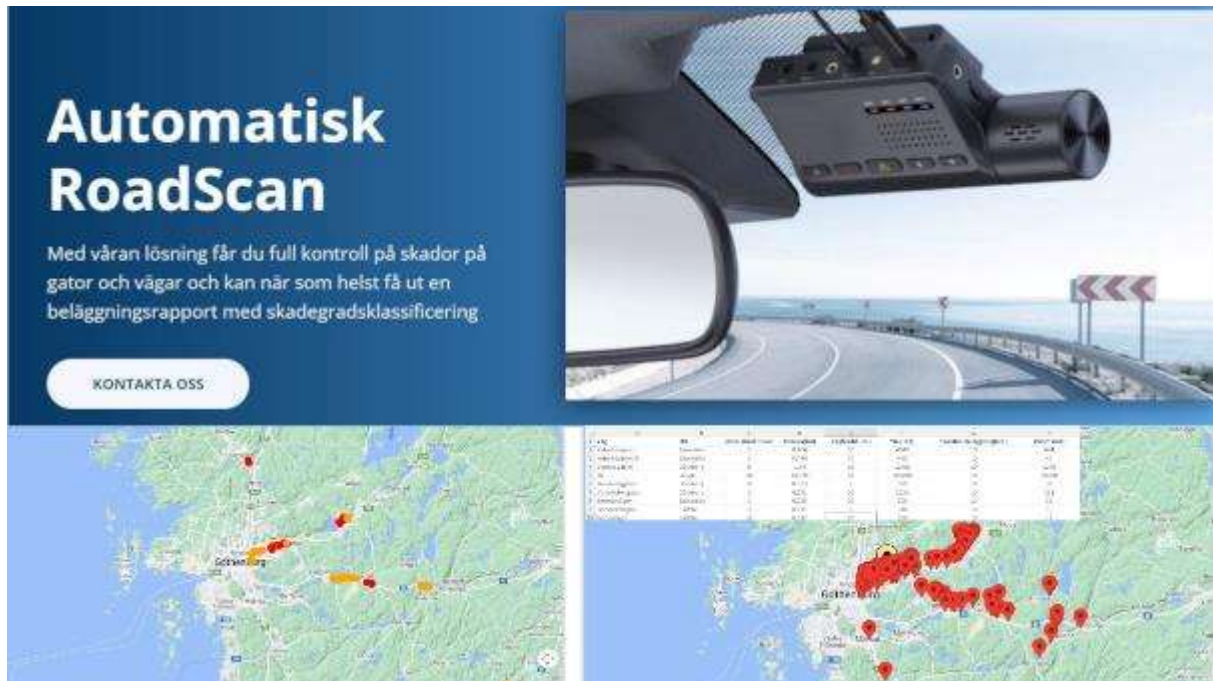


Bild 8 Skärmbild från RoadScan

5.2.5 Sammanställning av inventering tillgängliga tekniklösningar

Kamerans placering (den bör placeras högt) samt dess kvalitet avseende upplösning och ljuskänslighet är avgörande för hur precist area och, framför allt djup, skall kunna mätas på beläggningssskador. Detta är i sin tur avgörande för korrekt klassificering av beläggningssskador och kopplad riskklass för trafikanter. Kamerans placering är även avgörande för att kunna kvantifiera exempelvis potthålsvolym i syfte att optimera materialhantering samt val av reparationsåtgärd. Kamerans ljuskänslighet avgör även vilka ljusförhållanden som krävs för att kvalitativ inventering skall kunna utföras. Även fordonets hastighet påverkar bildkvalitet och således inventeringens kvalitet.

5.3 AP3 – Regelverk

En kartläggning av för- och nackdelar med dagen regelverk och ersättningsmodell för avhjälpande beläggningsunderhåll genomfördes (se Tabell 1). Ett förslag till kravställning riktat till Trafikverket har tagits fram av projektet tillsammans med entreprenörerna i den särskilda referensgrupp som etablerades inom AP3 och som arbetar med avhjälpande underhåll.

Samtliga medverkande i den särskilda referensgrupp AP3 förordar nedanstående två varianter av ersättningsmodell på kort respektive lång sikt. Modellen utgår ifrån att entreprenören skall få **Ersatt** utifrån väg**SKADE**data "SKADERS" och som objektivt kvantifierats av FCD från den automatiserade inventeringen och har tagit inspiration från vinterersättningsmodellen VÄDERS som tillämpas av Trafikverket!

⁹ <https://www.roadscan.ai/>

5.3.1 På kort sikt (1-5 år)

”SKADERS” med Reglerbara Mängder (R), utgående ifrån FCD-inventering. GPS-positionerade, klassificerade beläggningsskador med tillhörande uppskattade R-mängder följs upp och mängdregleras samt ersätts med å-pris enligt MF, se exempel Tabell 1. Mängdreglering sker med åtgärdsdata från lagningstillfället dvs faktiska uppmätta mängder.

Mängdförteckning MF för Basunderhåll Väg						TRAFIKVERKET	
Område Malung							
Anbudsgivares företagsnamn (fyllt fylls i av anbudsgivare)			Anbudsdatum (fyllt fylls i av anbudsgivare)		Res datum	Datum 2023-09-01	
Konto		R/OR	Enhet	Mängd	å-pris	Belopp	Rev
82.52	Beläggning åtgärder						
82.521	Sprickor och hål						
82.5212	Sprickor och hål						
82.52121	Lagning med SR 1500 (snabellagare) eller likvärdigt	R	m ³	37	Takpris 27500		
82.52122	Lagning med kallmassa	R	ton	24	Takpris 6000		
82.52123	Lagning med varmassa ABT 11	R	ton	13	Takpris 11500		
82.52125	Tillägg till konto 82.52121 för lagning på skyddsklassade vägar: lagning med SR 1500 (snabellagare) eller likvärdigt	R	m ³	9			
82.52128	Tillägg till konto 82.52122-82.52123 för akut lagning av sprickor och hål med massa	R	ton	5	Takpris 2500		

Tabell 1, MF Malung (R)(konto 82.521 Sprickor och hål sköts Reglerbart (R) dvs med Reglerbart pris.

5.3.2 På lång sikt (2-6 år)

”SKADERS” med Oreglerbara Mängder (OR), införs när FCD-inventeringstekniken anses fungera tillfredsställande. Det sker efter att automatiska mängder verifierats hålla tillräcklig kvalitet och innebär införande av: Fast pris per potthål och spricklängd likt vinterkonton med VÄDERS (eventuellt kompletterat med flera potthåls- och spricktyper). Detta utförs för att skapa incitament för entreprenören att laga tidigare, vilket innebär lägre kostnad för lagningsmassa innan hål och sprickor vuxit till sig samt att normalt en billigare lagningsmetod kan väljas för mindre vägskador enligt krav i regelverk. Försummade vägskador kräver alltså ofta mer omfattande och kostsamma åtgärder med exempelvis sågning av beläggningsskanter eller fräsning vilket alltså inte skulle ersättas särskilt vid normala omständigheter.

Ersättningsmodell	Beskrivning	+ (Plus)	- (Minus)	Konsekvenser	Konsekvenser vid införande av FCD-uppföljning
Reglerbart, (R)	Pris per ton/m ³ lägningsmassa (Snabel etc) alt m ² ytbehandling /försäkring (HP27 etc)	Mindre risk för Entreprenören	Inget incitament för förebyggande åtgärder eller snabbt åtgärdande	Incitament att skjuta åtgärder på framtiden och samla ihop för större kostnadseffektiv åtgärd där stora mängder förbrukas	Snabbare information om skadorna leder till snabbare åtgärdande men initialt dyrare driftkostnader och som sannolikt överskrider takpris för å-priser som behövs justeras. Tekniska fel påverkar dvs lut val sprickor och hål detekteras. Brist på UH-fordon på vären.
Reglerbart, (OR)	Fast pris per kontraktstidperiod	Mer förutsägbara kostnader för beställaren. Tydligt incitament för entreprenören att jobba kostnadseffektivt	Stor risk för Entreprenören - vid otydliga kalkylunderlag - försämrat beläggingsunderhåll - tuffa vintrar med omfattande beläggningsskador (pga många nollpassager, instängt vatten pga snövallar och regn etc)	Incitament att skjuta åtgärder på framtiden och samla ihop för större kostnadseffektiv åtgärd där små mängder förbrukas. Stort behov av kontroll och uppföljning från B samt tydliga ansvarsgränslinjer.	Se ovan samt sannolikt ökad konfliktnivå från den ökade kontrollen under omställningsperiod vid introduktion av tekniken.
SKADers, (R)	Pris per potthål, potthålstyp och spricklängd. Norge har liknande modell idag.	Flexibilitet för Entreprenören. Öberoende underlag. Går att tillämpa på nuvarande regelverk.	Initialt finns ingen statistik.	Dyrare driftkostnader för B vid oförändrade krav men minskade underhålls- samt fordonsskadekostnader.	Går att tillämpa med befintligt regelverk.
LöpandeFäkning, (LR) alt å-pris bil + material		Fokus på behov.	Hög administration för att verifiera kostnader för LR. Inget incitament för kostnadseffektiva åtgärder.	Sannolikt dyrare driftkostnader	Snabbare information om skadorna leder till snabbare åtgärdande men initialt dyrare driftkostnader. Brist på UH-fordon på vären.

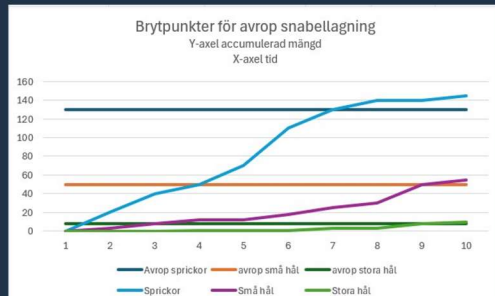
Tabell 2, Analys av dagens ersättningsmodeller samt konsekvens av införande av FCD-uppföljning dvs automatisk inventering av beläggningsskador.

5.3.3 Sammanställning av resultat

Utförare av avhjälpande beläggingsreparationer bedömer alltså att det optimala är att Trafikverket initialt upphandlar och beställer arbeten med reglerbara mängder (R) för att entreprenörer ska få en rimligt kalkylerbar risknivå vid introduceringen av ny automatisk FCD-insamlingsteknik. Efterhand kan sedan övergång ske mot fastprismodeller med prissatta skadetyper, dvs SKADE Ersättning "SKADERS" likt VädErs (som används vid vinterväghållning i svenska driftkontrakt). I en sådan modell skulle hål kunna prissättas per styck, sprickor per meter samt ytor per m² och nyttja mängder som fastställs vid automatisk inventering samt får prissättas av entreprenören i upphandling.

Det bör även gå att åstadkomma en ännu högre produktivitet och utan att riskera större vägsador om totalkostnadsanalys utförs avseende risker. Analysen behöver alltså ta hänsyn till hur länge det går att avvakta med lagning utan att riskera ytterligare följdskador väggroppen pga inläckage av vatten samt skador på trafikant, gods samt fordon vilket även beror på var skadan är belägen samt på vägtyp. Alltså mindre skador på bilvägar med långsamtgående trafik kan vänta betydligt längre med att bli lagade jämfört med större på smala cykelbanor sett till ökade risker avseende person-, fordon- och godsskador.

Produktiviteten i centrum?



Brytpunkterna väljs utifrån skaderisk för tredjeman, kostnadseffektivitet och vägens behov. Kostnadseffektivitet baserat på snabbellagningsmetod

Infra
Sweden

Bild 9, Kravställning som även tar hänsyn till produktiviteten enligt BILAGA 2.

Kompletterande kommentarer från möte med AP 3's särskilda referensgrupp 22/4-2.

Gruppen anser att R är en bättre metod då riskfördelningen blir lite mer rimlig än OR och rätt åtgärd hamnar i fokus. Det används generellt mer kallmassa vid OR än vad som är optimalt. Viktigt med samverkan för att fokus skall hamna på rätt åtgärd inkl kopplade förebyggande åtgärder så som dikning och inte ersättningsmodell samt förutsättningar från "taktisk" prissättning.

Det framkommer att det blir mycket kallmassalagningar med OR och ibland med behov av senare kompletterande snabelförsegling samt att akutåtgärder blir vanligare vilket även leder till arbetsmiljörisker. Ojämnheter har även reglerats via OR i vissa fall vilket anses svårkalkylerat i Basunderhåll väg driftkontrakten som är 6 år.

Några tror att timpris på snabelbil inklusive material kan vara en väg för att beställaren skall kunna välja lite mer flexibelt samt för att Entreprenören inte enbart skall välja rent ekonomiskt lönsamma konton. Det finns vissa projektledare som inte "tror på" HP27 ytbehandlings- och Snabelåtgärder. I Norge finns exempel på ersättning per st hål och längd spricklagning där dock problemet kan bli att det inte går att se om spricklagningen gjorts för långt (längre än sprickan) för att få mer betalt.

Gruppen anser att det är viktigt att tekniken automatiskt samt objektivt verkligen måste kunna fastställa spricklängd och potthålsstorlek då omfattande samt dyra manuella samt därmed subjektiva inventeringar annars måste till.

Det framkommer även att beställda mängder försegling ofta kopplas till MF-mängd snarare än verkligt behov i BAS-kontrakten som kan vara mångdubbelt större.

ALLMÄN KOMMENTAR: Det har i många fall gått att förhandla till ÄTA dvs extrapengar vid extraordinära tjälproblem på värkanten eller vid ett eftersatt beläggningsunderhåll i ett tidigare skede samt vid vägskador.

5.4 AP4 – Potential

5.4.1 Return on Investment (Kostnads-/nyttoanalys)

Avhjälpande beläggningsunderhåll i BAS-väg utgör i dagsläget ca 10–15% av totala Beläggningskostnaden för Trafikverket som i dagsläget ligger på 2-2,5 Miljarder kr och framöver kommande år 5-8 Miljarder kr. Med ett mer planerbart avhjälpande beläggningsunderhåll med automatisk inventering skulle sannolikt, enligt projektgruppens uppskattningar, produktionskostnader kunna minskas med 10–15% vilket innebär storleksordningen 20–54Mkr per år för Sveriges statliga vägar.

82.521	Sprickor och hål								
82.52111	Lagning med SR 1500 (snabellagare) eller likvärdigt	R	m ³	46	Takpris 23000	1 058 000 kr			
82.52112	Lagning med kallmassa	R	ton	32	Takpris 4000	128 000 kr			
82.52113	Lagning med varmassa ABT 11	R	ton	18	Takpris 5500	99 000 kr			
82.52115	Lagning med gjutasfalt	R	ton	3	Takpris 40000	120 000 kr			
82.52116	Tillägg till konto 82.52111 för lagning på skyddsklassade vägar: lagning med SR 1500 (snabellagare) eller likvärdigt	R	m ³	15	5000	75 000 kr			
					DEL SUMMA	1 480 000 kr			
82.553	Försegling								
82.5531	Försegling med C 67 B 2 160/220	R	m ²	81000	20	1 620 000 kr			
82.5539	Tillägg till konto 82.5531 för försegling på skyddsklassade vägar	R	m ²	25600	3	76 800 kr			
					DEL SUMMA	1 696 800 kr			
					TOT SUMMA	3 176 800 kr	X	Antal Do	
								100	317 680 000 kr

Tabell 3 Exempel på budget för avhjälpande underhåll i BAS-väg driftkontrakt ca 3,6 Mkr.

Baserat på information i tabellen ovan har en uppskattning av nyttas av införandet av datadrivet beläggningsunderhåll utförts ur ett företagsekonomiskt perspektiv. Analysen visar att lösningen blir intressant när den kan skapa besparingar på över ca 10%, se tabell 4 nedan. Nyttan blir troligen mycket större om samhällsekonomiska effekter avseende minskade trafikolyckor, fordons- och trafikantkostnader samt miljöeffekter, se kap 5.4.4, inkluderas.

Kostnader för beläggningsunderhåll inkl. kostnader för försegling	2 500 000
Kostnader för beläggningsunderhåll exkl. kostnader för försegling	1 250 000
Kostnader för anskaffning av systemstöd för datadrivet beläggningsunderhåll kr/år och område	20 000
Antalområden som metoden kan tillämpas på (vi räknar med att det inte går att använda metoden i områden med långa vintrar och långa mörka dagar pga av utmaningar med snötäckta vägar och dåligt ljusförhållanden)	75

	Besparing i produktionskostnader %														
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%
Besparing i produktionskostnader kr/år och område	12 500	25 000	37 500	50 000	62 500	75 000	87 500	100 000	112 500	125 000	137 500	150 000	162 500	175 000	187 500
Total besparing för 75 baskontrakt kr/år	625 000	1 250 000	1 875 000	2 500 000	3 125 000	3 750 000	4 375 000	5 000 000	5 625 000	6 250 000	6 875 000	7 500 000	8 125 000	8 750 000	9 375 000
Kostnader för anskaffning av systemstöd för datadrivet beläggningsunderhåll kr/år	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000
Kostnadsnyttoanalys (besparing - kostnader) kr/år	-875 000	-250 000	375 000	1 000 000	1 625 000	2 250 000	2 875 000	3 500 000	4 125 000	4 750 000	5 375 000	6 000 000	6 625 000	7 250 000	7 875 000
Nyttö per område kr/år	-11 667	-3 333	5 000	13 333	21 667	30 000	38 333	46 667	55 000	63 333	71 667	80 000	88 333	96 667	105 000

Tabell 4 Uppskattning av nytta för införandet av datadrivet beläggningsunderhåll.

5.4.2 Hållbarhet

Erfarenheter från genomförbarhetsstudien visar att det krävs djupare studier än som var möjligt att genomföra inom ramen för detta projekt för att kunna bedöma samhällsekonomiska besparingar avseende reparationsåtgärders påverkan av vägars livslängd samt för fordons-, gods- och personskador som skulle kunna begränsas vid ett sådant förbättrat underhåll.

5.4.3 Automatiseringsmöjligheter

Genom att automatiskt få information om beläggningsskador i form av sprickors längd, potthål klassificerade 1-5 och krackeleringars yta finns möjligheter att automatisera åtgärdsplaneringen. Genom att samla in materialförbrukning vid varje reparation kan maskininlärning användas för att få fram träffsäkra schabloner för respektive skadetyper vilket kan användas för att ruttoptimera åtgärder tillsammans med fordonskapaciteter. Tester av datainsamling är genomförda och med den nuvarande ganska generella klassificering av skador bedöms ha den kvalitet som behövs för automatisering. Om uppdelning görs mer strikt enligt Trafikverkets skadekatalog eller handboken "Bära- eller-brista" bör även prognos avseende försämringstakt kunna tas fram.

5.4.4 LCC och LCA-modeller

LCC och LCA-optimering avseende planering av när åtgärder skall utföras vid såväl drift som underhåll är vad som kommande projekt borde ha som långsiktigt fokus. Beslutsträden behöver "datadrivas" för att finna den mest optimala åtgärden (3R, Rätt Tid, Plats och Åtgärdstyp) dvs som behöver kopplas tydligt till nedbrytningsmodeller. Initialt kan PMSV4 data nyttjas men på sikt bör även Driftreparationsdatan samt data från Vägförstärkningåtgärder kunna integreras i modellerna.

Nedanstående resultat kommer från slutrapporten i projektet "Hållbar kommunal underhållsplanering med uppkopplade fordonsdata" från 2024 utförd av Salbo Konsult, se BILAGA 3. Där argumenteras för att:

"Ett underhåll som går från "värst vägar underhålls först" – vilket generellt kostar mer – till förebyggande underhåll kan spara miljontals kronor per år samtidigt som det också leder till ett lägre växthusgasutsläpp eftersom förebyggande underhåll generellt har lägre klimat effekter. En tydligt visualiserad och kommunikativ underhållsplan är essentiell för att planen ska kunna förankras hos olika intressenter och användas som konkret beslutsstöd. "

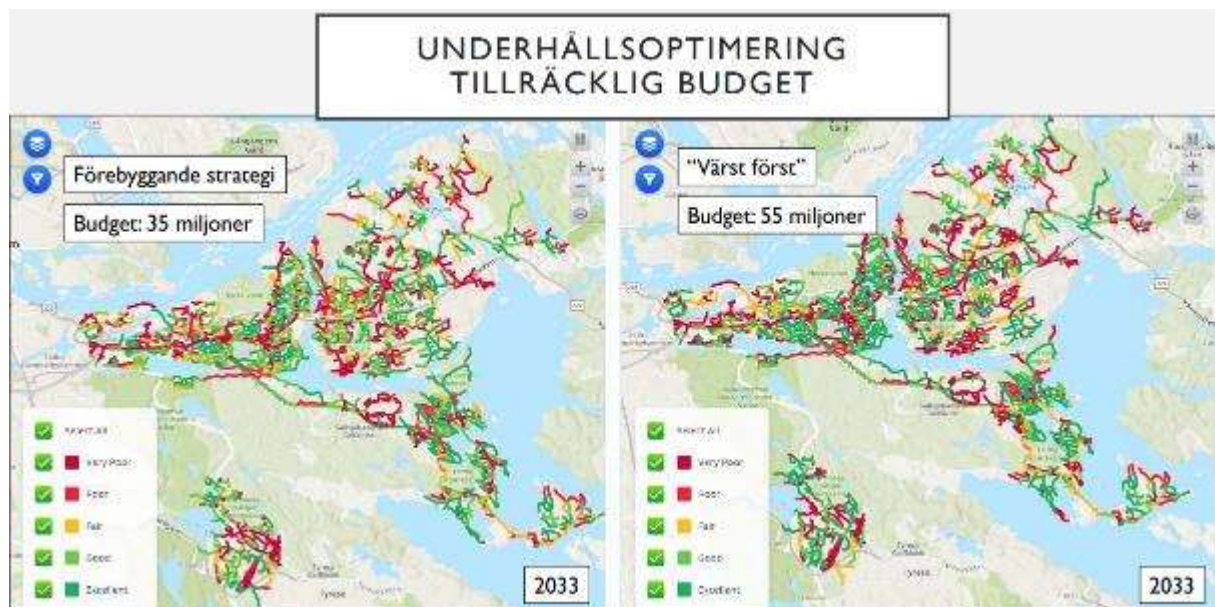


Bild 9 Visualisering av olika underhållsstrategiers konsekvenser på vägnätet i Nacka kommun.

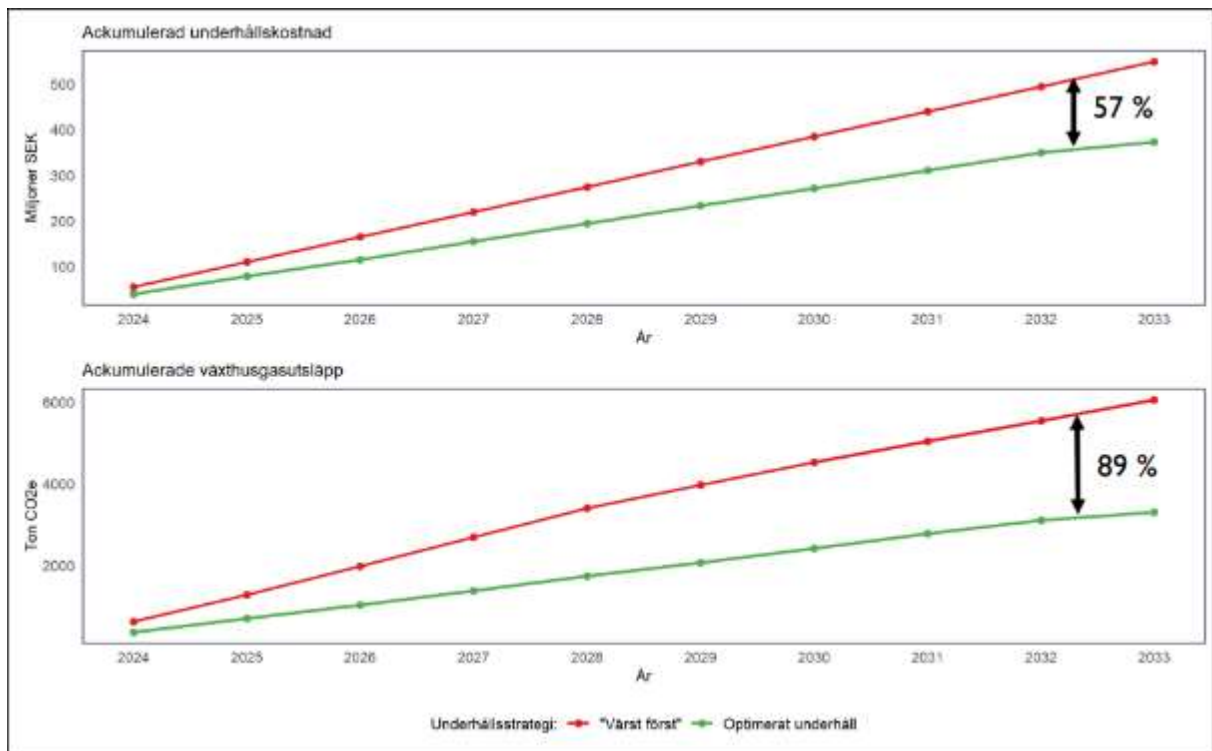


Bild 10 Resultat från studierna i Nacka kommun.

5.4.5 Intervjuer med experter på vägunderhåll

Följande baseras i huvudsak på svar från intervju med Virgilio Perez som är lärare på Asfaltsskolan. Han arbetar även med uppföljning av vägskador samt beläggningsstatusinventering åt Ramboll som har Trafikverket som uppdragsgivare.

HDM-4¹⁰ är ett systemverktyg som tagits fram och driftas av PIARC. Många modeller adresserar hela väggroppen och kräver omfattande indata.

Följande baseras i huvudsak på svar från intervju med Underhållsdataanalytikern, Kristin Eklöf på Salbo Konsult (salbo.ai).

Vilka LCA/LCC-modeller finns på marknaden för DoU av beläggningar?

Det finns många programvaror på marknaden för kommunala underhållsplaner bla Decision Optimization Technology (DOT) och som använts till www.varavagar.se men för övrigt mest används i Nordamerika. Agile Assets och dTims är andra exempel som används av Trafikverket.

Åtgärdsdata från Snabel går exempelvis att nyttja i DOT som behöver ett tillstånd på vägen (mätt i valfri enhet, men PCI, IRI, spårdjup eller "egen enhet" är möjligt. Det sistnämnda är det Kristin använt då hon skapat en egen modell för att kvantifiera tillstånd), "degradation curves" dvs nedbrytningstaktsmodeller för olika typer av vägar (här har hon implementerat nedbrytningskurvor från sin egen doktorsavhandling), samt vilken effekt en underhållsåtgärd har (typ hur stor förbättring av tillståndet sker när vi genomför en åtgärd). Sen implementerar man också ett beslutsträd för vilken åtgärd

¹⁰ <https://www.piarc.org/en/PIARC-knowledge-base-Roads-and-Road-Transportation/Road-Safety-Sustainability/Road-Assets-Management/HDM-4-Software> (piarc.org) (piarc.org)

som bör utföras när på vilka typer av vägar. De allra flesta asset management-verktyg för vägunderhåll använder sig av liknande indata.

Vilken upplösning har respektive modell?

Många arbetar på sträcknivå (där en sträcka oftast definieras mellan korsande vägar) men valfri upplösning är ofta möjlig.

För- och nackdelar för respektive modell.

Den absolut största nackdelen är att mycket av det som implementeras i dylika verktyg är baserat på tyckande. Kristin har implementerat datadrivna/empiriska nedbrytningskurvor, men vad den verkliga effekten av en viss åtgärd är blir oftast en subjektiv åsikt/gissning. Här tror Kristin att den typ av data som driften (BM system och Zeekit) samlar in skulle kunna göra stor nytta. Dessutom kvantifieras inte effekten av avhjälpande underhåll utan det är mest bara något man anser ska ske med jämna mellanrum. Det hade varit mkt intressant att kunna mäta den faktiska effekten av avhjälpande underhållsåtgärder för att i slutändan komma närmare att skapa en modell som på riktigt ger oss den heliga graalen "rätt åtgärd vid rätt tidpunkt".

Kristin tror att man ska våga vara lite kreativ/tänka utanför boxen. I USA läggs t.ex. orättmätigt mycket energi på att träna modeller som ska motsvara PCI, vilket ju är en ytterst subjektiv metod från första början.

Synpunkter på att skapa ett demonstrationsprojekt.

Spännande med ett projekt som fokuserar på driften. Just kopplingen drift-reinvestering tror Kristin spontant är underutvecklad men nu börjar förutsättningarna för att koppla ihop dem finnas. I Sverige har vi så pass mycket och bra data att vi t.ex. borde kunna göra bättre estimat av vilken effekt en "bra" respektive "dålig" drift (här kan man behöva ta fram en metod/definition) har på beläggnings livslängd och behovet av mer omfattande åtgärder.

Vigilio tillägger att hur bra klassificeringen kan göras med bildigenkänning för olika typer av vägar samt beläggningar är av största vikt. I en ABT syns exempelvis sprickor rätt tydligt men inte för en förseglad väg. Driftåtgärder behöver göras på rätt sätt för att vara hållbar men det är komplicerat att välja rätt åtgärd. En krackelerad beläggning är antingen gammal/slut eller att det är problem längre ned i väggroppen.

6 Slutsatser

Slutsatserna från genomförbarhetsstudien kan sammanfattas enligt nedan:

- Stor potential för att nå ett hållbart och produktiv avhjälpande beläggningsunderhåll.
- Tekniken är inte en flaskhals.
 - Datainsamlingen fungerar väl men den höga nivån av mänskliga interaktionen kan bli en utmaning och kan öka riken för databortfall
 - Flera spännande möjligheter att kombinera datakällor (datatyper)
 - Vi behöver arbeta mer med att anpassa och synka ekosystemet för bl.a. datautbyte.
 - Säkerställande av datakvalitet inklusive utredning om jämförbarhet mellan mätningsbil och manuell inspektion bör utforskas mera. Eventuellt behöver det även undersökas hur mycket skador som missas och hur mycket feltolkningar som görs av AI med bildigenkänning och vilka konsekvenser detta får.
- Det bedöms finnas möjlighet att inkludera avhjälpande beläggningsunderhåll i modellerna för effektsamband och LCC.
- Stor samsyn finns i branschen kring potential att införa nytt objektiva uppföljningssystem och regelverk/ersättningsmodell som stöttar förebyggande underhåll av beläggningar inom ramen för Basunderhåll väg.

7 Rekommendation

Trafikverket rekommenderas mot denna bakgrund att gå vidare med ett fullskaligt demonstrationsprojekt som löper under två år i syftet att:

- Koppla ihop, testa och utvärdera ekosystemet.
- Ta fram ett förslag på arbetssätt
- Utveckla och utvärdera modeller för beslutstöd för datadrivet beläggningsunderhåll
- Undersöka vidare anpassningar i regelverket (kraven och ersättningsmodellen) införa anpassningarna för att skapa förutsättning och incitament för implementering av det nya arbetssättet.

Det är även viktigt att säkerställa att samtliga samhällsekonomiska modelldata finns samlade hos Trafikverket i nästa generations Pavement Management Systems, PMS, (PMSv5) och där även framöver finns öppet tillgängliga för marknaden att kunna utveckla och förfina sina modeller fr nedbrytning, LCA och LCC.

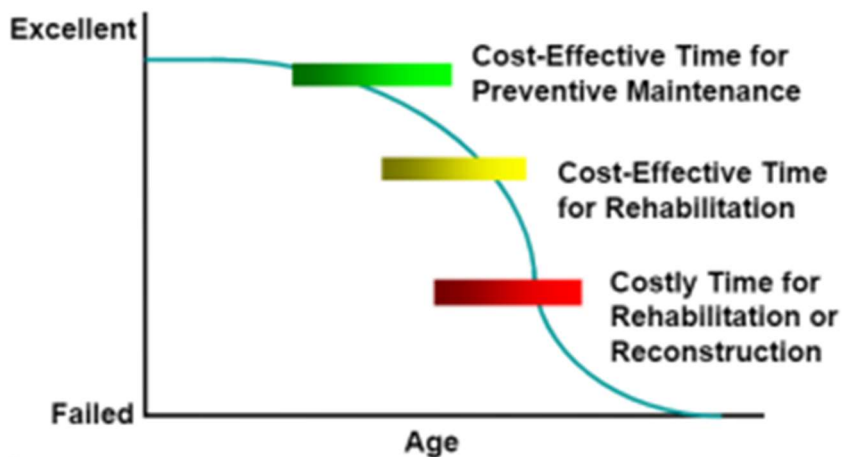


Figure 4.1. Pavement deterioration curve over time (Zimmerman 2009).

Bild 11 Totalkostnadsöversikt för olika typer av underhållsstrategier.

Vid implementering av den teknik som genomförbarhetsstudien föreslår förväntas följande resultat:

- Automatiserad åtgärdsplanering och optimerad logistik vid utförandet av drift- och underhåll av vägbeläggningar så att drift och underhåll blir effektivare ur kostnads-, trafiksäkerhets- och miljösynpunkt. För att detta skall bli genomförbart har projektet även tagit fram förslag på nya regelverk som stödjer förebyggande underhåll och som kan ge bättre underlag vid upphandling samt underlätta övertagandebesiktningar.

På längre sikt förväntas projektet leda till effektiviseringar på följande områden:

- **Ekonomi:** Kostnadsbesparingar i form av färre väg-, person- och fordonsskador, arbetsolyckor och anställda med riskfyllda arbetsuppgifter pga eftersläpande vägunderhåll som istället kan optimeras.
- **Miljö:** Högre produktivitet nås vid utförande av rätt belägningsåtgärder i rätt tid och vägdatainsamling över tid ger möjlighet att utveckla optimala underhållsåtgärder som förlänger vägars livslängd.
- **Framkomlighet:** Färre vägskador och att dessa upptäcks samt åtgärdas i tid innan de blivit omfattande minskar risken för stopp och störningar i trafiken.
- **Trafiksäkerhet:** Trafikolyckor med personskador kan undvikas i hög grad.
- **Arbetsmiljö:** Arbetsmiljön blir säkrare vid bättre planeringsmöjligheter, vilket ökar attraktionskraften och det blir lättare att rekrytera och behålla personal.
- **Kvalitet:** Genom automatisk tillståndsrapportering av vägdata skapas tillförlitlig uppföljning av standardkravsuppfyllnad. Automatisk uppdatering av vägnätstatus skapar underlag för ruttplanering och även möjligheter för digitala varningar av områden vägskador.

Ytterligare information samt resultaten finns i följande bilagor.

BILAGA 1, Nuvarande regelverk samt affärsmodeller 2024-09-23

BILAGA 2, Referensgruppsmöte, Branschsamverkan för ett utvecklat vägunderhåll -
Workshop 2 Tema Datadrivet beläggningsarbete. 2024-11-20

BILAGA 3, Hållbar kommunal underhållsplanering med uppkopplade
fordonsdata_slutrapport


BILAGA 1, Nuvarande regelverk samt affärsmodeller

UTDRAG, Trafikverkets standardkrav i SBV Malung upprättad 2023-09-01.

80	ALLMÄNT
-----------	----------------

	Inspektion														
	<p>Entreprenören ska inspektera och kontrollera i den omfattning som krävs för att säkerställa att den standard som beskrivs under respektive konto upprätthålls.</p> <p>Inspektion ska utföras minst enligt de tidsintervall som anges i tabell 80a och hela områdets väglängd ska köras. Vid kritiska situationer ska entreprenören utföra tätare inspektioner. Exempel på sådana situationer är tjällossning, risk för hala eller blödande beläggningar, kraftig vind, kraftigt regn och översvämning.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Väghklass</th> <th style="text-align: center;">Tidsintervall</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">3 gånger per vecka med jämn fördelning</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">2 gånger per vecka med jämn fördelning</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">var 7:e dag</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">var 14:e dag</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">var 14:e dag</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GC-väg</td> <td style="text-align: center;">var 7:e dag</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Tabell 80a Inspektion</i></p>	Väghklass	Tidsintervall	1	3 gånger per vecka med jämn fördelning	2	2 gånger per vecka med jämn fördelning	3	var 7:e dag	4	var 14:e dag	5	var 14:e dag	GC-väg	var 7:e dag
Väghklass	Tidsintervall														
1	3 gånger per vecka med jämn fördelning														
2	2 gånger per vecka med jämn fördelning														
3	var 7:e dag														
4	var 14:e dag														
5	var 14:e dag														
GC-väg	var 7:e dag														
	Brister														
	<p>Entreprenören ska vid brist mot standardkrav eller annan upptäckt brist vidta åtgärder enligt tider i tabell 80b om inte annat anges.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Typ av brist</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Krav</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: top;"> Akut brist Till exempel trafiksäkerhetsrisk, skaderisk för tredje part eller risk som medför att skador utan åtgärd ökar drastiskt i omfattning. </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Väghklass 1</td> <td style="text-align: left; vertical-align: top;">Åtgärd ska vara påbörjad inom 1 timme och pågå tills bristen inte längre är akut.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Väghklass 2–5 samt GC-väg</td> <td style="text-align: left; vertical-align: top;">Åtgärd ska vara påbörjad inom 2 timmar och pågå tills bristen inte längre är akut.</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: top;"> Övriga brister i entreprenaden </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Väghklass 1–3 samt GC-väg</td> <td style="text-align: left; vertical-align: top;">Arbeten ska vara påbörjade senast nästföljande vardag och ska vara färdigställda inom 10 dagar.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Väghklass 4–5</td> <td style="text-align: left; vertical-align: top;">Arbeten ska vara påbörjade inom 2 vardagar och ska vara färdigställda inom 15 dagar.</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Tabell 80b Brister</i></p> <p>Med åtgärd avses insats på den aktuella platsen. När akut brist åtgärdats exempelvis genom skyltning gäller krav enligt "Övriga brister i entreprenaden". Om akut brist är så trafikfarlig att varningsskyltning är otillräcklig ska beställaren kontaktas.</p>	Typ av brist	Krav		Akut brist Till exempel trafiksäkerhetsrisk, skaderisk för tredje part eller risk som medför att skador utan åtgärd ökar drastiskt i omfattning.	Väghklass 1	Åtgärd ska vara påbörjad inom 1 timme och pågå tills bristen inte längre är akut.	Väghklass 2–5 samt GC-väg	Åtgärd ska vara påbörjad inom 2 timmar och pågå tills bristen inte längre är akut.	Övriga brister i entreprenaden	Väghklass 1–3 samt GC-väg	Arbeten ska vara påbörjade senast nästföljande vardag och ska vara färdigställda inom 10 dagar.	Väghklass 4–5	Arbeten ska vara påbörjade inom 2 vardagar och ska vara färdigställda inom 15 dagar.	
Typ av brist	Krav														
Akut brist Till exempel trafiksäkerhetsrisk, skaderisk för tredje part eller risk som medför att skador utan åtgärd ökar drastiskt i omfattning.	Väghklass 1	Åtgärd ska vara påbörjad inom 1 timme och pågå tills bristen inte längre är akut.													
	Väghklass 2–5 samt GC-väg	Åtgärd ska vara påbörjad inom 2 timmar och pågå tills bristen inte längre är akut.													
Övriga brister i entreprenaden	Väghklass 1–3 samt GC-väg	Arbeten ska vara påbörjade senast nästföljande vardag och ska vara färdigställda inom 10 dagar.													
	Väghklass 4–5	Arbeten ska vara påbörjade inom 2 vardagar och ska vara färdigställda inom 15 dagar.													

82.521	Sprickor och hål																								
Standardkrav	<p>Vägen ska vara fri från hål med större vidd och djup enligt tabell 82.521a.</p> <table border="1" data-bbox="432 315 991 427"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hålvidd (cm)</th> <th>Håldjup (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vägklass 1–3</td> <td>10</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Vägklass 4–5</td> <td>15</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>GC-vägar</td> <td>5</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabell 82.521a Hål</p> <p>Vägen ska vara fri från sprickor med större vidd, djup och längd enligt tabell 82.521b.</p> <table border="1" data-bbox="432 591 1150 703"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sprickvidd (cm)</th> <th>Sprickdjup (cm)</th> <th>Spricklängd (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vägklass 1–5</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>GC-vägar</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabell 82.521b Sprickor</p>		Hålvidd (cm)	Håldjup (cm)	Vägklass 1–3	10	2	Vägklass 4–5	15	2	GC-vägar	5	2		Sprickvidd (cm)	Sprickdjup (cm)	Spricklängd (cm)	Vägklass 1–5	2	1	20	GC-vägar	1	1	20
	Hålvidd (cm)	Håldjup (cm)																							
Vägklass 1–3	10	2																							
Vägklass 4–5	15	2																							
GC-vägar	5	2																							
	Sprickvidd (cm)	Sprickdjup (cm)	Spricklängd (cm)																						
Vägklass 1–5	2	1	20																						
GC-vägar	1	1	20																						
82.5212	Sprickor och hål																								
Arbete	<p>När entreprenören genom inspektion eller på annat sätt får kännedom om sprickor och hål överstigande standardkraven och som inte räknas som akuta ska dessa rapporteras till beställaren senast nästföljande vardag.</p> <p>Sprickor och hål som inte är akuta ska vara lagade senast 10 dagar efter beställning. Även sprickor och hål understigande standardkraven ska vara åtgärdade senast 10 dagar efter beställning.</p> <p>Akut lagning av sprickor och hål: När sprickor och hål som kan medföra trafiksäkerhetsrisk eller skaderisk för tredje part uppstått ska arbeten utföras inom tidskraven för akut brist enligt konto 80 Allmänt, Brister. Hål ska dessutom lagas senast nästföljande dag.</p> <p>Hål med en hålvidd överstigande 10 cm och med ett håldjup överstigande 2 cm i körfält på vägklass 1–3 räknas alltid som akut brist och ska dessutom lagas senast nästföljande dag.</p> <p>Hål i beläggningen på broar i vägklass 1–3 och hål på körfält i vägklass 1-2 ska lagas med varmassa.</p>																								

82.55	Försegling
Arbete	<p>Fläckvis försegling ska utföras så att öppna och krackelerade ytor tätas.</p> <p>Arbetsrecept ska omfatta följande uppgifter och godkännas av beställaren innan arbetet utförs:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pågrusmängd - Siktningskurva för pågrus - Bindemedelsmängd - Bindemedelstyp <p>Sprickor och hål ska lagas före åtgärd.</p> <p>Vägar med hastighet ≥ 80 km/tim ska hastighetsbegränsas till 50 km/tim tills vägbanan är fri från löst material.</p>  <p><i>Exempel på fläckvis åtgärd</i></p>

82.52	Beläggningsåtgärder
82.5212	Sprickor och hål
82.52121	Lagning med SR 1500 (snabellagare) eller likvärdigt Arbetet mäts i och ersätts efter volym. Mängd i MF avser m ³ utlagt bindemedel. Mängderna ska verifieras med protokoll (utskrift) från flödesmätare där det framgår vilken mängd som förbrukats på respektive väg.
82.52122- 82.52123	Lagning med massa Arbetet mäts i och ersätts efter vikt. Mängd i MF avser ton utlagd massa. Mängderna ska verifieras med protokoll där det framgår vilken mängd som förbrukats per dag och väg.
82.52125	Tillägg till konto 82.52121 för lagning på skyddsklassade vägar: lagning med SR 1500 (snabellagare) eller likvärdigt Arbetet mäts i och ersätts efter volym. Mängd avser m ³ utlagt bindemedel på skyddsklassade vägar.
82.52128	Tillägg till konto 82.52122-82.52123 för akut lagning av sprickor och hål med massa Arbetet mäts i och ersätts efter vikt. Mängd i MF avser ton utlagd massa.
82.522	Kontroll och mätning av gupp Arbetet mäts i och ersätts efter antal. Mängd i MF avser styck kontrollerade gupp.
82.523	Övriga beläggningsåtgärder
82.5231- 82.5233	Övriga beläggningsåtgärder Arbetet mäts i och ersätts efter vikt. Mängd i MF avser ton utlagd massa.

<p>82.55</p>	<p>Försegling</p> <p>Utspridd bindemedelsmängd ska verifieras med utskrift från spridarbilens genomströmningsmätare styrkt med verifikationer avseende uppmätt yta samt förbrukad bindemedelsmängd per väg.</p> <p>Kalkylvärdet för bindemedelsmängden ska vara 1,2 kg/m². Reglering av bindemedelsmängd ska genomföras enligt bilaga till ME "Mall mängdreglering bindemedel" för skillnaden mellan kalkylvärde och verkligt utförd mängd. För bitumenemulsioner regleras endast ingående andel bitumen. "Regleringspris inklusive tillägg" vid reglering av ingående mängd bitumen vid emulsioner ska baseras på "Regleringspris (P) per ton bitumen" (enligt Trafikverkets tabell för kostnadsreglering) för utförandemånad med ett tillägg på 2000 kronor/ton bitumen. Tillägget avser kostnader för hantering och tillverkning inkl. tillsatsmedel och transportkostnader.</p> <p>Lagning av sprickor och hål innan försegling ersätts enligt konto 82.5212.</p>
<p>82.551</p>	<p>Försegling med C 67 B 2</p> <p>Arbete mäts i och ersätts efter area. Mängd i MF avser m² förseglad yta.</p>
<p>82.559</p>	<p>Tillägg till konto 82.551 för försegling på skyddsklassade vägar</p> <p>Arbete mäts i och ersätts efter area. Mängd i MF avser m² förseglad yta på skyddsklassade vägar.</p>

82.52	Beläggningsåtgärder
82.521	Sprickor och hål
82.522	Kontroll och mätning av gupp Arbetet mäts i och ersätts efter antal. Mängd i MF avser styck inventerade gupp.
82.523	Övriga beläggningsåtgärder
82.5231- 82.5233	Övriga beläggningsåtgärder Arbetet mäts i och ersätts efter vikt. Mängd i MF avser ton utlagd massa.
82.5239	Tillägg till konto 82.5231-82.5233 för övriga beläggningsåtgärder på MLV, 4F, ML, MML och MV Arbetet mäts i och ersätts efter vikt. Mängd i MF avser ton utlagd massa.
82.55	Försegling Kalkylvärdet för bindemedelsmängden ska vara 1,4 kg/m ² . Reglering av bindemedelsmängd ska baseras på skillnad mellan kalkylvärde och verkligt utförd mängd. Reglerpris (kr/ton) för aktuell utförandemånad ska baseras på självkostnadspris för bindemedel inklusive hanterings- och transportkostnad. Lagning av sprickor och hål innan försegling ersätts inte särskilt utan ingår i konto 82.521.
82.551	Försegling med C 67 B 2 160/220 Arbete mäts i och ersätts efter area. Mängd i MF avser m ² förseglad yta.
82.559	Tillägg för försegling på skyddsklassade vägar Arbete mäts i och ersätts efter area. Mängd i MF avser m ² förseglad yta på skyddsklassade vägar.

Malung (R)(konto 82.521 Sprickor och hål sköts Reglerbart (R) dvs med Reglerbart pris.

Mängdförteckning MF för Basunderhåll Väg						TRAFIKVERKET	
Område Malung							
Anbudsgivarens företagsnamn (fyllt fylls i av anbudsgivare)			Anbudsdatum (fyllt fylls i av anbudsgivare)		Rev datum	Datum 2023-08-01	
Konto		R/OR	Enhet	Mängd	å-pris	Belopp	Rev
82.5	Belagd väg						
82.51	Friktion	OR	km	744			
82.52	Beläggningståtgärder						
82.521	Sprickor och hål						
82.5212	Sprickor och hål						
82.52121	Lagning med SR 1500 (snabellagare) eller likvärdigt	R	m ³	37	Takpris 27500		
82.52122	Lagning med kallmassa	R	ton	24	Takpris 6000		
82.52123	Lagning med varmassa ABT 11	R	ton	13	Takpris 11500		
82.52125	Tillägg till konto 82.52121 för lagning på skyddsklassade vägar: lagning med SR 1500 (snabellagare) eller likvärdigt	R	m ³	9			
82.52128	Tillägg till konto 82.52122-82.52123 för akut lagning av sprickor och hål med massa	R	ton	5	Takpris 2500		
82.522	Kontroll och mätning av gupp	R	st	1			
82.523	Övriga beläggningståtgärder						
82.5231	Övriga beläggningståtgärder med ABT 11	R	ton	280			
82.5233	Övriga beläggningståtgärder med MJOG	R	ton	220			
82.55	Försegling						
82.551	Försegling med C 67 B 2	R	m ²	70000			
82.559	Tillägg till konto 82.551 för försegling på skyddsklassade vägar	R	m ²	12000			
82.56	Stödremsa						
82.561	Stödremsa	OR	km	744			
82.562	Stödremsa: komplettering	R	ton	1100			
82.5629	Tillägg till konto 82.562 för komplettering på skyddsklassade vägar	R	ton	190			

Rättvik (OR) (konto 82.521 Sprickor och hål sköts Oreglerbart (OR) dvs med fast pris.

Mängdförteckning MF för Basunderhåll Väg					TRAFIKVERKET		
Anbudsgivare (se anbudsgivare)		Anbudsteman/Öst till (se anbudsgivare)		Prisdatum 2021 08 08	2021 09 01 Rev 2021 12 08		
Konto		R/OR	Enhet	Mängd	å pris	Belopp	Rev
82.5	Belagd väg						
82.51	Fräktion	OR	km	905,5			
82.52	Beläggningsåtgärder						
82.521	Sprickor och hål						
82.5212	Sprickor och hål	OR	km	905,5			
82.522	Kontroll och mätning av gupp	R	st	7			
82.523	Övriga beläggningsåtgärder						
82.5231	Övriga beläggningsåtgärder med ABT 11	R	ton	600			
82.5232	Övriga beläggningsåtgärder med ABT 16	R	ton	100			
82.5233	Övriga beläggningsåtgärder med AG 16	R	ton	160			
82.5239	Tillägg till konto 82.5231-82.5233 för övriga beläggningsåtgärder på MLV, 4F, ML, MML och MV	R	ton	50			
82.54	Brunnsbetäckningar och brunnslock	OR	km	905,5			
82.55	Försegling						
82.551	Försegling med C 67 B 2 160/220	R	m ²	77675			
82.559	Tillägg till konto 82.551 för försegling på skyddsklassade vägar	R	m ²	10000			
82.56	Stödremsa						
82.563	Stödremsa	OR	km	905,5			

Brist- och Åtgärdsrapportering

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org) Eklund, Björn, UHvest	Dokumentdatum 2023-09-01	DokumentID 1.13
--	-----------------------------	--------------------

Beskrivning av krav/brist enligt kravrubrik SBV		Brist initieras av...	Brist släcks genom...			Anmärkning
			MIP-åtgärd	SKI-åtgärd	GPD Analys	
82.521	Sprickor och hål	via SKI	Sprickor och hål	82.521		Lagning med SR-1500 eller motsvarande ska rapporteras in via MIP
82.54	Brunnsbetäckningar och brunnslock	via SKI		82.54		
82.561	Stödremsa	via SKI	Stödremsa	82.561		
82.61	Jämnhet och bundenhet	via SKI	Grushyvlning Dammbindning	82.61		
82	:99 Övrigt konto 82					