

Fordonsdata på utsatta ytor

- En jämförelsestudie mellan fordonsdata,
vägytemätningar och skadebilder



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för Teknik & Samhälle

Examensarbete:
Äsia Ahmad
Anton Bengtsson

© Copyright Äsia Ahmad, Anton Bengtsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2021

Sammanfattning

En social och ekologisk hållbar trafikplanering innebär inte enbart att utveckla hållbara färdmedel, utan även att optimera alla typer av färdmedel för att minimera dess miljöpåverkan. I dagens samhälle utvecklas ständigt nya åtgärder som främjar den hållbara trafikplaneringen. En nyutvecklad teknik, så kallad fordonsdata återfinns i ett urval nyare bilmärken, där RSI (Road Surface Information) är en av flera komponenter. Tekniken med RSI dokumenterar och läser av vägen i realtid medan personbilen färdas fram på vägbanan, där data samlas med hjälp av bilars accelerationer vertikalt, vilket kan kopplas till stötdämparens rörelser.

Underhållsutredning med fordonsdata är ett hjälpmedel som kan informera om de akuta underhållningsproblem som uppkommer på vägar, medan de klassiska okulära inventeringarna är vedertagna för långsiktig planering. Syftet av detta examensarbete är bland annat att studera fordonsdata, specifikt ojämnhetsdata under barmarksförhållanden för att hitta korrelation mellan fordonsdata, skadebilder samt vägytemätningar. Ytterligare undersöks vilka signifikanta nivåer som krävs för att se hur current roughness ändras över tid och vilka effekter olika utsatta ytor har på vägens nedbrytningsprocess. Metoden har utgått utifrån fyra delar, därav litteraturstudie, kvalitativa studier, fältstudie och dataanalyser.

Fordonsdata fångar upp skador som bidrar till en ojämn körupplevelse, vilket framkommer i studien då ojämnheter och spårdjup ger störst utslag på fordonsdata. För att styrka resonemanget gjordes regressionsanalyser som visade på statistiskt signifikanta samband mellan fordonsdata och vägytemätningar (Spårdjup och IRI). Datamängden var för liten för att med säkerhet avgöra om fordonsdata är en optimal teknik för att identifiera skador som har en relation till ojämnheter, vilket innebär att vidare studier är essentiellt.

Vid undersökning av förändring av vägtillståndet över tid hittades ytterst minimala ändringar av vägens tillstånd över tid kunde hittas på några objekt. Som effekt av den studerade datamängden kan resultatet inte erhållas för att med säkerhet avgöra vägtillståndets förändring.

Inventeringen medförde resonemang till hur olika utsatta ytor påverkas vägens nedbrytningsprocess. Avsmalning av gator leder till spårbundenhet och vägar som är högt belastade av bussar utsätts för tunga laster. Busshållplatser och farthinder utsätter vägen för inbromsningar, accelerationer, dynamiska och statiska belastningar. Av samtliga studerade farthinder är det malmöguppet som har minst inverkan på nedbrytningsprocessen.

Nyckelord: Fordonsdata, Vägytemätningar, Vägskador, Okulär inventering & Utsatta ytor

Abstract

Sustainable traffic planning means to not only developing sustainable means of conveyance, but also to optimize all types of means of transport to minimize their environmental impact. New and innovative ideas are constantly being developed where the measures are to promote sustainable traffic planning. Two newly developed technologies vehicle data and RSI (Road Surface Information) are used in a selection of newer car brands. The techniques work in such a way that they document and read the road in real time while the car travels on the roadway. A new data source has been developed to collect real-time data from cars' shock absorber movements. This type of data is mainly used for maintenance issues on the road system.

The main purpose of this study is, among other things, to study vehicle data that is collected by bumps found on roads under bare ground conditions to find a possible correlation between road damage and vehicle data, but also the correlation between road surface measurements and vehicle data. The significant levels required to see how current roughness changes over time and what effects different sensitive areas have on the road's deterioration process are further investigated. The method has been based on four parts; a literature; study; qualitative studies; field studies; and data analyze.

The damages that vehicle data documents are those who contribute to an uneven driving experience. It turned out that unevenness and ruts are the damages that give the strongest indications on vehicle data. The reaction increases with a higher extent of damage. To strengthen the analysis, regression analyzes were performed which also showed statistically significant correlations between vehicle data and road surface measurements (ruts & IRI). Thus, vehicle data is a technology for identifying damages that have any relation to unevenness, including data from road surface measurements.

Minimal changes in the condition of the road over time could be found on some objects. However, this result cannot be obtained to determine with certainty the change in traffic condition. Therefore, more than one month's data is required to determine what significant levels are required to see how vehicle data changes over time. When streets are narrowed, the road becomes track-bound, which contributes to the road deteriorating faster. On roads that are heavily loaded with buses, they are exposed to heavy loads that deteriorate the road considerably. Especially at both bus stops and speed bumps where the road is exposed to decelerations, accelerations, dynamic and static loads. Of all the speed bumps studied, the Malmo-bump has the least impact on the deterioration process.

Keywords: Vehicle data, Road surface measurements, Road damages, Ocular inventory, Sensitive areas.

Förord

Detta examensarbete har genomförts som den sista delen av Högskoleingenjörsutbildningen Byggteknik – Väg- och trafikteknik på institutionen Teknik och samhälle vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet omfattar 22,5 högskolepoäng och har utförts under vårterminen 2021 i samarbete med Ramboll RST och Malmö stad.

Vi vill rikta ett stort tack till vår externa handledare Christian Stjernquist från Ramboll RST för all hjälp kring insamling och bearbetning av fordonsdata. Utan hans och deras GIS-utvecklarens hjälp hade vi aldrig lyckats, så ett stort tack till alla tillgångar och resurser ni gett oss under arbetets gång.

Vi vill även tacka vår interna handledare Pajtim Sulejmani från LTH för all konstruktiv kritik, hjälp, stöttning och handledning han har gett oss under arbetets gång. Han har varit hård och pushat oss till våra gränser, men samtidigt otroligt hjälpsam. Vi är mycket tacksamma för hans engagemang.

Vi vill även ägna ett stort tack till Peter Mauritzson som tagit sin tid och ställt upp på intervju. Den erfarenhet han besitter inom inventering av kommunala gator var till stor hjälp för oss.

Slutligen vill vi även passa på att tacka våra nära och kära för deras stöd som de gett oss under arbetets gång.

Äsia Ahmad & Anton Bengtsson

Malmö, juni 2021

Begreppslista

Current roughness	Mått för vägytans grovhet och ojämnheter.
Fordonsdata	Samlingsnamn för data som samlas m.h.a. fordon.
IRI	Mått på vägojämnheter i längsled.
Läggningsdrag	Beläggningen till varje körfält läggs ut i ett drag (beroende på hur bred vägen är).
Okulär inventering	Subjektiv besiktning och bedömning av vägarnas tillstånd, som utförs genom synen.
Platågupp	Ett farthinder utformat som en plåtå, med förhöjd yta i plan med trottoaren.
RSI	Teknik som samlar väginformation i realtid
Skadlighetsmått	Ett mått på hur mycket ett fordon "skadar" vägkonstruktionen till skillnad från ett annat fordon (Enhetslös).
Storstadspaket	Projekt i Malmö för att utveckla kollektivtrafiken. Tillgänglighet och kapacitet i transportsystem.
Utsatta ytor	Ytor i trafikmiljö som belastas extra mycket av trafiken.
ÅDT	Årsdygnstrafik.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställningar	2
1.3 Metodbeskrivning	3
1.4 Avgränsningar	3
1.5 Rapportens disposition	4
2 Metod	5
2.1 Litteraturstudie	5
2.2 Fältstudie	5
2.2.1 Utvalda objekt.....	6
2.2.2 Inventering.....	8
2.3 Dataanalys	9
2.3.1 Sammanställning av data	9
2.3.2 Nira data och signifikanta nivåer	9
2.3.3 Korrelation mellan fordonsdata och inventering	10
2.3.4 Regressionsanalys	10
2.3.5 Jämförelse mellan current roughness och spårdjup.....	12
3 Litteraturstudie	13
3.1 Vägkroppen	13
3.1.1 Överbyggnadens uppbyggnad och funktion	14
3.1.2 Undergrundens funktion	16
3.2 Beläggningstyper och deras användningsområden	16
3.2.1 Massabeläggningar	17
3.3 Vägars nedbrytning	17
3.3.1 Ytskador	17
3.3.2 Ojämnheter i vägens längs- och tvärled	20
3.3.3 Sprickor	21
3.3.4 Avvattning och dränering	22
3.4 Farthinder	22
3.4.1 Actibump	22
3.4.2 Malmögupp.....	23
3.4.3 H-gupp.....	24
3.5 Skadeinventering	25
3.5.1 Okulär besiktning.....	25
3.5.2 Metoder för redovisning av okulär besiktning	25
3.6 Objektiva mätningar för vägars tillstånd	26
3.6.1 Georadarmätningar	26
3.6.2 Vägytemätningar med LASER-RST	26
3.6.3 LIRA-projektet	27
3.6.4 Road Surface Information (RSI)	28

3.7 Trafik i stadsbebyggelse.....	28
3.7.1 Storstadspaketet i Malmö (SSP).....	28
3.7.2 Tunga transporter på kommunala vägar.....	29
3.7.3 Utsatta ytor.....	31
4 Intervju	33
4.1.1 Okulär inventering.....	33
4.1.2 Vägskador i storstadsmiljö.....	34
4.1.3 Utsatta ytor.....	34
5 Resultat.....	36
5.1 Hur förändras current roughness över tid	36
5.2 Korrelation mellan fordonsdata och skadebilder.....	37
5.2.1 Samband mellan inventering och fordonsdata.....	37
5.3 Korrelation mellan fordonsdata och vägytemätningar	40
5.3.1 Regressionsanalys.....	40
5.4 Jämförelse av olika utsatta ytor i relation till fordonsdata..	43
5.4.1 Spårdjupsvariation för olika vägavsnitt med avstånd från objekt	43
5.4.2 Jämförelse av olika farthinder i relation till current roughness	46
5.4.3 Jämförelse av utsatta ytor i relation till current roughness..	47
6 Diskussion och slutsats	49
6.1 Resultatdiskussion.....	49
6.1.1 Vanliga skador i storstaden.....	49
6.1.2 Utsatta ytor med högst current roughness.....	49
6.1.3 Farthinder med högst current roughness.....	50
6.1.4 Samband mellan skador och current roughness	52
6.1.5 Samband mellan spårdjup och current roughness	53
6.1.6 Vägtillståndets förändring över tid.....	53
6.2 Metoddiskussion	54
6.2.1 Utvalda objekt	54
6.2.2 Signifikanta nivåer.....	56
6.2.3 Kvalitativa studier.....	57
6.2.4 Dataanalys	57
7 Slutsatser och rekommendationer till vidare studier	59
7.1 Rekommendationer till vidare studier	60
8 Referenser	62
9 Bilagor.....	64
Bilaga 1 – Inventeringsformulär.....	64
Bilaga 2 – Sammanställning av data.....	81
Bilaga 3 – Sammanställt resultat för varje objekt.....	82
Bilaga 4 – Samband och Kombinationer.....	85

Bilaga 5 – Intervjufrågor	88
Bilaga 6 – Skadebilder och current roughness.....	89
Bilaga 7 – Farthinder i relation till current roughness.....	91

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Hållbar trafik handlar om att effektivisera transporter, främja trafiksäkerhet, minimera hälsorisker och samtidigt ha en minimal påverkan på miljön samt klimatet (Trafikverket, 2015). Det har legat mycket fokus vid hållbar trafikplanering under de senaste åren på allt från kollektivtrafik och gång till cykel såväl som biltrafik och allt i syfte att främja ett hållbart samhälle. En hållbar trafik handlar inte enbart om att utveckla hållbara färdmedel, utan även att optimera alla typer av färdmedel så att miljöpåverkan av dessa minimeras samtidigt som trafiksäkerheten ökar (Trafikverket, 2015). Då talas det om nollvisionen, som är ett av Sveriges långsiktiga mål och går ut på att ingen ska dödas eller skadas allvarligt i trafiken (Trafikverket, 2021). Det diskuteras mycket vare sig nollvisionen är ett realistiskt mål eller inte, men utveckling sker ständigt i syfte att komma så nära målet som möjligt. Åtgärder som benämns är bland annat åtgärder på vägar, beteendepåverkande åtgärder, kartläggning av status på vägarna, olika typer av studier, forskning och mer. Detta speglas aktivt i nya och innovativa idéer för åtgärder som främjar den hållbara trafikplaneringen.

Actibump är en av de moderna teknikerna som framställts i syfte att skapa säkra, trygga och tillgängliga trafikmiljöer, samtidigt som framkomligheten, trafikflödet och hållbarhet utifrån ett miljöperspektiv främjas. Actibump är ett aktivt farthinder utan gupp som har använts i Sverige sedan 2010. Studier kring införandet av farthinder har visat beteendeförändringar hos förarna och skillnad i utsläpp på lokala nivåer, samt minskning av buller (Edeva, u.å.). I denna studie kommer denna moderna typ av farthinder studeras i Malmö och jämföras med traditionella lösningar med hjälp av okulär inventering samt skadekartor och fordonsdata.

Användning av fordonsdata har de senaste åren tagit ett stort kliv tekniskt sett för planering av infrastruktur och generellt sett blivit mer lättillgängligt (Stjernquist, C. 2021). I en större andel har denna typ av data använts för att förstå rörelsemönster och hastigheter för trafik inom trafiktekniken. En alternativ datakälla som alldeles nyligen gjorts tillgänglig är realtidssamlad data som samlar data vertikalt med bilars acceleration, vilken kan kopplas till stötdämparens rörelser. Denna nyutvecklade teknik återfinns i ett urval nyare bilmodeller och kallas för RSI (Road surface information). Tekniken används för att läsa av och dokumentera vägen i realtid medan personbilen färdas fram på vägbanan. RSI dokumenterar väginformation med så kallat current roughness. Current roughness är måttet på vägytans textur och grovhet som speglar international roughness index (IRI) och mäter vägens ojämnheter. Den här typen av data kopplar konkret till underhållsfrågor på vägnätet, men även

framkomlighet. I dagsläget finns data samlat i databaser för analyser, men kopplingen mellan mätdata och skador i verklighet saknas delvis. I arbetet kommer vägsador som är insamlade under en månad analyseras på begränsade områden i Malmö stad.

Områden som kommer att studeras är utsatta ytor som förekommer i Malmö stads centrala vägar som ingår i Storstadspaketet (SSP). Utsatta ytor är ytor i trafiken som belastas extra mycket och är därför mer benägna till en fortare nedbrytningsprocess (Svenska kommunförbundet, 2019). Utsatta ytor förknippas ofta med områden där det gjorts trafiksäkra åtgärder som t.ex. avsmalningar av vägar, cirkulationsplatser och farthinder, men kan även innebära ytor med hög statisk belastning exempelvis busshållplatser och signalreglerade korsningar och ytor med mycket tung trafik, till exempel bussar.

1.2 Syfte och frågeställningar

Fordonsdata och RSI har börjat användas på senare år för optimering av vägarnas skick (Stjernquist, C. 2021). Underhållsutredning med fordonsdata är ett hjälpmedel som kan informera om de akuta underhållningsproblem som uppkommer på vägar, medan de klassiska okulära inventeringarna är vedertagna för långsiktig planering. Detta examensarbete syftar till att studera fordonsdata, specifikt ojämnhetsdata under barmarksförhållanden, för att hitta en korrelation mellan skadebilder som fås genom okulär inventering och fordonsdata.

Fordonsdata är uppsamlad under en månad i Malmö stad där studien kommer inriktas och fördjupas i stadens problematik med belastningar inom bebyggda områden. Denna data kommer att studeras över tid för att se hur vägens nedbrytning kan förändras samt hur data kan indikera på sträckor som potentiellt erhåller en skadebild och därmed behöver repareras. Dataanalyser och besiktning genomförs på utsatta ytor som belastas av busslinjer som ingår i storstadspaketet (SSP). Storstadspaketet är olika projekt i Malmö kommun som planeras för att främja den hållbara stadsutvecklingen i samband med att utveckla kollektivtrafiken, tillgänglighet och kapacitet i transportsystemet, samtidigt som social, miljömässig och ekonomisk hållbarhet ligger i fokus (Malmö, 2018).

Frågeställningar som examensarbete ska svara på är:

- Vilka signifikanta datanivåer krävs för att se hur current roughness ändras över tid?
- Finns det en korrelation mellan fordonsdata och skadebilder som fås genom skadeinventering och hur ser den ut?

- Finns det en korrelation mellan fordonsdata och vägytemätningar och hur ser den ut?
- Vilken effekt har olika utsatta ytor på vägens nedbrytningsprocess? Hur skiljer sig ett Actibump från Malmögupp och H-gupp?

1.3 Metodbeskrivning

Examensarbetet inleds med en omfattande litteraturstudie för att samla in nödvändig kunskap om olika tekniker för datainsamling, farthinder, utsatta ytor i stadstrafik, beläggningsskador och hur en okulär inventering går till.

För att bestämma vilka objekt som är intressanta att studera utförs en intervjustudie. Fortsättningsvis analyseras data på de valda objekten som följs av en okulär besiktning på nivå 1 för identifiering av ojämnheter.

Vidare studeras tre olika typer av farthinder, därav Actibump och två konventionella gupp (H- och Malmögupp) samt två olika busshållplatser, en signalreglerad korsning, en avsmalnad gata och slutligen en buss-/bilgata där samtliga studeras med hjälp av fordonsdata som mäter ojämnheter på vägytan.

1.4 Avgränsningar

Arbetet och studien kommer omfatta stadsbebyggelse och specificeras till vägar med asfaltbeläggningar som brukas av busslinjer som ingår i Storstadspaketet (SSP). På dessa busslinjer finns aktuella data varav tjocklek, ojämnheter, sprickor, tvärfall och bärighet.

Fordonsdata har flera olika paket, men i denna studie kommer enbart RSI studeras. Förarbete som tas ur RSI mätningar kommer ej tas hänsyn till i arbetet. Arbetet avgränsas även till skador som hypotetiskt tänkas ge utslag på fordonsdata, därav ojämnheter, spårdjup, slaghål samt lagningar. Resterande vägsador kommer enbart tas i hänsynstagande vid inventering med syfte att få en rätt helhetsbedömning på vägtillståndet.

Objekten som ska studeras omfattar enbart de ytor som utnyttjas av personbilstrafik eftersom det endast är denna typ av trafik som samlar fordonsdata. Detta innebär att buskörväg samt bussterminaler där personbilstrafik inte får vistas på saknar fordonsdata och utesluts därför från studien. De vägar med busshållplats som kommer ska ha gemensamt körväg för all fordonstrafik. Objekten ska ingå i Malmös centrala delar. Studien är avgränsad till fyra sorters utsatta ytor, därav buss-/bilgata, avsmalnad gatan, signalreglerad korsning samt två busshållplatser. Dessa ska studeras gentemot varandra för att kunna få fram en slutsats om vilket objekt som är mest utsatt enligt fordonsdata.

1.5 Rapportens disposition

- **Kapitel 1. Inledning**
I det inledande kapitlet av rapporten redogörs bakgrund, syfte, avgränsningar och dispositionen.
- **Kapitel 2. Metod**
En genomgång av de delar som ligger till grund för genomförandet av detta arbete.
- **Kapitel 3. Litteraturstudie**
Redogörelse för vad fordonsdata är och kan användas till, genomgång av olika skadetyper och identifierat de mest utsatta ytorna i storstadsmiljö.
- **Kapitel 4. Intervjustudie**
Intervjustudie utförs med syfte att få en djupare inblick på inventeringsmetoder och utsatta ytor i Malmö stads centrala delar.
- **Kapitel 5. Resultat**
Resultatet av inventeringen och dataanalyserna redogörs som sedan leder fram till svar på korrelationen mellan fordonsdata och skadebilden.
- **Kapitel 6. Diskussion**
Analyser av resultatet och metoden som använts.
- **Kapitel 7. Slutsats**
Arbetets slutsats och konkreta svar på frågeställningarna. Här rekommenderas även förslag till vidare studier.

2 Metod

Fordonsdata är en relativt obeprövad teknik som har börjat användas i syfte att optimera vägskick. I detta arbete studeras tekniken med avseende på vägens ojämnheter genom att undersöka korrelationen mellan skadebilder och fordonsdata samt undersöka eventuella resultat och slutsatser. Arbetet ska även besvara hur olika typer av farthinder påverkar vägens nedbrytningsprocess med fordonsdata som hjälpmedel. Tillvägagångssättet för att få fram noggranna resultat är indelat i fyra steg, varav:

- Litteraturstudie
- Kvalitativa studier
- Fältstudie
- Dataanalys

Steg två med kvalitativa studier beskrivs i Kapitel 4 *Intervju*.

2.1 Litteraturstudie

Arbetet initierades med en litteraturstudie för att samla all information som kan användas som underlag för projektet. I litteraturstudien var det främsta målet att använda trovärdiga och vetenskapliga källor och därför lades det fokus på att hitta artiklar, rapporter och litteraturböcker. Artiklar och rapporter hittades genom sökmotorn Google, LUP student, LUBcat samt en del som hänvisades från handledaren. Handledaren hänvisade till många relevanta källor därav de flesta användes till litteraturstudien. För övrigt var Google och LUP student de främsta källorna för att hitta artiklar då nyckelord fungerar bäst där. Sökorden som användes för sökningarna är vägbyggnad, okulär inventering, fjärdepotensregeln, farthinder, vägskador, international roughness index och road surface information. I några enstaka fall har en källa medfört till en annan källa, det vill säga genom sökning i källans referenslista.

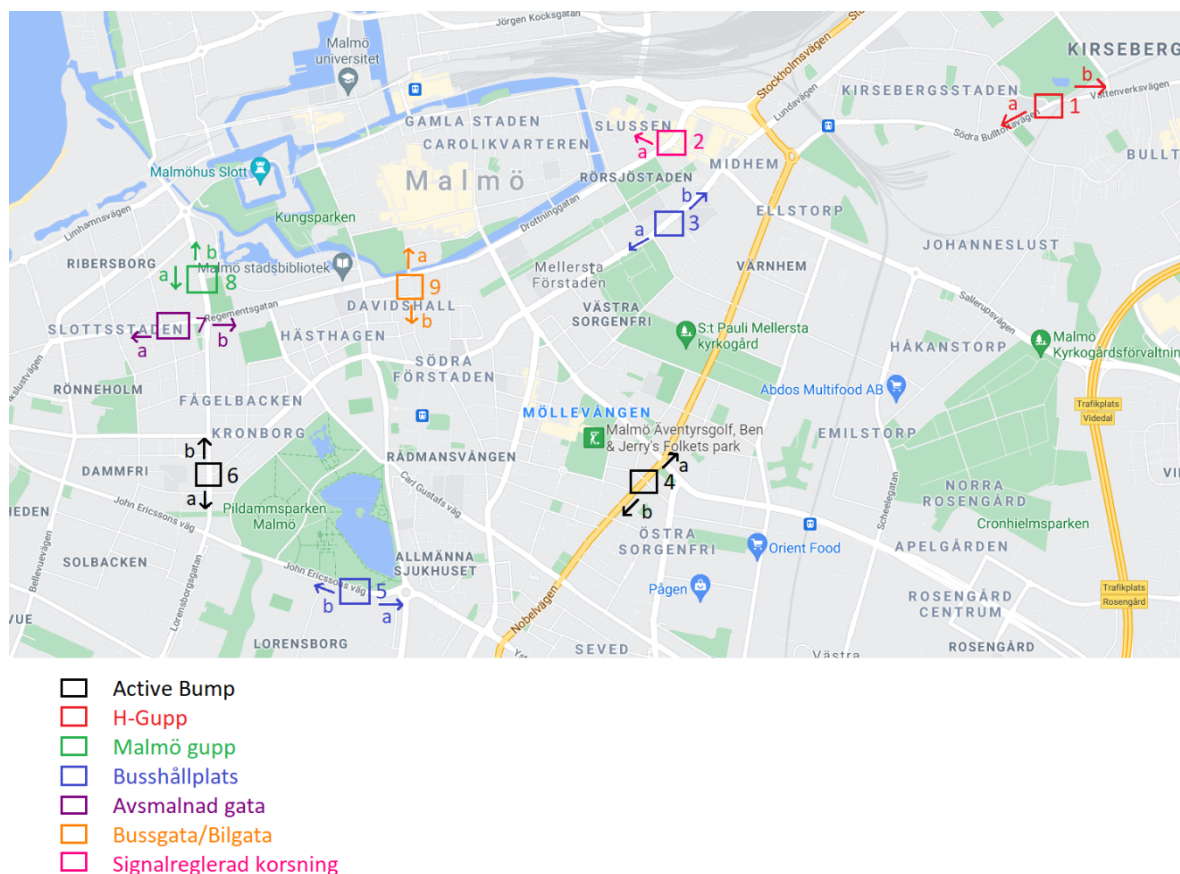
2.2 Fältstudie

Fältstudien utfördes för att kunna bedöma vägens allmänna tillstånd och kunna sammanställa detta med hjälp av fordonsdata. För att utföra en fältstudie initierades arbetet med att välja ut 10 utsatta ytor i Malmö stad som beskrivs i Kapitel 2.8.3, vilka skulle studeras. I syfte att få ett så brett perspektiv och så många olika utsatta ytor som möjligt bestämdes det att studien ska baseras på 2 Actibump, 2 H-gupp, 2 Malmögupp, 2 busshållplatser och för resterande skulle andra typer av utsatta ytor studeras.

Inledningsvis jämfördes busslinjekartan med en karta över Malmö i Google Maps. Syftet var att leta fram 10 ytor som är belagda på de busslinjer som ingår

i SSP. Alla busslinjer ska vara på gator tillgängliga för både kollektivtrafik och personbilstrafik. Under sökandet hittades en avsmalnad gata, en signalreglerad korsning, samt en belastad buss-/bilgata. I syfte att få ett så brett perspektiv som möjligt valdes de olika objekten på vägar med varierande vägtillstånd, alltså olika skadeutbredningar och beläggningsålder. De valda objekten illustreras i Figur 3–1, som visar vilka områden som har studerats i arbetet.

2.2.1 Utvalda objekt



Figur 3–1. Karta över Malmö centrala områden med de valda objekten inritade. Pilarna och bokstäverna är utritat i figuren för att urskilja riktning.

Objekt 1 – H-Gupp, Södra Bulltoftavägen

Detta H-gupp befinner sig på Vattenverksvägen i Södra Bulltoftavägen. Beläggningen är utlagd 2019 tillsammans med farthindren. Objekt 1a sträcker sig mot Värnhem. Objekt 1b sträcker sig mot Burlöv. Vägen har en ÅDT på 3400 fordon/dygn.

Objekt 2 – Signalreglerad korsning, Östra förstadsgatan

Den signalreglerade korsningen befinner sig på Östra förstadsgatan. Beläggningen på detta vägavsnitt anlades 2011. Vägsträckan inventeras endast för riktning a mot slussen eftersom b riktningen mot Midhem är tillåten för

enbart busstrafik. Inventeringen avser endast 100 meter före korsningen. Vägen har en ÅDT på 12 900 fordon/dygn.

Objekt 3 – Busshållplats, Föreningsgatan

Beläggningen på Föreningsgatan anlades 2016. Vägavsnittet inventerades med dubbla körfält i båda riktningarna. Riktning a som löper mot triangeln medan b riktningen mot Midhem. Vägen har en ÅDT på 16 800 fordon/dygn.

Objekt 4 – Actibump, Nobelvägen

Nobelvägen är en stor gata som sträcker sig från Värnhem i Norr till Södervärn i Söder. År 2017 bytes dåvarande beläggning och Actibump anlades år 2018 på detta vägavsnitt. Vägen har dubbla körfält i vardera riktning och är indelad i totalt 4 riktningar (A-D). I denna studie studeras endast riktning A och B som ligger närmst trottoarerna. Vägen har en ÅDT på 14 900 f/d.

Objekt 5 – Busshållplats, John Ericssons väg

John Ericssons väg sträcker sig från Mellanheden till Lorensborg. Beläggningen på denna väg anlades 2011. Vägen har två körfält med olika riktningar, a och b, där a går mot Södervärn och b som går mot Mellanheden. Vägen har en ÅDT på 10 600 fordon/dygn.

Objekt 6 – Actibump, Mariedalsvägen

Detta objekt hittas på Mariedalsvägen som sträcker sig från norra Ribersborg hela vägen ner till Dammfri. Beläggningen förnyades 2016, då två Actibump installerades i både riktningar. Vägen består av två motriktade körfält med ett Actibump på diverse riktning. Riktning a går mot Hyllie och riktning b går mot Västra hamnen. Mariedalsvägen har en ÅDT på 17 300 f/d med 3% tung trafik.

Objekt 7 – Avsmalnad gata, Regementsgatan

Regementsgatan är en lång väg som sträcker sig österut från Fridhem till slutet av Davidshall. Senaste beläggningen anlades år 2017 och gatan har en avsmalnad delsträcka på cirka 100 m, vilket är objektet som inventerades. Vägen är indelad i två riktningar, varav a och b. Riktning a som sträcker sig mot Fridhem och riktning b sträcker sig mot Gustav Adolfs torg. Vägen har en ÅDT på 9700 fordon/dygn.

Objekt 8 – Malmö gupp, Mariedalsvägen

Detta objekt hittas på Mariedalsvägen som sträcker sig från norra Ribersborg hela vägen ner till Dammfri. Objektet innefattar två Malmö gupp som befinner sig på Mariedalsvägen som anlades 2019. Vägen består av två motriktade körfält med ett Malmö gupp på diverse riktning. Riktning a går mot Hyllie och

riktning b går mot Västra hamnen. Mariedalsvägen har en ÅDT på 17 300 f/d med 3% tung trafik.

Objekt 9 – Buss-/bilgata, Davidhallsgatan

Storgatan i Davidshall är ett centralt område i Malmö som belastas av ett stort antal bussar varje dag, där det även förekommer busshållplatser. Översta beläggningen för detta vägavsnitt anlades år 2002. Objektet delas in i de två riktningarna a, som löper mot Gustav Adolfs torg och b, som löper mot Södra förstaden. Sträckorna som studerades för detta objekt är 75 meter långa. Vägen har en ÅDT på 3300 fordon/dygn.

Uteslutna objekt

Tre objekt uteslöts från studien på grund av olika hinder. Ett av h-gupp uteslöts på grund av brist på data för vägavsnittet av SSP. Ett Malmögupp på Södra förstadsgatan exkluderades på grund av vägarbete, vilket ej hade gett trovärdiga resultat. Objekt 9b exkluderades då ingen fordonsdata på den sträckan finns tillgänglig.

2.2.2 Inventering

Inventeringsmetodiken som användes i fältstudien var en generaliserad okulär inventering på nivå två och utfördes enligt handboken Bära eller Bristas metoder (SKR, 2019). SKR rekommenderar att inventeringen utförs under två olika väderförhållanden, både vått och torrt. Detta var däremot inte möjligt på grund av tidsbegränsningar. Totalt inventerades nio objekt, varav åtta inventerades i dubbla riktningar. För varje objekt gjordes ett anpassat vägavsnitt, där farthindren och busshållplatser studerades 100 meter före samt 100 meter efter. För resterande objekt studerades 75–100 meter, beroende på vägavsnittets längd. Varje vägavsnitt delades in i 25 meters sträckor och benämndes med bokstäver mellan A-H, beroende på antalet delsträckor. Delsträckor A-D befinner sig alltid 100 meter innan objektet och E-H är 100 meter efter ett objekt, i enlighet med körriktningen.

Inventeringen fokuserade främst på skador som fordonsdata skulle kunna ge utslag på, varav olika typer av ojämnheter. För varje objekt antecknades skadegraderna [1–3], utbredning [lokal, måttlig och generell] samt delsträckan [A-H] som skadan befinner sig på i ett protokoll (bifogat i Bilaga 1).

Under inventeringen studerades även motsvarande objekt på motsatta körriktning i syfte av att ha så mycket data som möjligt.

2.3 Dataanalys

2.3.1 Sammanställning av data

För de valda objekten studerades georadamätningar, inventeringar samt lasermätningar som är framtagna av Ramboll. Varje objekt studerades enskilt för att kunna bilda en sammanvägning av data och genomföra en rättvis bedömning. Med hjälp av Excel gjordes tre tabeller för varje objekt med rubrikerna Georadarmätning, Inventering och Lasermätning. I tabellen Georadarmätning skrevs fyra kolumner in med vägavsnitt, datum, tjocklek på beläggning, tjocklek på överbyggnad samt distansen. I tabellen Inventering skrevs sju kolumner in med vägavsnitt, datum, anmärkning, ytskada, ojämnhet, lagning och distansen. I tredje tabellen för lasermätning fanns nio kolumner med rubrikerna vägavsnitt, datum, anmärkning, spår djup 17, spår djup 15, tvärfall, IRI vänster, IRI höger och distansen. För ytterligare klargörande bifogas ett exempel under Bilaga 2.

För att få en samlad bedömning av respektive vägavsnitt studerades beläggningsinformation sammanställt av Ramboll. Informationen beskriver senast lagd beläggning, inklusive beläggningsår, beläggningstyp samt beläggningstjocklek. För att få fram medelårsdygnstrafiken, ÅDT på vardera vägavsnitt användes Malmö stads egna trafikmätningar. Trafikmängden i Malmö stads sammanställning redovisas i medelvardagsdygnstrafik, MVD. Eftersom det generellt sätt är mer trafik på vardagar än på helger är trafiken per medelvardagsdygn ungefär 10% högre än årsdygnstrafiken (Lindgren, 2016). Värdet på MVD omvandlades till ÅDT, genom att multipliceras med 0,9.

2.3.2 Nira data och signifikanta nivåer

Fordonsdata över en månad är tagen från Ramboll och Nira. Notera att fordonsdata är tagen från månaderna Mars – April, på grund av att det är inom den tidsramen inventeringen utfördes. På objekt 9 (buss-/bilgata) fanns enbart tre dagars insamlad datamängd under tidsramen på grund av att för få bilar som samlar fordonsdata passerat gatan. En frågeställning som ska besvaras är vilka signifikanta nivåer som krävs för att få ut omfattande tillståndsbedömning. Det optimala tillvägagångssättet var att ackumulera all data inom 30 dagar för respektive vägavsnitt för att kunna se ett översiktligt mönster. Över 100 olika grafer plottades upp och jämfördes där syftet var att studera om ändringar på vägtillstånd kan fångas upp med data över 30 dagar.

Med hjälp av Rambolls web geographic information systems (webGIS) verktyg RIMS hittades de segment-ID som tillhör de valda objekten. Inledningsvis letades samtliga objekt fram för att ta fram segment-ID för det specifika objektet. Ett vägavsnitt hade cirka 10 segment-ID:en som varierar mellan 15–

25 m. För varje segment-ID gjordes en tabell, där ID:et sammanställdes mot inventeringen och lasermätningarna som motsvarar samma distans på vägavsnittet. Därefter togs data ut för varje segment, därav current roughness och datainsamlingsdatum. Inom varje segment togs minimi-värdet, maximi-värdet, medelvärdet samt standardavvikelsen ut för current roughness. Data plottades i punktdiagram för att tydligt visa om det finns avvikande värden samt ojämnhetsvariationer på samtliga vägavsnitt. Avvikande värden som skulle kunna påverka medelvärdet i högre grad uteslöts och medelvärdet räknas om på nytt.

För att få ut ett jämförbart värde för Rambolls inventering graderades utbredningsnivåerna i 1 (lokal), 2 (måttlig) och 3 (generell). Värdet räknas ut enligt,

$$\text{Utbredningsgrad} \times \text{skadegrad} \times \text{procentuell andel}$$

där den procentuella andelen är den andelen meter som skadan tar upp av hela segmentet. För den egna inventeringen tillämpades detta på de skador som anses ge utslag på fordonsdata, därav ojämnheter, spårdjup, slaghål samt lagning.

I ett nytt blad skapades en tabell för varje objekt, där medelvärden av current roughness ställs vid motsvarande segment. Dessa ställs mot distans, skadevärden från inventeringen samt medelvärden från lasermätningarna.

2.3.3 Korrelation mellan fordonsdata och inventering

I syfte att studera korrelationen mellan fordonsdata och skadebilderna som fås genom inventering gjordes en illustrativ jämförelse. För varje objekt skapades en tabell med kolumnerna "Avstånd från objekt" och "current roughness". Utifrån tabellen skapades ett linjediagram som illustrerar hur fordonsdata varierar med avstånd från objektet. I diagrammet ritas symboler in som visualiserar de olika skadorna som kan tänkas ge utslag på fordonsdata, därav ojämnheter, spårdjup, slaghål och lagningar/lappningar. Skadegrader illustrerades i färgerna grön (skadegrad 1), gul (skadegrad 2) och röd (skadegrad 3). De skador som inte ger utslag på fordonsdata utesluts från studien för att undvika missledning, men representeras i Bilaga 1.

2.3.4 Regressionsanalys

Regressionsanalyser är en statistisk metod som används för att finna samband mellan en mängd olika variabler. Regression tillåter därmed följande:

- Studera relationen mellan en beroende variabel kontra en eller flera oberoende variabler.

- Studera hur den beroende variabeln och varje enskild oberoende variabel förhåller sig mot varandra (hur stark relationen är).
- Skapa en regressionsmodell som förklarar observerade data på bästa sätt (d.v.s. en ekvation som beräknar fram värdet på den beroende variabeln).

Determinationskoefficienten R^2 beskriver hur starkt det linjära sambandet är, alltså hur bra de oberoende variablerna kan förklara den beroende variabeln. R^2 värdet varierar mellan 0 och 1. Det som eftersträvas är ett högre värde eftersom när $R^2 = 1$ beskriver modellen 100 % av variationen. Ju närmare noll desto sämre blir modellens förklaringsgrad (Frost, u.å.).

Genom att testa nollhypotesen kan det undersökas om det finns ett statistiskt signifikant samband mellan de beroende och oberoende variablerna. Nollhypotesen innebär att det inte finns ett signifikant samband mellan variablerna. Det som ska finnas är sannolikheten att nollhypotesen stämmer. Är sannolikheten <5% ($p < 0,05$) förkastas nollhypotesen och därmed finns det ett statistiskt signifikant samband mellan variablerna. Detta testas genom ett t-test. I Excel finns en inprogrammerad regressionsmodell just för dessa typer av analyser som sköter all beräkning automatiskt. Det enda som behöver göras är att mata in oberoende och beroende variabler. Därefter erhålls p-värden och t-tester för samtliga oberoende variabler i modellen (Glen, 2020).

I detta arbete har regressionsanalyser använts för att försöka hitta ett statistiskt signifikant samband mellan current roughness (beroende variabel) och olika kombinationer av skador, IRI samt spårdjup (oberoende variabler). Arbetet initierades med att sammanställa all data enligt Bilaga 3 för att enkelt kunna kombinera de oberoende variablerna. Sedan klistrades current roughness samt vald kombination av de oberoende variablerna in i Excels egen regressionsmodell som ligger under funktionen dataanalys. Excel beräknade samtligt resultat där fokus låg på R^2 - och p-värdena. Alla kombinationer där p värdet översteg 0,05 (5%) förkastades. Samtliga som underskred p-värdet på 0,05 rangordnades utifrån R^2 värdet i en ny tabell (se Bilaga 4). Därefter valdes tre regressionsanalyser att gå vidare med som plottades upp i en graf som beskriver förhållandet mellan current roughness och predikterade värden utifrån regressionsmodellen. Dessa grafer redovisas i Kapitel 4.2.2.

De tre regressionsanalyserna som valdes redovisas i Tabell 3–1. Vanligtvis brukar ett högre R^2 värde eftersträvas eftersom variationen blir mer precis. Men i de fallen där en observation går ut på att finna ett samband mellan en beroende variabel och en eller flera oberoende variabler ställs inte lika höga krav på ett högt R^2 värde (Frost, u.å.). Av denna anledning låg inte fokuset på att välja de regressioner med högst R^2 -värde utan i stället utifrån de som täckte in flest datapunkter men även som såg intressanta ut.

Tabell 3–1. Justerat R² och P – värde för de tre kombinationer som valts.

Typ av kombination	Justerat R kvadrat	P- värde
Medelvärde för alla spårdjup (Både A & B riktning)	0,20	5,8E-06
Medelvärde för alla IRI-värden (Både A & B riktning)	0,28	4,4E-10
Ytskador (Rambolls inventering)	0,23	0,01

2.3.5 Jämförelse mellan current roughness och spårdjup

För att kunna besvara frågeställningen om vilken utsatt yta som mest påverkar vägens nedbrytningsprocess var det nödvändigt att jämföra fordonsdata för samtliga objekt mot varandra.

På grund av att avståndet på samtliga segment varierar mellan 15–25 kan ingen jämförelse studeras och redovisas på ett konkret sätt. Initialt delades segmenten upp för varje 25 meters-delsträcka. Genom att beräkna hur stora andelar olika segment-ID tar upp för en delsträcka kunde dessa andelar användas för att få ett översiktligt medelvärde på current roughness för varje 25-meters sträcka på ett vägavsnitt.

Samtliga farthinder sammanställdes i en tabell i Excel med värdet på current roughness mot delsträckorna, indelade i 25 m sträckor för att få ut diagrammet i Figur 5–10. Likadant utfördes för resterande objekt som inte har ett farthinder, i ett enskilt diagram. Syftet var att jämföra hur värdet ändras gentemot varandra i ett diagram.

3 Litteraturstudie

3.1 Vägkroppen

Vägar har funnits i flera tusen år och har använts till transport av personer, militär och gods. Den första vägen att byggas är troligtvis den romerska vägen *Via Appia* som lät byggas 312 före vår tid (Thorbjörnsson, 2016). Likt dagens väggroppar var *Via Appia* uppbyggd av flertalet materiallager. Vägkonstruktionerna idag ser till viss grad annorlunda ut trots att de fortfarande byggs i olika lager, detta främst då kraven på vägens bärighet och överbyggnad ökat eftersom trafikbehovet har blivit allt större i samhället. Nästintill varje hushåll besitter på någon typ av motordrivet fordon och för att bemöta dagens trafikbehov krävs en väldimensionerad och robust väggkonstruktion med noggrant utvalt material av hög kvalitet (Transportstyrelsen, 2021).

Uppbyggnaden av en väg kan se ut på många olika sätt, det finns t.ex. vägöverbyggnader med betong, asfalt, cement och grus. Skillnaden mellan de olika uppbyggnads-sätten förutom val av material är lagertjocklekar i överbyggnaden. Vägens överbyggnad är den del av väggkroppen som utgör samtliga lager ovanför undergrunden. En annan faktor som påverkar innehållet i överbyggnaden är materialet som terrassen består av. Utgörs terrassen av berg finns det inget behov av att överbyggnaden behöver vara lika tjock som om terrassen utgörs av sand eller lera. Det beror på hur styvt materialet är i terrassen. Vägens överbyggnad kan delas in i tre olika huvudkategorier:

- Flexibel överbyggnad,
- Styv överbyggnad,
- Halvstyv överbyggnad.

Inom de tre huvudkategorierna finns det ett antal olika varianter av överbyggnader med varierande kombinationer av material (Agardh & Parhamifar, 2014). Betongvägar är de som tillhör styva överbyggnader medan flexibla överbyggnader har en beläggning av asfaltgrus (AG). De halvstyva överbyggnaderna är en kombination av både de flexibla och styva överbyggnader tex en asfaltbeläggning ovanpå ett cementbundet bärlager.

I Figur 2–1 nedan illustreras den vanligaste typen av väggkonstruktion i Sverige, en så kallad grusbitumenöverbyggnad (GBÖ).



Figur 2–1. Principiell lagerföljd av dagens vägkonstruktion (Asfaltboken, 1999)

3.1.1 Överbyggnadens uppbyggnad och funktion

Överbyggnadens funktion är att fördela lasten till underbyggnaden, den ska även klara av trafiken sådant att inga större deformationer bildas i vägkroppen (Agardh & Parhamifar, 2014). Andra uppgifter som överbyggnaden har är att vägkroppen och vägytan skall förbli fri från vatten, det vill säga transportera bort vatten. Förutom detta skall det även erbjudas en jämn vägyta både i längd- och tvärled. Sist men inte minst ska överbyggnaden säkerställa att trafikanterna färdas komfortabelt och säkert på vägbanan.

Då en överbyggnad är uppbyggd på så vis att lastfördelningen blir större ju längre ner i konstruktionen den kommer, är det viktigt att de översta lagren är av högre kvalitet med bra bärighet (Agardh & Parhamifar, 2012). Således är konstruktioner med sämre material längre ner mest kostnadseffektiva. I Sverige är det vanligast att överbyggnaden har en dimensioneringsperiod på 20 år eller mer. Funktion och ingående material för respektive lager i en principiell grusbitumenöverbyggnad (Figur 2–1) beskrivs ingående ovan.

Slitlager

Slitlagret utgör det översta synliga lagret i en vägöverbyggnad och ska därmed uppfylla alla krav som ställs på en vägyta (Agardh & Parhamifar, 2014). Dess huvudfunktion är att förse trafikanterna en komfortabel och trafiksäker körbana samt att hindra vatten från att trängas in i vägkroppen. Därför ställs det höga krav på att vägytan ska vara jämn i både längd- och tvärled men även uppnå rätt tvärfall och bra friktion. Tillsammans med samtliga efterföljande lager ska

lasten från trafiken spridas ner i konstruktionen så att påkänningarna på undergrunden inte blir för stora.

Bindlager

Bindlager placeras mellan slitlagret och det bundna bärlagret som ett övergångslager om skillnaderna i stenstorleken är stor. Ett bindlager har i regel lägre halt bindemedel i jämförelse med ett slitlager vilket ger den en bättre resistens mot deformationer. Dess uppgift blir då helt enkelt att överföra belastningen från trafiken till underliggande bundna bärlager. Av den orsaken används bindlager på vägar där andelen tung trafik är hög och på cementbundna lager för att reducera reflektionssprickor (Asfaltboken, 1999)

Bundet bärlager

Det bundna bärlagret har som uppgift att fördela lasterna till underliggande lager, främst förstärkningslagret och terrassen på ett sådant sätt att det inte uppstår några deformationer eller större påkänningar (Agardh & Parhamifar, 2014). Det ställs således stora krav på materialets egenskaper så att överbyggnaden kan behålla sin hållfasthet under hela dimensioneringstiden. Innan slitlagret läggs på det bitumenbundna bärlagret trafikeras vägen oftast i några månader för att överbyggnaden skall få tid till att sätta sig.

Obundet bärlager

Som sin ovanstående bundna komponent har det obundna bärlagret likadan uppgift att fördela trafikens belastningar till de undre lagren (Agardh & Parhamifar, 2014). Det ställer således även i detta lager krav på att materialets kvalitet håller en hög standard för att konstruktionen skall bibehålla sina hållfasthetsegenskaper under sin tekniska livslängd. I samband med utläggning av bärlagergrus sker även det viktiga momentet packning, vilket har en betydande roll över hur materialet i vägkonstruktionen kommer att uppföra sig under trafikbelastningar.

Förstärkningslager

Förstärkningslager är det sista lagret i överbyggnaden om inget skyddslager behövs (Asfaltboken, 1999). Lagret har som huvuduppgift att fördela vidare de trafikbelastningar som kommer från ovanliggande lager ner till ett eventuellt skyddslager och undergrunden. Lagret ska även fungera som ett dränerande lager såväl som under byggtiden som vid färdig vägkonstruktion. Det är viktigt att förstärkningslagret utgörs av ett tillräckligt stabilt och bärigt underlag för att ovanliggande lager skall få så bra förutsättningar som möjligt vid utläggning och packning.

Skyddslager

Ett skyddslager placeras direkt på undergrunden och utgör därmed den sista komponenten av vägöverbyggnaden. Det används framför allt i de områden där undergrunden består av tjälfarligt material för att minska tjällyftningar. Det används även då undergrunden består av finkornigt material för att förhindra att materialet tränger upp i förstärkningslagret (Agardh & Parhamifar, 2014).

3.1.2 Undergrundens funktion

Efter överbyggnaden i följd kommer undergrunden som kan sägas vara själva stommen för hela vägkonstruktionen (Olsson & Ekström, 2017). På undergrunden byggs själva överbyggnaden. Det ställer därför en del krav på att undergrunden ska ha en viss bärighetsegenskap. En svag undergrund kan förstärkas med hjälp av olika stabiliseringsmetoder till exempel yt- och djupstabilisering där kalk och cement oftast används för att stabilisera undergrunden.

Den översta ytan av undergrunden kallas för terrass (Agardh & Parhamifar, 2014). Terrassytan är ett resultat av antingen utfyllnad av berg- och jordmassor eller bortschaktning. I samband med att terrassytan framställs ska även vägens avvattningsystem slutföras. Eftersom terrassen agerar underlag till de ovanstående lagerna krävs det att ytan är jämn, då en ojämn yta bidrar till att vägen får en ojämn bärighet. Ett annat viktigt moment när terrassen formas är att tvärfallet ska vara densamma som den färdiga vägen ska ha.

3.2 Beläggningstyper och deras användningsområden

För att möta den trafikbelastning som ständigt ökar i form av gods- och persontrafik ställer det ett visst krav på beläggningens tillstånd och funktion (Agardh & Parhamifar, 2014). Under åren som gått har det framställts vägbeläggningar med bättre hållfasthetsegenskaper och i takt med de högre kraven på vägytan sker det ständig utveckling av ny design och dimensionering av asfaltbeläggningar.

Beroende på vilken funktion som eftersträvas finns det olika varianter av beläggningstyper. Genom att variera stenmaterialets kornstorlek och mängden bitumen eller addera någon form av tillsats kan beläggningssmassan få olika egenskaper (Trafikverket, 2014). Förutom beläggningstyperna tät asfaltbetong (ABT), dränerande asfaltbetong (ABD) och stenrik asfaltbetong (ABS) som redovisas i tabell 2–1 nedan finns det andra typer som till exempel gjutasfalt-, slamasfalt-, tank- och tunnsiktsbeläggning.

3.2.1 Massabeläggningar

Massabeläggningar tillverkas i fast uppställda asfaltverk där bindemedel, stenmaterial och eventuella tillsatser blandas. Fördelen med att tillverka beläggningar i ett verk är att noggranna kontroller/uppföljningar kan implementeras. Beroende på massans temperatur vid utläggning och tillverkning kan de delas in som kalla (<50 °C), halvvarma (50–120 °C) och varma (>120 °C) (Trafikverket, 2014). Olika beläggningstyper av asfaltmassa samt deras funktionsområden visas i Tabell 2–1.

Tabell 2–1. Beläggningstyper av varm asfaltmassa (Trafikverket, 2014).

Varma massor	Användningsområden
Tät asfaltbetong, (ABT)	Slitlager och justeringslager på medel- och lågtrafikerade vägar.
Dränerande asfaltbetong, (ABD)	Slitlager på vägar där problem med vattenplaning och buller finns.
Stenrik asfaltbetong (ABS)	Slitlager på hög- och medeltrafikerade vägar.

3.3 Vägars nedbrytning

Från och med att en nybyggd, eller lagad, väg tas i bruk börjar nedbrytningsprocessen av vägkonstruktionen. Nedbrytningen är en process som inte går att undvika dock kan hastigheten påverkas genom val av till exempel utförande- och materialkvalitet eller nybyggnadsstandard. Vägkonstruktionens nedbrytning påverkas av följande processer: slitage på vägytan från trafiken, strukturella förändringar, otillräcklig dränering och diverse ingrepp i vägkonstruktionen (SKR, 2019). En utförlig beskrivning av olika skadetyper på vägkonstruktionen och deras svårighetsgrad beskrivs i kommande text. De skador som beskrivs mindre utförligt är sådana som kan förekomma men som förmodligen med hög sannolikhet inte påverkar current roughness.

3.3.1 Ytskador

Slaghål

Slaghål, även kallat potthål, uppträder som hål på beläggningens yta, oftast lika djupa som beläggningsslagret (se Figur 2–2). Hålen identifieras lätt på grund av deras branta kanter. De uppstår till en följd av tidigare skador såsom sprickor, separation eller dålig vidhäftning (Agardh & Parhamifar, 2014). Ett slaghål vars diameter är mindre än 10 cm klassas som svårighetsgrad 1. Är diametern

däremot 10–20 cm blir svårighetsgraden 2 och grad 3 om diametern är större än 20 cm i diameter.



Figur 2–2. Slaghål av svårighetsgrad 3 med en diameter som är större än 20 cm (Götene kommun, 2018).

Spårbildning

Likt många andra vägskador så har även spårbildning flertalet orsaker till uppkomst. De tre vanligaste är till följd av dubbdäcksslitage, plastiska deformationer i beläggningslagren samt bärighetsproblem i de obundna lagren och undergrunden.

Spårbildning orsakad av nötning från dubbade vinterdäck är en vanligt förekommande vägskada på högtrafikerade vägar och gator (Glasare och Haglund 2019). Spårbildning som orsakas av dubbdäckstrafik identifieras genom att avståndet mellan respektive spårs centrum motsvarar spårvidden av personbilar, vilket är mellan 140 och 150 cm.

Plastiska deformationer uppstår på grund av temperatur- och belastningsberoende omlagring i de bundna beläggningslagren som leder till spårbildning, oftast som dubbelspår från tung trafik och i värre fall kan det dessutom bildas valkar vid sidan av spåren (Asfaltboken, 1999). Se Figur 2–3.

Spårbildning som ett resultat av otillräcklig bärighet sker till följd av deformationer i undergrunden eller i de obundna lagren (Asfaltboken, 1999). Dessa förekommer även på lågtrafikerade vägar med tunna beläggningar eller olämpligt material. En dålig dränering har även det en inverkan på den försämrade bärigheten. Spårdjup som är mindre än 10 mm placeras under svårighetsgrad 1. Ligger spårdjupet däremot mellan intervallet 10–20 mm blir svårighetsgraden 2 och grad 3 om spårdjupet överstiger 20 mm.



Figur 2–3. Spårbildning på grund av plastiska deformationer (SKR, 2019).

Skador vid lagningar

Skador av denna typ uppträder i samband med lagningar som vidtagits efter ingrepp i gatan/vägen och visas i Figur 2–4. Skadorna som förekommer kan vara allt från en dålig fog till omfattande krackelering och sprickbildning. Möjliga orsaker kan vara att återfyllning av material och packning har genomförts felaktigt. Men kan även bero på att lagning har skett med en för grovkornig asfaltmassa. Skadan delas in i 3 olika svårighetsgrader där den första beskriver skadan som att fogen mellan lagning och gammal beläggning är dåligt samt att mindre sprickor kan förekomma i fogen. När en spricka vars bredd är större än 5 mm uppträder i fogen övergår svårighetsgraden till grad 2 och grad 3 om antalet sprickor ökar som även kan ha utvecklats till större ojämnheter, slaghål och krackeleringar.



Figur 2–4. Skador vid lagningar av svårighetsgrad 3, där större större ojämnheter, slaghål och krackeleringar har bildats (SKR, 2019).

Övriga ytskador

Separation är en ytskada som mer eller mindre återfinns på alla asfaltmassor. Det är resultatet av en felaktig hantering av asfaltmassor och stenmaterial genom hela processen från tillverkning till utläggning. Separation kan i ett senare skede leda till en annan skada, nämligen stensläpp. Förutom separation orsakas stensläpp även av otillräcklig vidhäftning, åldrande beläggning och krackeleringar. En åldrande beläggning har legat i 15 till 20 år och oftast på lågtrafikerade vägar. Det som sker är att bindemedlet blir torrt och hårt vilket efter ett tag bidrar till att material släpper från ytan som blir porig, det vill säga hålig (SKR, 2019).

En blödande beläggning är en ytskada som dels beror på att beläggningssmassan har fel sammansättning och/eller separerats under transporten men kan även ha orsakats av för mjukt bindemedel i förhållande till rådande klimat (SKR, 2019).

3.3.2 Ojämnheter i vägens längs- och tvärled

Ojämnheter i vägens längs- och tvärled indikerar att vägkonstruktionen innehar strukturella problem (Agardh & Parhamifar, 2014). En väg vars yta är ojämn tenderar till att brytas ner fortare jämfört med en väg som är jämn på grund av att tunga fordon ökar de dynamiska hjullastvariationerna. Vägbanans uppgift är att säkerställa komfort och trafiksäkerhet för trafikanterna. Är ytan i stället ojämn upplevs vägen inte som säker av trafikanterna vilket leder till sänkta hastigheter.

Nästan till all typ av skada på vägkonstruktionen ger mer eller mindre upphov till ojämnheter. De vanligaste skador som förknippas med ojämnheter är sådana som oregelbundet höjer eller sänker vägytan (SKR, 2019). Det kan till exempel vara sättningar som orsakas av besvärliga grundförhållanden och/eller varierande grundvattennivå. Men det kan även ske av ojämna tjällyftningar eller uppfryssta stenblock som förekommer främst på mindre vägnät i de nordliga delarna av Sverige.

Ojämnheter längs vägens tvärled förknippas oftast med skador som spårbildning men också bärighetsrelaterade problem längs med vägens kant vanligast i form av kanthäng (SKR, 2019).

3.3.3 Sprickor

Bärighetsprickor även kallat krackeleringar

Skador relaterade till bärighet påverkas mestadels av brister i bundna samt obundna lagret. Bristerna kan bero på grund av för tunna lager, dålig kvalitet eller otymplig beläggning (Trafikverket, 2012).

Sprickor är en variant av de skador som kan uppstå på grund av en bristande bärighetsförmåga och kallas vanligtvis bärighetsprickor. Dessa brukar oftast framträda i hjulspåren och med tiden utvecklas sprickorna till krackeleringar som visas i Figur 2–4. Denna sorts sprickor framkallas vanligen av all den upprepade trafikbelastning som vägen utsätts för. Den främsta orsaken till uppkomsten är att vägens tekniska livslängd har löpt ut och partier där beteendet uppstår innan livslängden löpt ut beror förmodligen av att partierna är dåligt utförda. En annan möjlig orsak till att krackeleringar framträder innan livslängden löpt är att vägen blivit underdimensionerad (SKR, 2019). Är svårighetsgraden 1 uppträder längsgående, parallella, minimala sprickor blandade med korta tvärsprickor i mitten av hjulspåren. Dock har ingen materialförlust skett. När sedan ett konsekvent bitmönster har bildats av de längsgående och tvärgående sprickorna övergår svårighetsgraden till grad 2. Efter ett tag så öppnar sprickorna upp sig ännu mer, materialförlust från kanterna sker och beläggningsbitarna rör sig vid trafikbelastning, då har skadan övergått till svårighetsgrad 3.



Figur 2–4. Krackeleringar av svårighetsgrad 3 där sprickorna har öppnat upp sig och material har lossnat (SKR, 2019).

Övriga sprickor

Fogsprickor är oftast längsgående och uppkommer i skarvar mellan två olika beläggningsdrag. Förekommer vanligtvis i skarven mellan vägren och körfält eller i skarvarna vid ett dåligt utfört beläggningsarbete efter ett underhåll av till exempel Vatten- och avloppssystem.

Sprickbildning i hjulspåren är resultatet av en mängd överfarter från den tunga trafiken under en längre period. Det som sker är att asfaltlagret pressas ned vid varje överfart vilket ger upphov till en horisontell dragtöjning i underkanten av

asfaltlagret. Efter ett visst antal passager av tung trafik utmattas asfaltlagret och i underkanten av lagret uppstår utmattningssprickor.

Temperatursprickor är de sprickor som uppstår till följd av att temperaturändringar som orsakar volymändringar i betongbeläggningar. Det är vanligt att temperaturändringar sker i betongbeläggningar de första dagarna eller veckorna efter gjutning eller under delar av vinterhalvåret (Andersson-Vass, 2015).

Tvärgående sprickor är till följd av hastiga temperaturväxlingar i styva vägöverbyggnader. Konstruktionen blir utsatt för termiska krympspänningar och eftersom asfalten inte har någon möjlighet att krympa i längsled uppkommer sprickorna (Agardh & Parhamifar, 2014).

3.3.4 Avvattning och dränering

För att vatten inte ska ansamlas på vägen under en längre period är det viktigt att ytvattenavledningen är god och korrekt dimensionerad. Vattnet som blir stående på vägytan utgör dels en trafikfara men har även en viss benägenhet att tränga ner till de obundna lagren. Detta sker främst på mindre vägnät eftersom vattnet inte stänks bort på grund av den låga trafikmängden (Agardh & Parhamifar, 2014). De vanligaste orsakerna till att ytvattenavledningen inte fungerar som det ska är otillräckligt tvärfall i kombination med ojämnheter på vägytan. Ett tvärfall vars lutning är minst 1 % betraktas som acceptabelt men vid nybyggnation ska tvärfallet minst uppnå en lutning på 1,5 %. Vegetation som växer i direkt kontakt med vägytans kant, otillräckliga diken och trottoarkanter som är söndriga kan även det hindra vatten från att rinna av beläggningsytan (SKR, 2019).

3.4 Farthinder

3.4.1 Actibump

Actibump är ett farthinder som aktiveras med hjälp av en hastighetsradar som mäter hastigheten av kommande bilar (se Figur 2–5). Syftet med Actibump är att sänka hastigheten för enbart de som överstiger hastighetsgränsen. Fortkörande bilar aktiverar farthindret, vilket resulterar i att metallplattan sänks ett par centimeter under marken. Hålet i marken gör att föraren tvingas stanna eller påminns om att dämpa farten. Däremot händer inget med farthindret för en ankommande bil som kör under hastighetsgränsen och fordonet kan passera Actibump utan att känna av något (Edeva, u.å.).

Actibump är en dyrare investering än andra farthinder och är därför mest kostnadseffektiv på högt belastade vägar. Denna typ av farthinder används

enbart på vägar med en hastighetsgräns under 50km/h och den ideala placeringen är på vägar med mittseparering och en separerad cykelbana. Fördelar med Actibump är att antalet onödiga inbromsningar och accelerationer minskar i hög grad, vilket inte bara bidrar till ett jämnare flöde i trafiken utan även mindre belastning på vägarna. Accelerationer och inbromsningar påskyndar vägars nerbrytning i form av slitage och plastiska deformationer (SKR, 2019), vilket innebär att med hjälp av Actibump, som minimerar antalet inbromsningar och accelerationer kan vägarna hålla sin kvalitet längre. I Malmö resulterade Actibump i att bullernivåer, vibrationer och topphastighet sjönk avsevärt efter installering (Edeva, u.å.).



Figur 2–5. Bild på Actibump i Malmö Stad (2021).

3.4.2 Malmögupp

Ett Malmögupp är likt ett platågupp i utformningen, men skillnaden är att den har enbart en uppfartsramp före övergångsstället (se Figur 2–6). Guppet planar ut sig genom hela korsningen omärkbart till ursprungsnivån. Fördelen med detta typ av farthinder är att vibrationer som uppstår när en bil kör ner från förhöjningen undviks och bekvämligheten gör att ett fordon inte behöver sakta in lika mycket (Fridh, P. 2000). Den minskade hastighetssänkningen minimerar även statiska belastningar vilket innebär mindre slitage på vägytan (SKR, 2019).



Figur 2–6. Malmögupp utan ett övergångsställe (2021).

3.4.3 H-gupp

Denna typ av farthinder är utformat som ett H, därav namnet H-gupp, se Figur 2–7. Guppet är avsett för att ge fordon med olika storlekar en jämförbar hastighetsdämpning. H-utformningen ger kollektivtrafik längre ramp jämfört med personbilar och ger då en jämförbar hastighetsdämpning där både bussar och personbil kan hålla en hastighet på cirka 30 km/h över guppet.

Bredden på ytterramperna som är avsedd för kollektivtrafiken och tunga fordon är 0,7 m medan avstånden mellan dess insidor är 1,6 m, avsett för personbilar. Detta ger en sammanlagd bredd på 3m. Rampernas längd 6 m och ramplutning 1:25 (Skånetrafiken, 2000).



Figur 2–7. H-gupp med enbart uppfartsramp (2021).

3.5 Skadeinventering

3.5.1 Okulär besiktning

Okulär besiktning är en typ av besiktning som görs med hjälp av enbart synen, utan några tekniska hjälpmedel. Syftet av besiktningen är att upptäcka fel och identifiera synliga skador eller brister. Detta kan göras på vägar, bostäder och på nästan all fysisk egendom.

Metoden är effektiv att användas på vägar för att bedöma enskilda vägobjekt i ett specifikt projekt. Huvudsakliga syftet till att utföra en okulär besiktning på vägar är för att identifiera skadegrader och därmed kunna jämföra olika objekt samt prioritera projekt, men som nämnt ovan kan det även göras i syftet att enbart upptäcka skador (Glantz och Hopp, 2006).

En okulär besiktning görs genom att minst en person rör sig långsamt längs en specifik vägsträcka och samtidigt antecknar synliga skador på ytan av vägsträckan. De dokumenterade skadorna jämförs därefter med ett dokument, exempelvis *Bära eller brista* (SKR, 2019), i syfte av att klassa skadorna i skadegrad, svårighetsgrad och utbredning. I enlighet med detta kan en samlad bedömning göras och tänkbara åtgärder diskuteras (Glantz och Hopp, 2006).

Utbredning av en vägskada bestäms genom att bedöma hur stora procentuella andelar av vägen som är drabbade. Omfattning av skadetyper med en utbredning i längsled bestäms enligt nedan (SKR, 2019):

- Lokal: Förekommer på mindre än 20% av vägnätets längd.
- Måttlig: Förekommer på 20–50% av vägsnittets längd eller yta.
- Generell: Förekommer på mer än 50% av vägavsnittets längd eller yta.

Metoden både har fördelar och nackdelar. Nackdelen är att metoden är subjektiv på det sätt att två personer sällan bedömer vägskadorna likadant. Besiktningen ger även enbart en bedömning på vägytan där underliggande skador förblir okända. Däremot är det en resurssnål metod och enkel att genomföra.

3.5.2 Metoder för redovisning av okulär besiktning

Redovisningen av okulär besiktning kan framföras på ett antal olika sätt. Alla metoder har dock en gemensam grundregel som ska följas, vilket är att samtliga data ska redovisas och levereras både digitalt och i rapport i syfte att inte utstaka gränser för användning av data. Redovisningen kan ske i tre olika nivåer: översiktlig inventering, generaliserad inventering, och detaljerad inventering (SKR, 2019).

Nivå 1: Översiktlig inventering

Skador och defekter ska bedömas med avseende på svårighetsgrad och utbredning, där båda är indelade i tre klasser som beskrivs i tal. Redovisningen av skadeklasserna sker i de kolumner som motsvarar skadans omfattning. Egna anteckningar om skadornas status eller tillägg av skador kan också noteras vid sidan om. Möjlighet att omarbeta eller ersätta protokollet (SKR, 2019).

Nivå 2: Generaliserad inventering

Vid redovisning av inventering på nivå två används vanligtvis digitala system för att hantera större datamängder. Resultaten bildas till en visuell redovisning i form av både tabeller med skadeklasser och digitala bilder (SKR, 2019).

Nivå 3: Detaljerad inventering

Den detaljerade redovisning är lik den generaliserade, bortsett från att nivå tre har data med högre upplösning. Denna typ av data kan då enklare kombineras med andra undersökningar eller mätningar (SKR, 2019).

3.6 Objektiva mätningar för vägars tillstånd

3.6.1 Georadarmätningar

Georadarmätningar är en teknik som möjliggör studerande av markens nedre lager utan att behöva gräva (SBUF, 2020). Systemet är likt systemet vid ett ekolod, men är avsedd för att mäta vägars lager. Detta gör den genom att mäta variationer i packningsarbete i både längs- och tvärled på nylagd asfalt med georadar och kan då få ut information som beläggningstjocklek samt överbyggnadstjocklek.

Med hjälp av georadarmätningar kvalitetskontroll utförs om asfaltsarbeten har utförts enligt kravgränser och de förutsättningar som finns för att ge asfalten en lång livslängd (SBUF, 2020). Georadar mäter mer heltäckande än andra metoder, exempelvis borring, och ger ett tydligare resultat på utfört arbete, men tekniken är fortfarande inom utveckling.

3.6.2 Vägytemätningar med LASER-RST

Vägytemätningar är ett tekniskt mätsystem som sker med hjälp av vägytebilar, som även kallas Laser-road surface tester. Dessa brukar användas för att få en objektiv tillståndsbedömning som kompletterar de okulära besiktningarna. En vägytebil får ut olika mått på vägytan genom att köra längs vägen med lasrar. Totalt registrerar en Laser-RST 220 olika parametrar som beskriver vägens tillstånd, varav tvärfall, ojämnheter, spårdjup, texturmått o.s.v. (SKR, 2019).

En LASER-RST har 17 avståndsmätande lasrar som kan mäta och registrera ojämnheter i tvärled. Mätbredden blir då 3,2 m, men kan ökas till 3,65 genom att sätta dit ytterligare 2 lasrar. Bilen registrerar parametrarnas medelvärde vart tionde cm på den körda sträcka samtidigt som det maximala spårdjupet beräknas. Videobilder på vägytan tas även för vare 20 meter (Göransson, 2014).

Faktumet att medelvärdet beräknas vart 10 cm kan medföra nackdelar med denna typ av vägytemätningar. Skadans svårighetsgrad kan förminskas avsevärt om skadans utbredning är liten. Detta kan leda till att exempelvis en lokal större ojämnheter som utgör en risk för trafiken döljs bakom ett lågt medelvärde (Glantz och Wahlman, 2014). Med detta sagt är den objektiva bedömningen ett komplement för den subjektiva okulära inventeringen, vilket innebär att vid rätt utförlig besiktning bör kombinationen ändå ge rätt indikation på vägskicket.

3.6.3 LIRA-projektet

LIRA (Live Road Assessment)-projektet är utvecklat i syfte att med hög effektivitet samla information om vägytan som grovhet (IRI), spårdjup, texturdjup, buller, friktion, rullmotstånd, sprucken yta och gropar. Vägbelägningsundersökningarna sker med hjälp av sensorer i fordon. Modellen identifierar skador på vägar i realtid och kan då upptäcka skador som utvecklas snabbare än traditionella tillståndsmätningar utförs. Uppgifter om vägens tillstånd kan även tas ut under vinterhalvåret då traditionella mätningar inte utförs (Lira, 2021).

International Roughness Index, IRI, som konventionellt mäts med lasrar, kommer att beräknas tillbaka från en 3D-accelerometer som är installerat i bilarna. Spårdjup kan beräknas med hjälp av spänningen i bilens servohydraulsystem. Friktion mäts med hjälp av ABS-data (Anti-lock Breaking System) och effektiviteten hos den regenerativa bromsen som är utrustad i elbilen. Strukturegenskaper, sprickor och gropar kan mätas och identifieras med tryck- och vibrationssensorer. Buller mäts med en mikrofon och rullmotståndet mäts med hjälp av bilarnas energiförbrukning (Lira, 2021).

All data som samlas sker genom GreenMobility (Lira, 2021). GreenMobility är ett företag i Köpenhamn som driver en bildelningstjänst med hundratals elbilar. Dessa bearbetar data med maskininlärning som erbjuder en mycket effektiv utveckling av komplexa modeller. Datahantering kan delas in i fyra steg. Det första steget är att utforma och strukturera en korrekt databas, vilket innebär att plattformen som används för att samla in data ska leverera och lagra en hög datamängd. Med detta ska en kommun samla samt lagra information och kunna identifiera vägvagnsbiten och täcka olika vägförhållanden. Tredje steget är en utveckling av maskininlärning för att kunna få ut korrekta förutsägelser.

Slutprodukten är LiRA-kartan som används för att övervaka vägförhållandena med programvara eller app.

3.6.4 Road Surface Information (RSI)

En stor faktor till ökad trafiksäkerhet är en jämn och smidig körning (Nira Dynamics, u.å.). Det gäller särskilt självkörande bilar, där kunskapen om vägförhållanden är viktig. Denna kunskap kan fås med hjälp av RSI, Road Surface Information. RSI är en ny teknik i personbilar, utvecklat av både Ramboll RST och Nira Dynamics, som optimerar resursutnyttjandet och minskar miljöpåverkan genom att läsa av vägytans skick under färden. RSI samlar kontinuerligt in nödvändig väginformation och är uppmätt i grovhet (IRI) som registreras under benämningen *current roughness*, vilket görs genom sensorer i bilen. RSI kan även upptäcka gropar och hastighetsstötter och varnar föraren i förväg vid behov. När ett stort antal bilar tillsammans samlar upp väginformation i realtid ansluts denna RSI-data till ett fordonsmoln, som med tiden blir en stor databas för vägarnas skick.

Data som skickas till en server aggregeras, analyseras och anonymiseras för att sedan kunna användas till att skapa ett förutsägbart kartlager av vilket vägsegment som helst, vilket möjliggör prognos av vägstatusen. Vägförhållanden beskrivs i detalj och bidrar till en säker kännedom för situationen på vägarna. Med hjälp av tekniken kan åtgärder planeras inom rätt tid och minimera större risker. I stort sett handlar RSI om att samla information om vägarnas tillstånd som möjliggör mer effektivt underhåll av vägar, särskilt vid akuta underhållningsproblem (Nira Dynamics, u.å.).

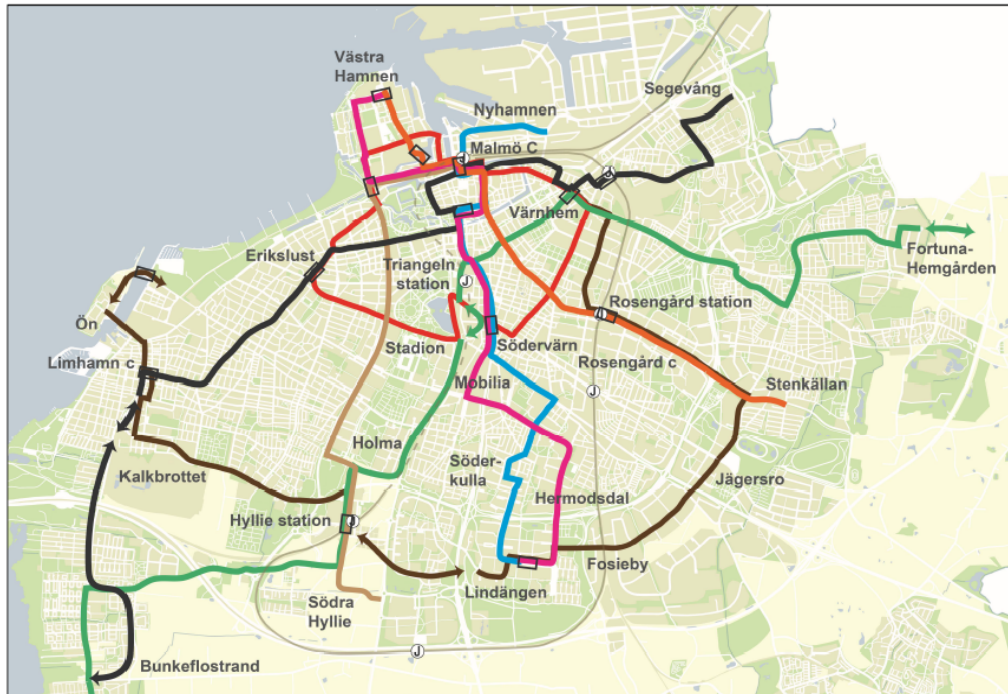
3.7 Trafik i stadsbebyggelse

3.7.1 Storstadspaketet i Malmö (SSP)

Storstadspaket Malmö är ett samlingsnamn för ett antal olika projekt i Malmö kommun som går ut på att främja hållbar stadsutveckling (Malmö, 2018). Målbilden sträcker sig fram till 2035 med ständig utveckling och projektet är organiserat av Malmö stad tillsammans med Region Skåne. Stadsutvecklingen sker genom att investera i ett paket av åtgärder i syfte att främja kollektivtrafiken, förbättra tillgänglighet och kapacitet i transportsystemet, samtidigt som social, miljömässig och ekonomisk hållbarhet ligger i fokus. Ett huvudmål är att satsa på kollektivtrafiken för att öka andelen som väljer detta färdmedel och därmed minskas trängselproblematiken och miljöeffekter som trafiken ger upphov till.

Med satsningar som sker förväntas kollektivtrafiken skapa hållbart resande i, till och från Malmö samtidigt som attraktiviteten ökar. Säkerheten, tryggheten

och resandekapacitet ökar med MalmöExpressbussar. Åtgärder som har gjorts är utbyggnad av stadsbusstrafik på åtta olika linjer i Malmö som visas i figur 2–8. Ökande användning av kollektivtrafik innebär högre belastning på infrastrukturen och i sin tur sätt högre krav på stadens vägar (Malmö, 2018).



Figur 2–8. Karta över busslinjer som ingår i Storstadspaketet (Malmö, 2018).

3.7.2 Tunga transporter på kommunala vägar

Att tunga transporter har störst skadeverkan på vägkonstruktionen är inget nytt utan det man i stället kanske ställer sig är deras skadeverkan jämfört med andra fordon. Med hjälp av fjärdepotensregeln kan skadeverkan som den aktuella axeln ger på en vägkonstruktion jämföras jämt mot skadeverkan från en standardaxel.

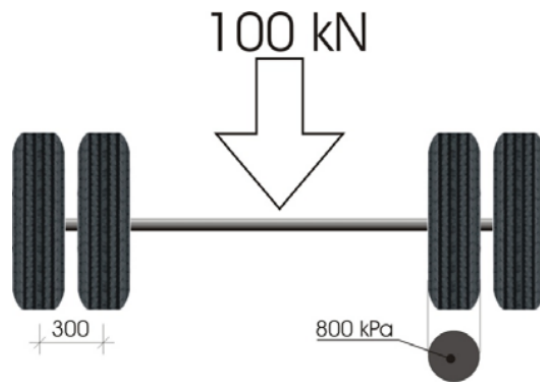
$$\text{Fjärdepotensregeln: } EF_W = \left(\frac{W}{10}\right)^4$$

EF_W = Skadlighetsmått

W = Aktuella fordonsaxelns vikt i KN

10 = Standardaxellasten 100 KN

Sverige definierar en standardaxel som en fiktiv 10 tons axel (10 ton är cirka 100 KN) där lasten är jämnt fördelat mellan parmonterade hjul (Figur 2–9). Centrumavståndet mellan respektive hjulpar är 300 mm och varje enskilt hjul ger en belastningsyta varav vägen belastas med ett konstant tryck på 800 kPa (Svenska kommunförbundet, 2019).



Figur 2–9. Standardaxel enligt TRVK väg (2011).

Görs en jämförelse mellan två bussar, där den ena bussen har en axellast på 12 ton och den andra 5 ton, erhålls följande resultat:

- Med 12 tons axellast blir skadlighetsmättet 2,1 ($EF_W = \left(\frac{12}{10}\right)^4 = 2,1$).
- Skadlighetsmättet från en 5 tons axellast blir 0,063 ($EF_W = \left(\frac{5}{10}\right)^4 = 0,063$).

Detta innebär att bussen vars axellast är 12 ton har en skadlighet på vägkonstruktionen som är 33 gånger större än bussen med 5 tons axellast. I en studie gjord av Carlén (2013) skriver han att den dynamiska lasten som uppstår när ett fordon sätts i ”gungning” på grund av ojämnheter, har en mycket större skadeverkan på vägkonstruktionen än om enbart statisk kraftpåverkan tas i beaktning. På de vägsträckor Carlén studerat blir skadeverkan allt mellan 10–45 gånger större. Att åtgärda till ojämnheter i ett tidigt skede kan därför vara av stor betydelse för övriga delar av vägens livslängd.

Dimensionering av vägöverbyggnader görs utifrån antalet standardaxellaster som förväntas belasta vägen under vald teknisk livslängd. I och med att det krävs cirka 10 000 personbilar för att orsaka en motsvarande belastningsskada som en tung lastbil (beroende på axellast), kan personbilarnas belastning bortses vid dimensionering av vägöverbyggnader (Trafikverket, 2011). Däremot är det viktigt att ha koll på vilka typer av tunga fordon som förväntas trafikera gatan/vägen vid dimensionering. Skadligheten på vägkonstruktionen är olika beroende på fordonsklass. I Stockholm har ett antal olika typer av tunga fordon och deras skadlighet studerats. Resultatet redovisas i Tabell 2–2 nedan och kan användas som vägledning till övriga kommuner när det gäller att studera tung trafik på valda gatuavsnitt. I samma studie framkom det att stadsbussar utgör cirka 50% av Malmös tunga fordon. På vissa bussgator osv kan andelen vara betydligt mycket större (Svenska kommunförbundet, 2019).

Tabell 2–2. Relativ skadlighet för några typer av tunga fordon (Kommunförbundet, 2019)

Fordonsklasser	Fordonslängd (m)	Totalvikt (m)	Axeltryck (m)	Relativ skadlighet
				10 tons axeltryck=1
Paketbil, distributionstrafik	5,5	3,5	1–2,5	0–0,1
Lätt lastbil, distributionstrafik	9	3,5–14	4–11,5	0,1–1,2
Buss, 2-axlad	12	10.24	4–12	0,1–1,5
Buss, 3 axlad	18	14–24	3–10	0,1–1
Typ ledbuss				
Medeltung lastbil, Regional trafik	10	14–24	5–16	0,2–6
Tung lastbil med trailer, fjärtrafik	18	40	10–21	1–20
Tung lastbil med släp, fjärtrafik	24	60	10–24	1–30

3.7.3 Utsatta ytor

Utsatta ytor är ytor i trafiken som belastas extra mycket och är därför mer benägna till en snabbare nedbrytningsprocess (SKR, 2019). Utsatta ytor förknippas ofta med områden där det genomförts trafiksäkra åtgärder som t.ex. avsmalningar av vägar, cirkulationsplatser och farthinder, men kan även innebära ytor med mycket tung trafik, till exempel bussar och ytor med hög statisk belastning exempelvis busshållplatser och signalreglerade korsningar. På senare år har det satsat mycket för att få en säkrare stadstrafik, men de trafiksäkerhetshöjande åtgärderna har medfört större påfrestningar på vägkonstruktionen och vägytan, vilket har ökat belastningar och slitage avsevärt.

Geometriska förändringar

Geometriska förändringar ändrar koncentrationen av fordonstrafiken och när vägbredden är så smal att trafiken blir spårbunden påverkas vägens bärighet extremt mycket (Svenska kommunförbundet, 2019). Vid avsmalning av vägar medförs därför en större koncentration av fordonstrafiken vilket ökar den dagliga belastningen på väggroppen. Dessutom är det inte ovanligt att de vägar

som var bredare och görs smalare har en dimensionerad livslängd som inte längre blir aktuell och skador uppstår snabbare. Ett smalare körfält ska enligt TRVK väg dimensioneras för en högre trafikmängd än vad som egentligen trafikerar ytan. Vägar som är gjorda utifrån olika material, vilket avsmalnade vägar ofta är, ger även en ojämn belastning, därmed ojämnt slitage och deformationer.

Statiska belastningar

Plastiska deformationer beror på tyngden av ett fordon, belastningstiden, belastningshastigheten samt viloperioden mellan varje fordonspassage. På grund av ständigt återkommande statiska belastningar (stillastående fordon) vid signalreglerade korsningar och busshållplatser är det vanligt att hitta denna typ av deformationer där (Ferati, E. 2016). Vägar i stadstrafik brukar även ha lägre hastighet än andra vägar, vilket också innebär att belastning sker under en längre tid och nedbrytningen av vägarna påskyndas.

Skarvar och blandning av material

Beläggningsskarvar som löper samman i vägens längsled utgör ofta en svag zon både när det gäller beständighet och slitage. Orsaken till problemet återfinns i gränssnittet mellan läggningsdragen där det är svårt att få en tillräcklig packning och fogning. Därför är det viktigt att processen utförs noggrant men även placera skarvarna så att de inte sammanfaller på den mest trafikerade ytan (Svenska kommunförbundet, 2019).

Att blanda två olika beläggningssmaterial är i de flesta fall ingen bra idé, det kan skapa stora problem speciellt mellan fogarna där det enkelt blir sprickbildning och slaghål. Från intervjun med Mauritzson framkom det att stadsplanerarna är i regel glada för att blanda material eftersom det blir estetiskt snyggt, men det de inte inser är alla problemen som ligger till grund till följd av detta. Fogar framträder även då ny beläggning blandas med gammal till exempel efter ett underhållsarbete. Ett sådant ingrepp i vägkonstruktionen kan i många fall leda till sättningar eftersom fyllnadsmaterialet är svårt att packa i samma grad som vid nybyggnad (Svenska kommunförbundet, 2019).

4 Intervju

För att få en insyn på hur okulär inventering görs i verkligheten genomfördes kvalitativa studier i form av intervju med Peter Mauritzson som arbetar som konsult på Ramboll. Peter Mauritzson har inventerat Malmös vägar i många år och det var viktigt att hitta erfaren person inom ämnet. Intervjuförfrågan skickades direkt till Mauritzson via mejl med en övergripande beskrivning av examensarbetet och syftet med intervjustudien.

Intervjun bestämdes att hållas 14:e april 2021, via Microsoft Teams på grund av rådande pandemi. Inför intervjun skrevs 12 frågor ner, varav vissa skrevs som öppna frågor för att kunna utvecklas med diskussioner och följdfrågor (se Bilaga 5). Svaren antecknades ner i ett dokument. Förutom frågor gällande okulär inventering ställdes andra om vilka skador som kan förväntas att hittas i stadsmiljö samt vilka ytor som är mest utsatta för trafiken. Samtliga svar som Mauritzson angav är sammanställt nedan.

4.1.1 Okulär inventering

En okulär inventering kategoriserar skadebilden för att bedöma statusen för varje enskilt objekt. Varje gata är uppbyggt specifikt på sitt sätt så generalisera inte kan göras utan varje objekt var för sig måste kollas för sig. Med detta kan en konsult kvantifiera och kartlägga vart både bra och dåliga beläggningar finns. På grund av tidsbrist är det däremot svårt att detaljgranska varje enskild skada och kategoriseringen blir därför vanligtvis översiktlig. Med detta sagt räcker inte en okulär inventering för att bedöma skadeorsaker och lämpliga åtgärder, utan då behövs en objektspecifik inventering göras.

Det mest effektiva sättet att utföra en inventering är att göra en skadekartering av den plats som ska studeras på och se vad det är för typ av skador. Oftast delas vägen in i 25 meters segment, men vid studier av punktdetalj är det lättare att göra en bedömning av varje objekt på plats för att se hur många meter innan och efter som ska studeras. Däremot bör en bedömning göras om skadorna är så pass omfattande att det ger utslag på fordonsdata.

På grund av att hela sträckan studeras och skicket blir bedömt i helhet så finns därför ingen data specifikt på mindre objekt som korsningar och farthinder. Den senaste beläggningsinventeringen genomfördes 2017 och den övergripande bilden var att huvudvägnätet höll generellt sätt en bra kvalité, medan på det låg- och medeltrafikerade vägnätet fanns merparten av sämre beläggningar. Detta kan bero på att Malmö stad har satsat mer på sina huvudvägar och därmed blir skicket bättre.

4.1.2 Vägskador i storstadsmiljö

I Malmö kan en konsult förvänta sig ett antal olika skador vid inventeringar. Vid inventeringen studeras sprickor, krackeleringar, slaghål, spårbildning, ojämnheter, sättningar i beläggnings och kantskador.

Olika skador påverkar nedbrytningsprocessen av en väg mer eller mindre. I stor utsträckning är det gamla beläggningar som bidrar till åldersproblematiken. En beläggning som legat länge börjar vittra sönder och kan i stort sett nästan omvandlas till en grusbeläggning. Alltså, oavsett trafik eller inte så har gamla beläggningar störst benägenhet till nedbrytning. Men andra sidan, när det kommer till andra problem som påverkar vägen kan tjälproblematiken påverka vägens nedbrytningsfas, dock finns det till största del i Sveriges nordliga delar. I Sveriges sydliga delar finns däremot bärighetsrelaterade problem. Dessa uppstår på grund av att tunga fordon kör på undermåligt konstruerade eller för tunna beläggningar och vägkonstruktioner. I takt med den satsningen som gjorts på kollektivtrafiken i Malmö kommer belastningarna på vägarna ändras. Malmö är specifika med att göra busskörfält av stabiliserade beläggningar, ofta något cementbundet material. Beläggningarna blir hårda och inte lika spåriga som en asfaltbeläggning. De tenderar dock till att lättare spricka och krackelera. Så det finns självklart en korrelation mellan ökad trafikmängd och nedbrytningsprocess men det finns ingen uppföljning på det.

Oavsett vilken skada beläggnings är försedd med så är det viktigt att åtgärda alla skador innan de blir omfattande. Men vid spårbildning är det oftast inte enbart tillräckligt att lägga på nytt slitlager, då risken för problemet att komma tillbaka är stor. Spårbildning kräver därför en mycket mer omfattande åtgärd som blir dyr. Vid sprickor och hål räcker det i många fall att försegla sprickor och fylla igen hål, men är processen mycket längre gången bör planfräsning av den gamla beläggnings göras och ett nytt läggas.

4.1.3 Utsatta ytor

Generellt sätt är punktobjekt mer utsatta än andra ytor. De ytor i stadstrafik som är mest utsatta för trafiken lokalt och punktvis är konstruerade farthinder. Dessa utsätts för mest skada, framför allt inom några meter på grund av hastiga samt oväntade inbromsningar och accelerationer. Det bildas då lätt spårbildning, sprickor och andra ojämnheter som slaghål. Skadorna uppträder oftast precis innan farthindret, detta beror på att det bildas en svag punkt så kallad skarv vid övergången där två olika material möts, vilka oftast kan åtgärdas med snabba och lokala ingrepp. Vid jämförelse av en signalreglerad korsning har trafikanterna mer koll och bromsar därmed in mer lugnare. Däremot är plastiska deformationer mer förekommande vid korsningar eftersom trafiken står stilla vid röd trafiksignal. Busshållplatser och bussterminaler är även utsatta för tunga

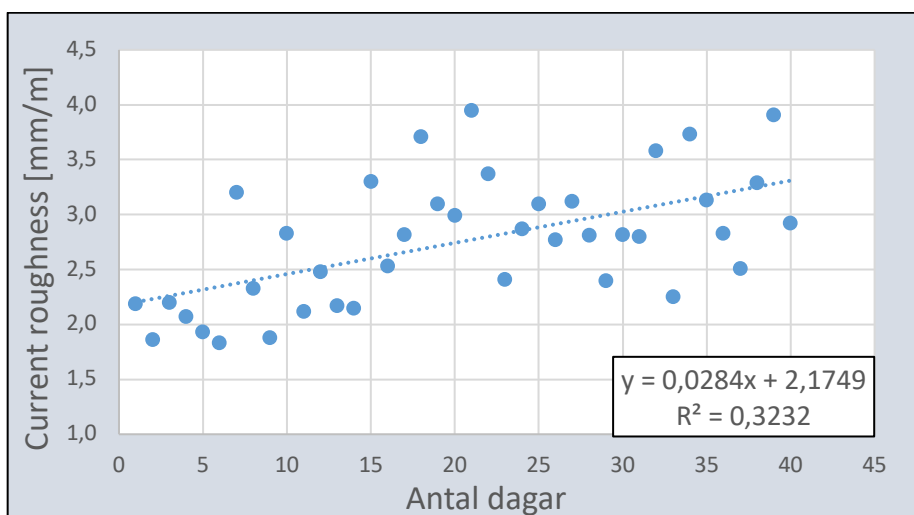
statiska belastningar som då orsakar plastiska deformationer. Spårbildningen på dessa ytor är i själva verket sättningar eller ojämnheter i vägkonstruktionen. Därför beror deformationerna inte så mycket på trafikrörelser utan istället att trafiken står stilla och belastar asfalten.

Andra ytor som också är utsatta för trafiken är de där det går mycket trafik och tungtrafik till exempel vid hamnen, infartsvägar och busslinjer. Det är svårt att bygga så pass stabila konstruktioner som inte deformeras av tunga fordon och då uppstår oftast skador på beläggningytan som är trafikrelaterade. På kort sikt är det spårbildning som framträder tydligast. Längs vägarna beror spårbildningen på slitage till följd av mängden trafik och är mer vanligt på större vägnät med högre hastighet. Studeras istället vägnätet i stadsmiljö där hastigheten inte är högre än 50 km/h bör skador av typen sprickor och slaghål finnas.

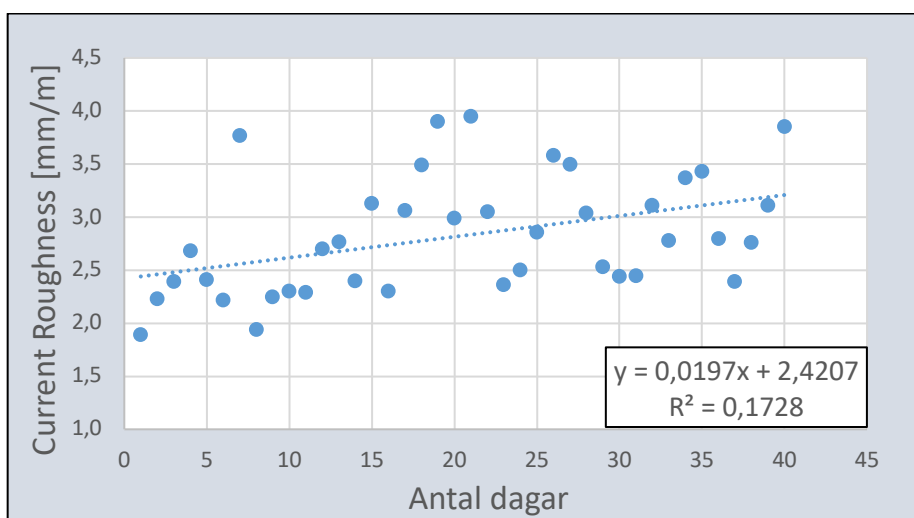
5 Resultat

5.1 Hur förändras current roughness över tid

Fordonsdata är en relativt ny teknik som kan användas till en mängd olika ändamål. I denna studie har data framför allt använts för att studera förändringen på vägens ytskikt över tid. Frågan är då om det går att se ett tydligt nedbrytningsmönster på vägens tillstånd under en 30–40 dagars period som studien är begränsad till. För att kunna redogöra ett tydligt resultat är således en illustrativ jämförelse i detta fall det mest optimala tillvägagångssättet. Figur 5–1 och Figur 5–2 nedan visar hur ingående fordonsdata (current roughness) förändras över 40 dagar. Notera att båda graferna kommer från objekt 3 nämligen busshållplats på Föreningsgatan riktning B, där figur 5–1 är sträckan precis innan och figur 5–2 precis efter busshållplatsen.



Figur 5–1. Grafen visar hur current roughness värdena förändras från dag 1 till 40, med syfte att se om vägen bryts ned något under tidsramen.



Figur 5–2. Grafen visar hur current roughness värdena förändras från dag 1 till 40, med syfte att se om vägen bryts ned något under tidsramen.

För samtliga grafer som plottades och jämfördes, var det de två ovanstående graferna som gav tydligast indikationer på förändringar av current roughness över tid. Figur 5–1, som beskriver delsträckan som befinner sig 20 meter innan busshållplatsen, visar att trendlinjen för current roughness ger en ökning med drygt 1,0 mm/m på 40 dagar. R^2 värdet är beräknat till 0.32, vilket beskriver sambandet mellan data för de 40 dagarna.

Figur 5–2 beskriver delsträckan som befinner sig 20 meter efter busshållplatsen. Trendlinjen för current roughness ger en ökning med knappt 0,8 mm/m på 40 dagar. Sambanden mellan data för de 40 dagarna är beräknat till ett R^2 värde på 0.17.

5.2 Korrelation mellan fordonsdata och skadebilder

För vissa objekt kan denna studie inte utföras på grund av ett antal olika faktorer nämnda nedan. Samtliga grafer bifogas däremot under Bilaga 6.

Vägavsnittet med busshållplats på John Ericssons väg har ett Malmögupp precis framför busshållplatsen, och förekommer på samma delsträcka som samtliga skador förekommer. Detta innebär att det blir utslag över farthindret och utslag för skador kan inte bedömas korrekt. Därav kan inte en jämförelse mellan fordonsdata och skadebilder göras för detta objekt.

Under inventeringen förekommer inga skador på vägavsnitten för Malmöguppet och busshållplats på Föreningsgatan. Därav utesluts dessa objekt från studien.

Avsmalnad gata med riktning b anses vara en repetitiv jämförelse till avsmalnad gata med riktning a då resultatet är lika. Detta objekt ger därför inte ytterligare underlag för resultat.

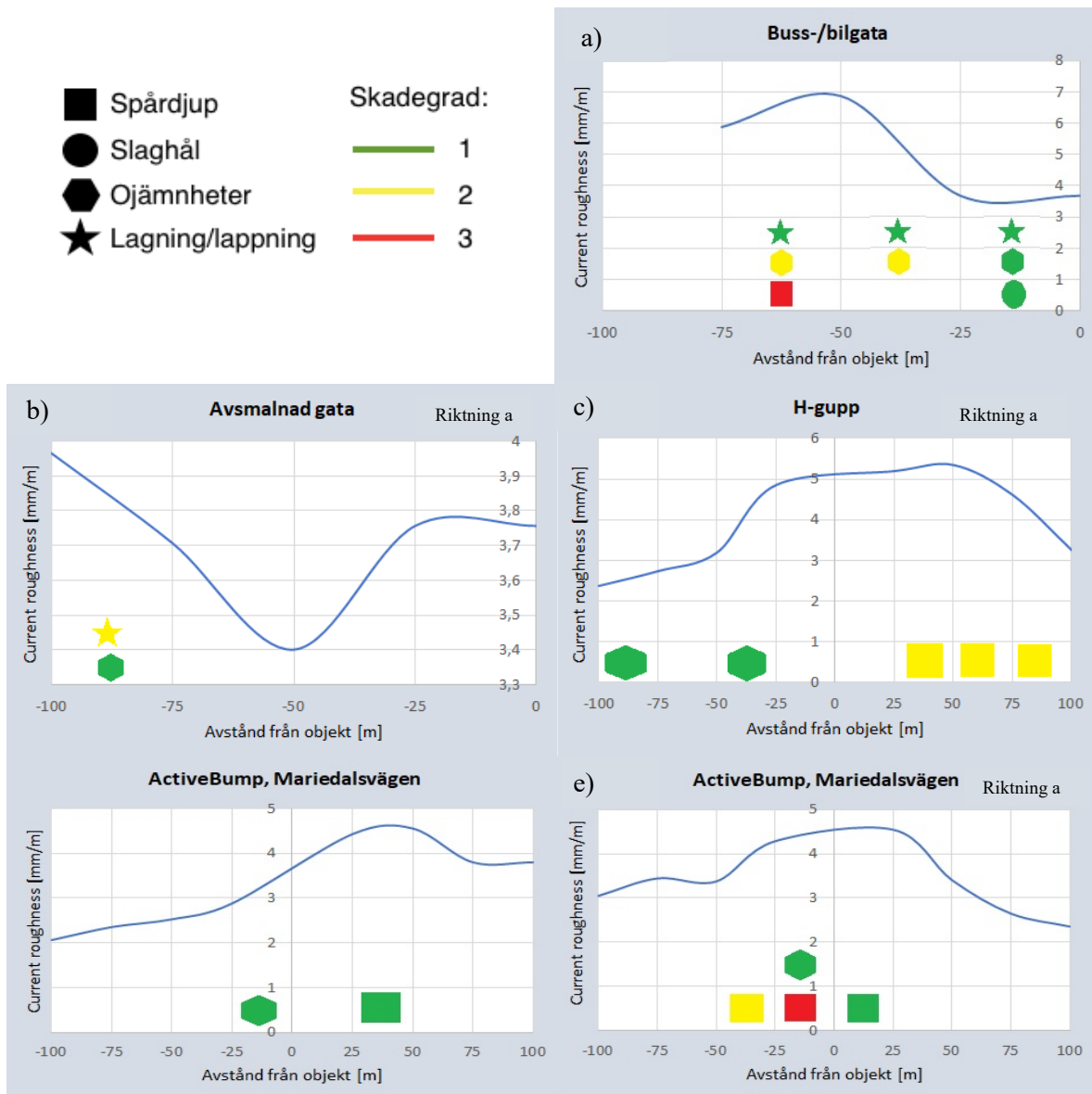
5.2.1 Samband mellan inventering och fordonsdata

En illustrativ jämförelse är i detta fall ett optimalt tillvägagångssätt för att tydligt redogöra ett översiktligt resultat. I syfte av att studera korrelationen mellan fordonsdata och skadebilder från den okulära inventeringen illustreras data i ett diagram. Figurerna nedan (Figur 5–3) visar med hjälp av ett antal linjediagram och symboler om fordonsdata ger en bra indikation på vägens översiktliga tillstånd.

Linjerna anger hur värdet på current roughness varierar med avstånd från det betraktade objektet. Symbolerna åskådliggör de skador som finns på varje delsträcka och är graderade i färger enligt skadegrad 1, 2 och 3. Graferna är indelade i två figurer, där Figur 5–3 är en samling av de samband som visar

tydliga samband och Figuren 5–4 är en samling av de graferna med mindre tydliga samband.

Sammanställningen nedan i Figur 5–3 visar vägtillstånden specificerat i ojämnheter både före och efter olika farthinder, där farthindret har placering 0 på x-axeln. Data som ligger över negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen och data över positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret.



Figur 5–3. Sammanställning av grafer som illustrerar korrelationen mellan fordonsdata och skadebilder från inventering, där objektet har placeringen 0 på x-axeln och negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen medan positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret.

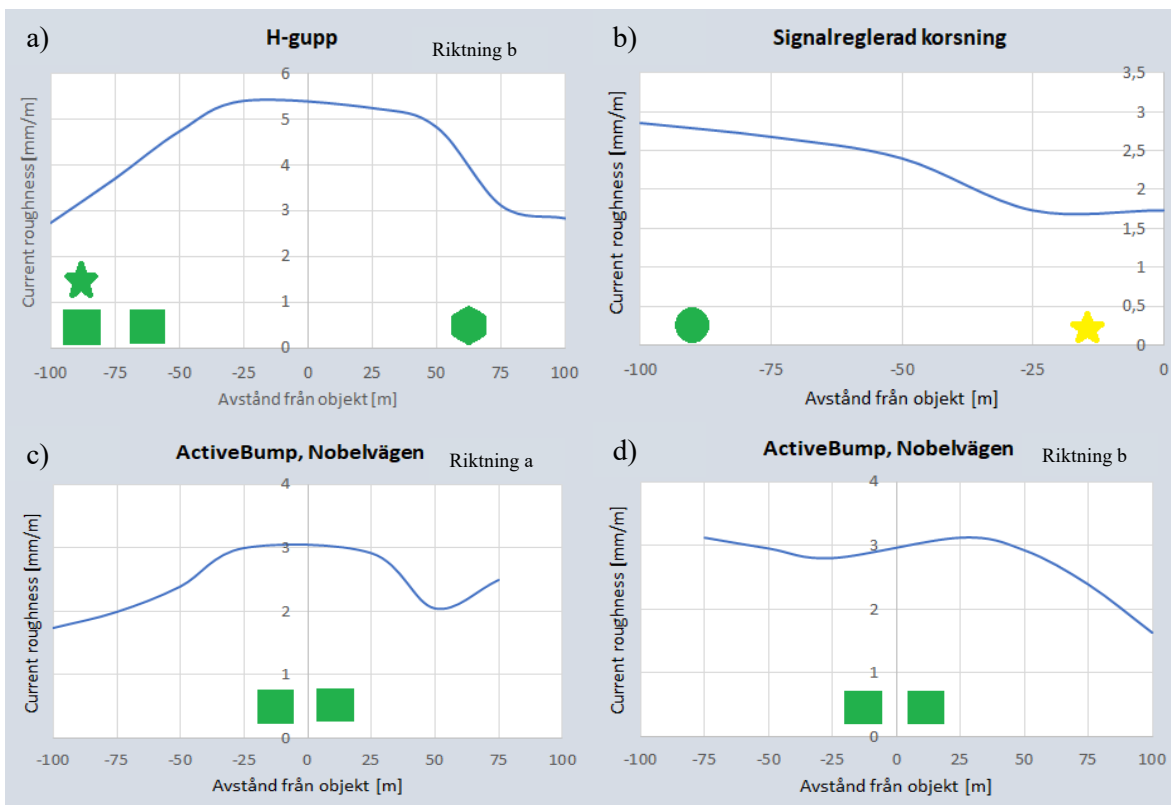
I graferna ovan (Figur 5–3) syns ett tydligt samband mellan linjerna och symbolerna. Fordonsdata i graf a, som illustrera vägtillståndet på Buss-/bilgatan ger lägre utslag i början jämfört med slutet av objektet. Där utslaget är jämförelsevist lågt är skadegraderna för lagningar, ojämnheter samt slaghål bedömda till grad 1. Längre ut på vägen förekommer spårdjup av grad 3 samt slaghål av grad 2 och där syns det tydligt hur utslaget visar ett högre värde på current roughness.

Likadant kan sägas om graf b, H-guppet i riktning a. Det höga värdet i mitten indikerar på guppet som befinner sig mitt på vägavsnittet. Dock kan linjernas nedlutningar diskuteras i relation till skadebedömningen. Före guppet hittas ojämnheter i grad 1 samtidigt som fordonsdata inte ger högt utslag på current roughness. Däremot ges ett högre utslag på fordonsdata efter H-guppet i samband med att spårdjup av grad 2 hittas.

Vid den avsmalnade vägen i graf c ger början och slutet av objektet högt utslag, vilket beror på farthinder som är anlagda just där. Däremot är utslaget längst ut som högst, vilket förmodligen beror på att fordonsdata har fångat upp lagningar av grad 2 och ojämnheter av grad 1.

Graf d som illustrerar Actibump, Mariedalsvägen i riktning b visar ojämnheter och spårdjup av grad 1 precis före och efter farthindret. Spårdjupet ger en kraftig ökning av utslaget, medan ojämnheter inte fångas upp lika kraftigt. Det kraftiga utslaget kan även bero på övergången från farthindrets yta till vägplan. Dock kan detta jämföras med riktning a (graf e) som var i betydligt sämre skick. Utslagets förhöjning sträcker sig längst ett längre avstånd, där skadorna också befinner sig på ett längre avstånd än i riktning b.

Figur 5–4 är en sammanställning av de grafer som inte visar en lika tydlig korrelation som de graferna i Figur 5–3.



Figur 5–4. Sammanställning av grafer som illustrerar korrelationen mellan fordonsdata och skadebilder från inventering, där objektet har placeringen 0 på x-axeln och negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen medan positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret.

H-guppet i graf a har skador av första grad som inte fångas upp tydligt av fordonsdata. Graf b som illustrerar den signalreglerade korsningen har ett lägre värde på den delsträcka som har lagningar i grad 2 än på den sträcka som har slaghål i grad 1. Däremot kan ett litet slaghål bidra till större ojämnheter än lagningar, vilket kan resultera i ett större utslag.

Graf c beskriver vägtillstånden på ett Actibump i Nobelvägen, riktning a. Precis vid objektet framträder ett större utslag än vad ett Actibump bör ge. Däremot visar grafen spårdjup både före och efter objektet, vilket kan dra en parallell mellan fordonsdata och skadorna. Jämförs detta med motsatta riktning i graf d, där utslaget har ett jämnt högt värde kan det konstateras att vägtillståndet i riktning b är sämre trots att skadeinventeringen visar liknande resultat.

5.3 Korrelation mellan fordonsdata och vägytemätningar

5.3.1 Regressionsanalys

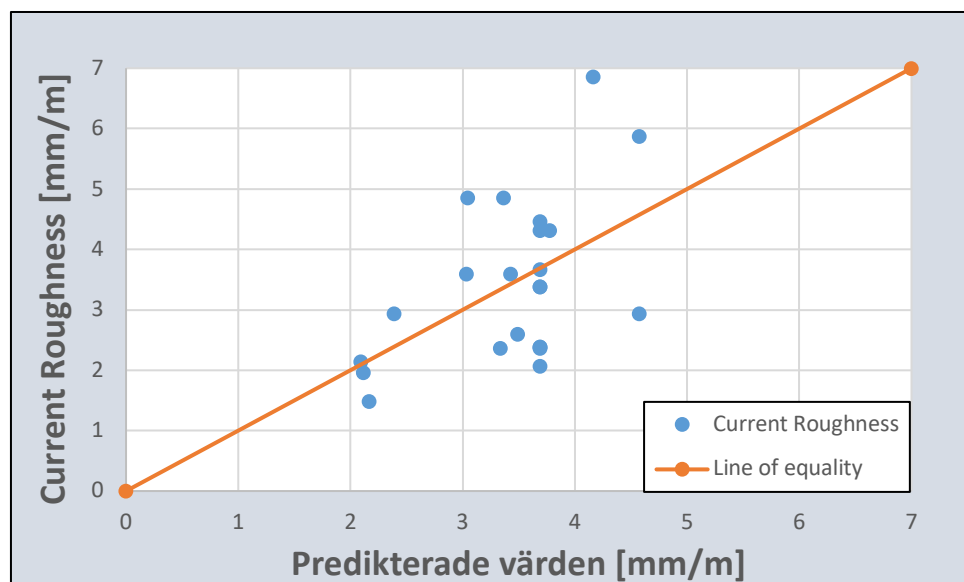
Nedan följer resultatet för samtliga tre utvalda regressionsanalyser. Resonemang kring varför dessa valdes finns under Kapitel 2.5.5. Utestående samband som funnits med olika kombinationer redovisas under Bilaga 4.

Figureerna 5–5, 5–6 och 5–7 nedan illustrerar förhållandet mellan current roughness och predikterat värde utifrån regressionsmodellen. Regressionsmodellen är själva ekvationen som beskriver sambandet mellan variablerna. Ekvationen bygger på koefficienterna som presenteras i tabellerna 5–1 och 5–2. Konfidensintervallets nedre 95% och övre 95% presenterar var den sanna koefficienten finns med 95% sannolikhet och p-värdet ($<0,05$) tyder på att det finns ett statistiskt signifikant samband. N visar hur många datapunkter som ligger till grund för samtliga resultatet.

Första regressionen att presenteras är den som illustrerar sambandet mellan current roughness och ytskador från Rambolls egen inventering. Resultatet hittas i Tabell 5–1. Ekvationen som beskriver sambandet ser ut på följande vis $y = 1,92 + 0,29x$. Detta innebär att när ytskador ökar med 1 enhet, så ökar current roughness med 0,29.

Tabell 5–1. Resultat från sambandet mellan current roughness och ytskador.

	Koefficienter	P-värde	Nedre 95%	Övre 95%	N
Konstant	1,921	0,004	0,668	3,173	23
X-variabel	0,295	0,012	0,071	0,519	23



Figur 5–5. Förhållandet mellan predikterade värden och current roughness baserat på ytskador från Rambolls inventering. Modellens ekvation är $y = 1,92 + 0,29x$ och R^2 värdet är 0,227.

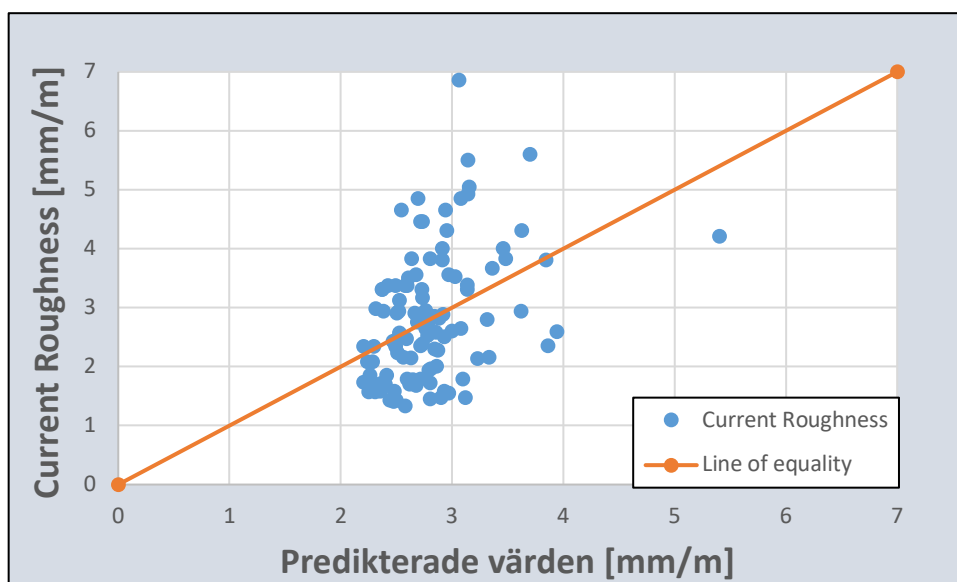
Justerat R^2 är 0,227 för modellen vilket kan beskrivas som modellens förklaringskapacitet. I det här fallet förklarar modellen 22,7% av all variation i current roughness. Dess koefficient ligger med 95% sannolikhet mellan 0,07 och 0,52. Notera att 0 inte inkluderas i detta intervall, alltså kan det med 95%

säkerhet säga att en ökning av ytskador ger en ökning av current roughness. Vilket även stämmer överens med p-värdet som är $<0,012$.

Nästa regressionsanalys som valdes förklarar sambandet mellan current roughness och medelvärdet av samtliga riktningars spår djup. Resultatet presenteras i Tabell 5–2 och ekvationen som illustrerar sambandet ser ut på följande vis $y = 2,0 + 0,2x$.

Tabell 5–2. Resultatet från sambandet mellan current roughness och medelvärdet av samtliga riktningars spår djup.

	Koefficienter	P-värde	Nedre95%	Övre 95%	N
Konstant	1,998	3,6E-18	1,620	2,376	111
X-variabel	0,196	5,8E-6	0,115	0,278	111



Figur 5–6. Förhållandet mellan predikterade värden och current roughness baserat på spår djupsvärden. Modellens ekvation är $y = 2,0 + 0,2x$ och R^2 värdet är 0,205.

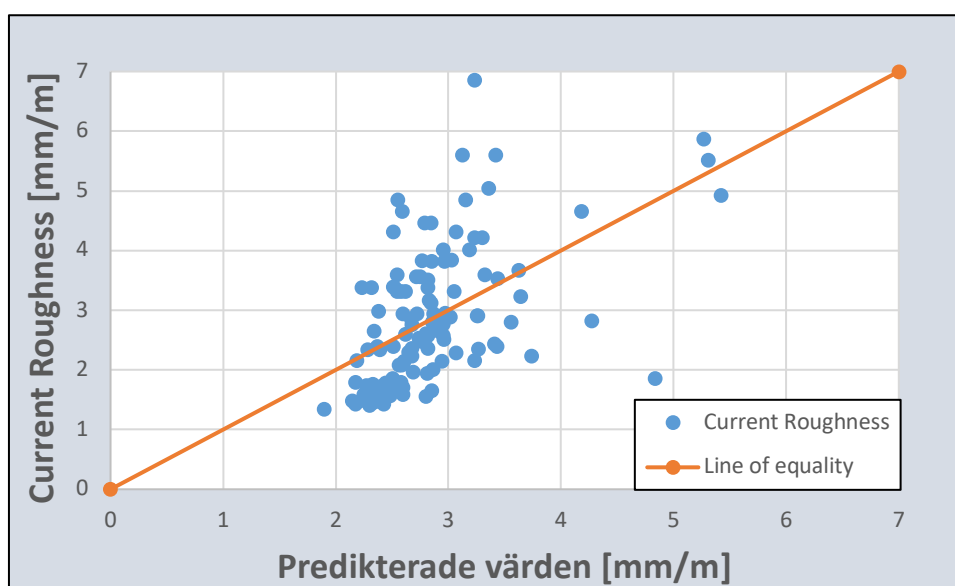
Justerat R^2 är 0,205 för modellen, i detta fall förklarar modellen 20,5% av all variation i current roughness. Av de tre regressionsanalyser som nämnts här har denna den lägsta variationen. För att kunna dra slutsatsen om att ett starkt samband finns mellan variablerna krävs ett R^2 värde på minst 0,9. Men som nämnts i Kapitel 3.2.4 har ett högt R^2 värde ingen större betydelse då avsikten endast är att finna om ett signifikant samband mellan variablerna finns.

Den tredje och sista regressionsanalysen som valdes beskriver sambandet mellan current roughness och medelvärdet av samtliga riktningars IRI-värden.

Samtliga resultat presenteras i Tabell 5–3 varav denna ekvation kan utläsas $y = 1,87 + 0,28x$.

Tabell 5–3. Resultatet från sambandet mellan current roughness och medelvärdet av samtliga riktningars IRI-värden.

	Koefficienter	P-värde	Nedre 95%	Övre 95%	N
Konstant	1,870	6,7E-20	1,534	2,205	120
X-variabel	0,279	4,4E-10	0,198	0,360	120



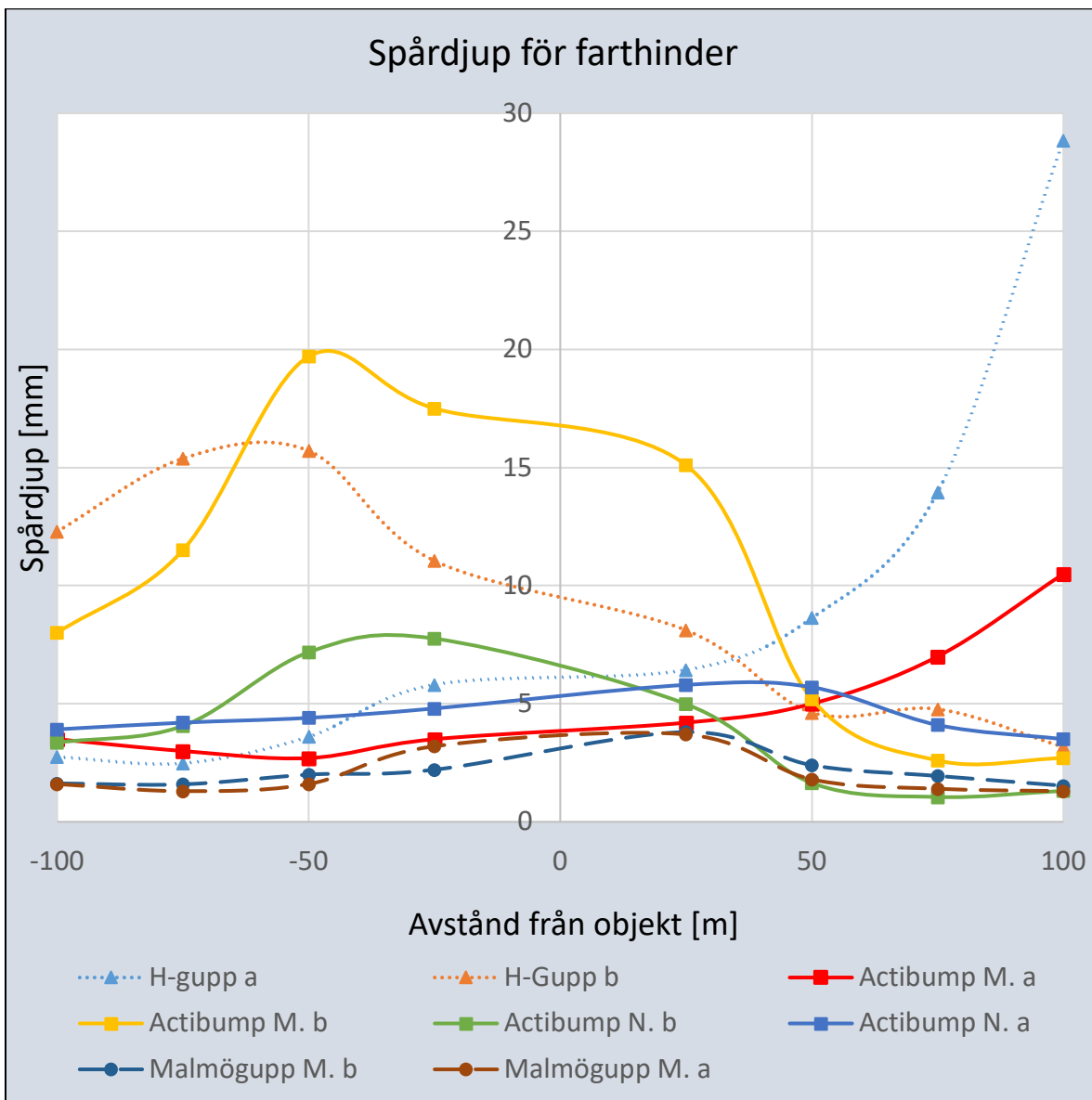
Figur 5–7. Förhållandet mellan predikerade värden och current roughness baserat på IRI-värden. Modellens ekvation är $y = 1,87 + 0,28x$ och R^2 värdet är 0,276.

Det justerade R^2 värdet är 0,276 för modellen och förklara 27,6% av all variation i current roughness. Även för detta fall inkluderas inte 0 i koefficientintervallet. Finns en liten tendens i grafen att höga värden på current roughness och predikerat värde rör sig inåt mot "Line of equality", vilket även avspeglas i variationen.

5.4 Jämförelse av olika utsatta ytor i relation till fordonsdata

5.4.1 Spårdjupsvariation för olika vägavsnitt med avstånd från objekt

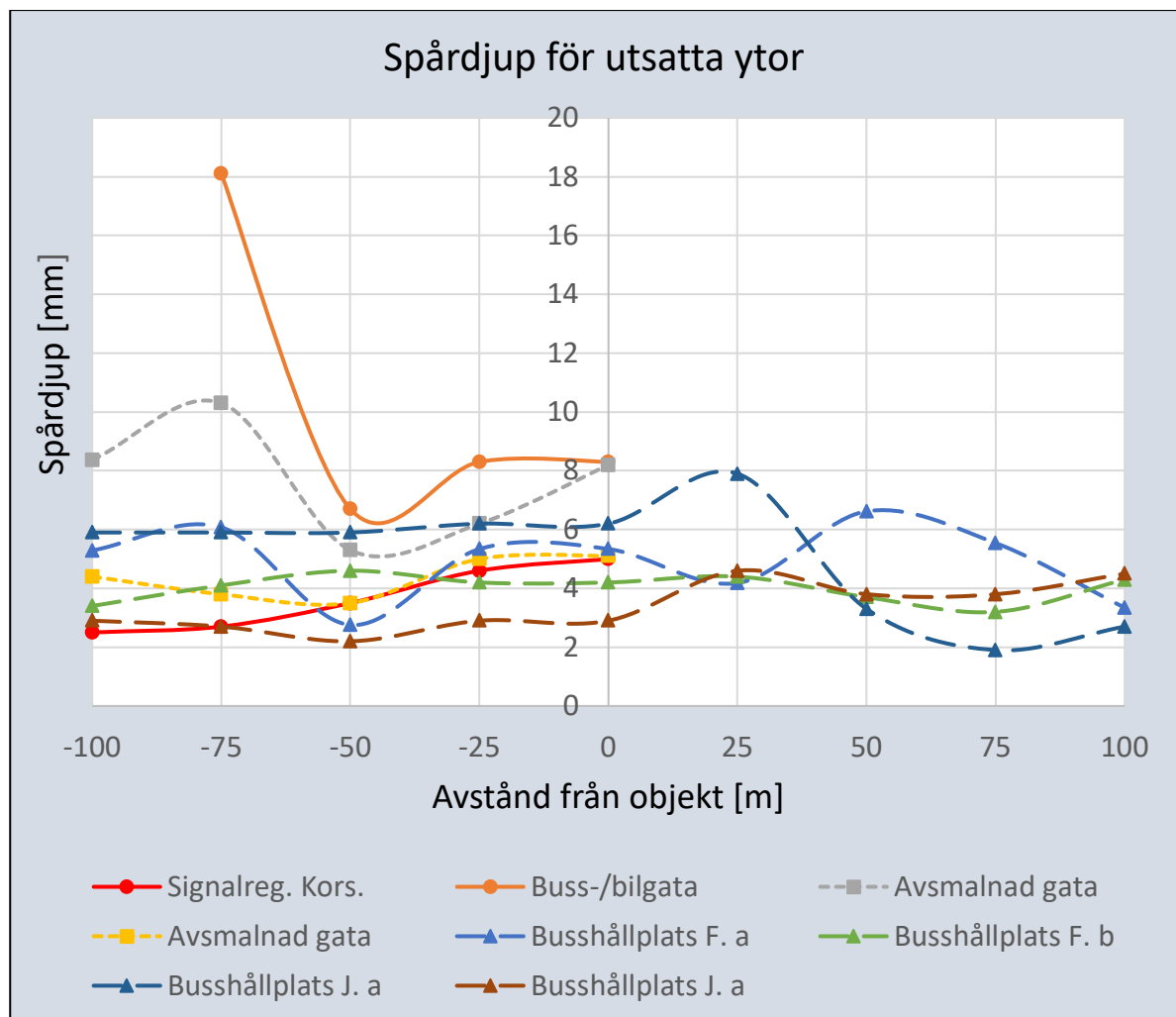
För att få en bättre förståelse hur spårdjupet ändras på vägavsnitten med de olika objekten utförs en studie för spårdjupets variation med avstånd från objektet. Värden på spårdjupet är tagna från Rambolls vägytemätningar. Spårdjupsvariationer för de olika vägavsnitten jämförs mot varandra i två diagram. Figur 5–8 nedan är en sammanställning av de objekten med farthinder och Figur 5–9 demonstrerar resterande utsatta ytor.



Figur 5–8. Jämförelse av spårdjupsändring med avstånd från objekt mellan H-gupp, Actibump och Malmögupp, där objektet har placeringen 0 på x-axeln och negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen medan positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret. N står för Nobeltorget och M står för Mariedalsvägen.

Figur 5–8 visar att Actibump på Mariedalsvägen med riktning b varierar mest i spårdjup. Spårdjupet vid detta objekt är som högst 50 meter innan och 25 meter efter farthindret. H-guppet i riktning b har även en kraftig variation, speciellt innan farthindret där spårdjupet går upp mot drygt 15 mm. Spårdjupet över H-guppet i riktning a har en plötslig och kraftig ökning 50 meter efter farthindret och går upp mot nästan 30 mm. Figuren visar även att Actibump på Nobelvägen i riktning b har drabbats av kraftig spårdjup innan farthindret. Resterande objekt håller en ganska jämn nivå runt 5 mm, men visar en tendens för spårdjupsökning redan 25 meter innan och efter samtliga farthinder.

Figur 5.9 visar en jämförelse av spår djupsmätningar som varierar med avstånd från objektet, på buss-/bilgata, signalreglerad korsning, avsmalnad gata samt busshållplatser,



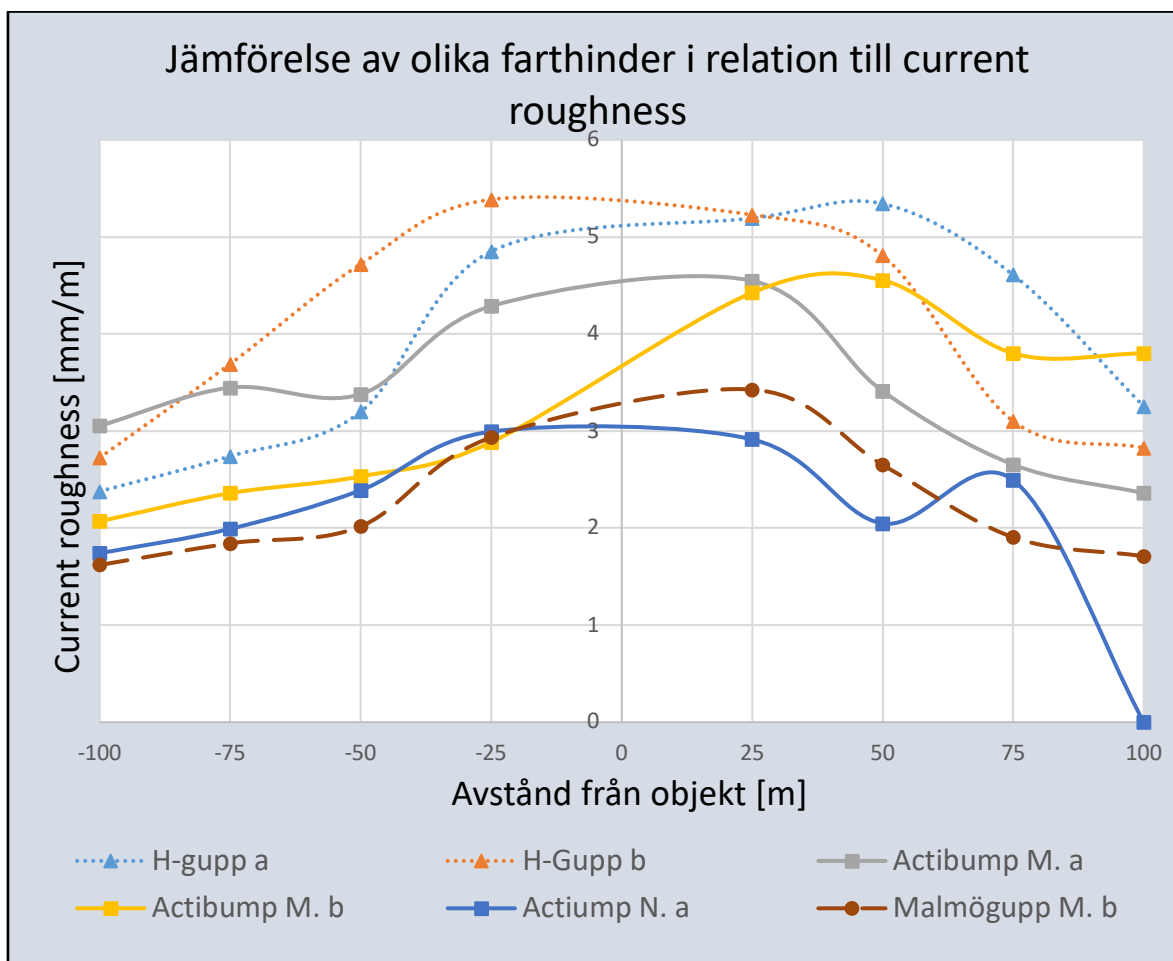
Figur 5–9. Jämförelse av spår djupsändring med avstånd från objekt mellan signalreglerad korsning, busshållplatser, avsmalnad gata samt buss-/bilgata, där objektet har placeringen 0 på x-axeln och negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen medan positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret. F står för Föreningsgatan och J står för John Ericssons väg.

Figur 5–9 visar att högst spårbildning förekommer på buss-/bilgatan, där den varierar mellan 6–18 mm. Spårbildning på den avsmalnade gatan i riktning a når också ett högt värde, upp till drygt 10 mm. Busshållplatsen på John Ericssons väg i riktning a når även värdet 8 mm. Resterande objekt håller nästan en enhetlig nivå, däremot visar diagrammet hur busshållplatsen på Föreningsgatan i riktning a varierar mycket längs hela vägavsnittet.

5.4.2 Jämförelse av olika farthinder i relation till current roughness

Malmö Stad är intresserade av att studera vilka farthinder som är lämpligast i stadstrafik. Detta är en bred fråga, däremot när det gäller nedbrytningsprocessen kan data från Nira och Ramboll hypotetiskt besvara frågeställningen. Denna studie är avgränsad till tre sorters farthinder, därav Actibump, H-gupp och Malmögupp, som studeras inbördes för att kunna få fram en slutsats om vilket farthinder som minst påverkar vägens nedbrytningsprocess. Tillvägagångssättet utgår utifrån en illustrativ överblick och baseras på enbart hur ojämnheter på ett vägsnitt varierar med avståndet från ett farthinder. Ojämnheterna, så kallade current roughness för varje vägsnitt ställs emot varandra i Figur 5–10 och särskiljs med hjälp av olika färger.

Två farthinder utesluts från denna studie med anledning att dessa otydliggör diagrammet och inte medför extra information. Fullständigt diagram med uteslutna farthinder bifogas som Bilaga 7.



Figur 5–10. Demonstrerar hur current roughness på ett antal vägsnitt med H-gupp, Actibump och Malmögupp, varierar med avstånd från farthindret, där objektet har placeringen 0 på x-axeln och negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen medan positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret. N står för Nobeltorget och M står för Mariedalsvägen.

Som grafen (Figur 5–10) ovan visar ger H-gupp något högre utslag i fordonsdata. Det högre utslaget sträcker sig en längre sträcka i jämförelse med resterande kurvor. Anledningen kan vara att avståndet mellan uppfartsrampen och nerfartsrampen är påtagligt längre än konventionella H-gupp. Däremot bör utformningen av detta farthinder beaktas då det är konstruerat i syfte att ge personbilar en kortare ramp jämfört med bussar. Ett fordon som inte passerar H-guppet precis så att det kör igenom de två långa ramperna kör då med ena sida på en högre ytnivå. Med andra ord råkar fordonet ut för ett större gupp och ger därmed större utslag.

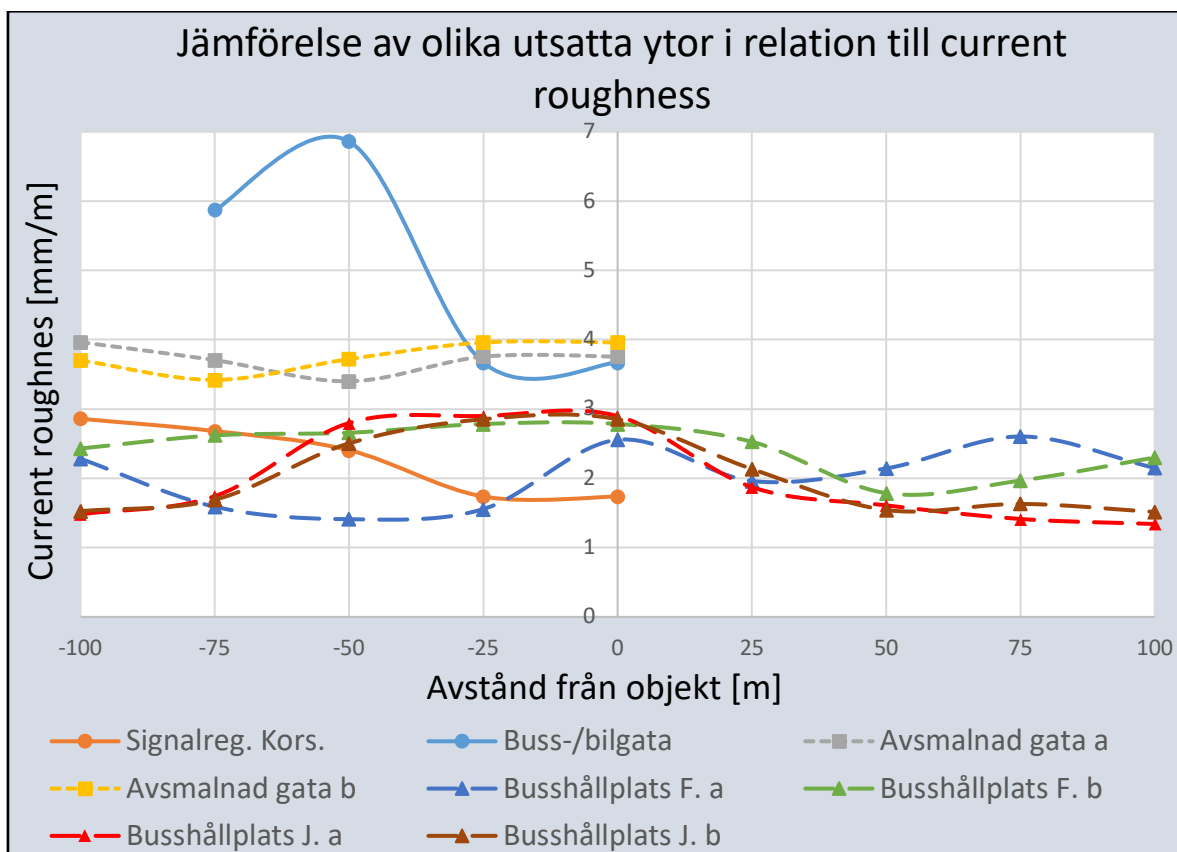
Precis under H-guppet följer Actibump på Mariedalsvägen. Teoretiskt sätt bör ett Actibump inte ge märkvärdiga utslag på grund av att farthindret inte har ett gupp. Detta innebär att fordonsdatas reaktion beror på ojämnheter bortsett från att ett farthinder ger starka utslag. Som kurvan indikerar på är beläggningen precis framför och efter farthindret mer slitet än resterande väg, men håller ändå en hög ojämnhetsnivå läng större den av sträckan.

Vägavsnittet som har näst sämst skick är på Nobelvägen med Actibump. Men hänsynstagande att Actibump inte bör ge kraftigt utslag i fordonsdata i teorin, indikerar det högre värdet på skador före och efter farthindret. I inventeringen tidigare hittades spårdjup både före och efter farthindret, vilket fordonsdata har reagerat på.

Malmöguppet ligger på Mariedalsvägen där vägen är belagd 2019, och belastas av 10 900 fordon/dygn. I grafen ligger Malmöguppets ojämnhetsvariation i plan med Actibump på Nobelvägen, däremot har detta farthinder ett gupp och kommer ge starka utslag på fordonsdata.

5.4.3 Jämförelse av utsatta ytor i relation till current roughness

Det är viktigt att veta hur fordonsdata reagerar på olika utsatta ytor när de jämförs mot varandra för att vara väl informerad om status på de ytor som behöver mer underhåll än andra, och som också med större sannolikhet kan få en oförväntad skadeutveckling. Studien baserar på buss-/bilgata, avsmalnad gata, signalreglerad korning samt två busshållplatser. Figur 5–11 nedan är en illustrativ överblick på hur ojämnheter på ett vägsnitt varierar med avståndet från objektet.



Figur 5–11. Demonstrerar hur current roughness på ett antal vägvsnitt med avsmalnad gata, buss-/bilgata, signalreglerad korsning samt busshållplatser, varierar med avstånd från objektet, där objektet har placeringen 0 på x-axeln och negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen medan positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret. F står för Föreningsgatan och J står för John Ericssons väg.

Diagrammet i Figur 5–11 visar att current roughness på buss-/bilgatan når upp till 7mm/m, vilket är relativt högt till skillnad från resterande objekt. Det lägsta värdet som hittas på detta objekt är cirka 3,5 som även är ett jämförelsevist högt värde på y-axeln.

Ett objekt som ytterligare sticker ut i diagrammet är den avsmalnade gatan. På detta vägvsnitt håller current roughness en relativt jämn nivå längst hela sträckan, dock anses nivån vara hög i jämförelse till resterande objekt.

Övriga objekt håller en ekvivalent nivå, där current roughness för samtliga ligger under 3 mm/m. Däremot bör upphöjningen som vid busshållplatsen på John Ericssons väg beaktas. På vägvsnittet förekommer ett farthinder precis innan objektet, vilket förklarar det förhöjda utslaget.

Busshållplatsen på Föreningsgatan har ett högre utslag precis vid objektet. Utslaget är inte högt vid en skadejämförelse, däremot vid enskild jämförelse signalerar fordonsdata om skadebenägenhet. Alltså att det känsliga området har större benägenhet att brytas ner fortare än vid resterande vägvsnitt.

6 Diskussion

6.1 Resultatdiskussion

6.1.1 Vanliga skador i storstaden

Utifrån inventeringen som genomfördes kunde de skador som uppkommer i största grad på Malmös centrala gatuavsnitt identifieras. Innan utförandet av inventeringen intervjuades Mauritzson för att få en inblick av vilka skador som kan förväntas hittas och varför. Enligt honom kan en förvänta sig skador som slaghål, spårbildning, krackeleringar, ojämnheter och sprickor av olika slag. I takt med den satsning Malmö gjort på kollektivtrafiken ställer det högre krav på vägen. I Malmö har man gjort busskörfält av stabiliserade beläggningar som framför allt hämmar spårbildning. Dock har inte ett sådant objekt studerats i denna studie, i stället studerades två busskörfält med asfaltbeläggning.

De skador som påträffades mest under inventeringen är sprickor och spårdjup. Det förekom även mycket ojämnheter på vägavsnitt som har en äldre beläggning liggandes. Det gäller främst objekt 9 (Buss-/bilgata) och objekt 6 (Actibump). Samtliga objekt som studerades har hög ÅDT där några även har stor andel tung trafik, vilket kan kopplas konkret till de sprickor och spårdjup som identifierats i hög grad

6.1.2 Utsatta ytor med högst current roughness

Efter granskning och analysering av samtliga ojämnhetsdata för diverse utsatt ytor har det visat sig att buss-/bilvägen är det objekt som är i sämst skick. Resultatet visar att det förekommer en stor skillnad i current roughness mellan buss-/bilvägen i Storgatan och övriga objekt. Under studiens gång hittades ingen data på andel tung trafik för detta objekt, men andelen är förmodligen större än andelen personbilar på grund av att vägen begränsar vart bilar får vistas. Den stora mängden bussar som passerar buss-/bilvägen varje dag, som nämnt bidrar till stora dynamiska samt statiska belastningar, men bussarna bidrar även till många inbromsningar och accelerationer på grund av busshållplatserna som befinner sig på vägen. Dessutom medverkar de stillastående bussarna till en stor belastning på vägen. Däremot indikerar inte detta att buss-/bilvägen är det mest skadebenägna objektet. I och med att buss-/bilvägen är försedd med en beläggning som anlades 2002 är det inte mindre än rimligt att denna väg ska vara i sämst skick. Beläggningarna på resterande objekt är inte äldre än 10 år, vilket gör det mer intressant att analysera avsnitten inbördes.

Om en parallell dras mellan skriften *Utsatta ytor* (SKR, 2019) och intervjun med Peter Mauritzson, nämner både att farthinder är de mest utsatta ytorna som kan hittas i stadstrafik. Som nämnt tidigare beror det på inbromsningar,

accelerationer, övergång mellan olika material samt dynamiska belastningar. Dras parallellen med resultatet till denna studie är det märkbart att på vägen precis innan och efter ett farthinder bildas skador snabbare än på resten av vägen, oavsett beläggningsålder. Detta syns tydligt på objekt 4, där skador uppkommer precis före och efter ett Actibump på en beläggning som är relativt nylagt. Objekt 4, med Actibump på Nobelvägen har en beläggning som är i bra skick, men spår har bildats till följd av inbromsningar och accelerationer i samband med farthindret. Objekt 6 är ytterligare ett Actibump på Mariedalsvägen som är i betydligt sämre skick, men motsvarande motivering kan dras då spårdjup och ojämnheter förekommer i högre svårighetsgrader före och efter farthindret. Flera jämförelser mellan olika farthinder visas under Kapitel 6.1.2 men samtliga farthinder kan jämföras med vägtillståndet där det förekommer busshållplatser. De vägavsnitt med busshållplatser, Objekt 3 och Objekt 5, som är betydligt äldre än flera vägar med farthinder är i bättre skick enligt fordonsdata. Enligt *Utsatta ytor* (SKR, 2019) ska vägar med busshållplatser vara mer benägna till plastiska deformationer på grund av statiska belastningar, men studien visar att farthinder är mer benägna för plastiska deformationer, spårbildning och ojämnheter än ytor med busshållplatser, vilket kan bero på att detta utsätts för mer inbromsningar och accelerationer samtidigt som de utsätts för dynamiska belastningar.

6.1.3 Farthinder med högst current roughness

H-gupp

Einarsson och Brorson (2020) nämner i sin studie att de hittar två beteendemönster hos förare som passerar ett H-gupp. Det ena är att ena hjulparet hamnar på den längre rampen och det andra är att fordonet hamnar precis i mitten. När det ena hjulet hamnar på den längre rampen uppstår den kraftiga dynamiska rörelsen som i sin tur inte enbart bidrar till starkare utslag på fordonsdata, utan även till kraftigare belastningar på vägen. Einarsson och Brorson skriver även i studien att 55% tenderar att köra för snabbt framför ett H-gupp. Detta innebär att 55% av passerade fordon gör starkare eller längre inbromsningar än nödvändigt vilket innebär större risk för deformationer att bildas. Denna studie visar att bland samtliga farthinder, tenderar H-gupp till att ge högst utslag på current roughness. Som diskuterat i Kapitel 6.1.1 bidrar dessa farthinder till högst dynamisk rörelse på grund av förarens beteendemönster vid passage av guppet. Det höga utslaget som visas i Figur 5–10 indikerar på en högre dynamisk kraft och kan därför innebära en stark skadepåverkan på vägkonstruktionen och farthindret. Med detta sagt behöver ett fordon som närmar sig ett H-gupp sänka farten till mindre än 30 km/h, vilket inte enbart innebär kraftigare retardationer och accelerationer som sliter på vägytan, utan ger även upphov till större statiska belastningar, därav ojämnheterna. För att konkretisera vägtillståndet bör ytterligare information vägas in i analysen, bland

annat att beläggningsen samt farthindret anlades 2019 och vägen har en beräknad ÅDT på 3400 fordon/dygn. Det vill säga att vägen är relativt ny och hyfsat lågt belastat, vilket stärker resonemanget att de dynamiska och statiska belastningarna har en hög skadeinverkan som avspeglas i diagrammet.

Actibump

Ett Actibump ska i teorin inte ge höga utslag på fordonsdata då farthindret är utformat utan ett gupp. Einarsson och Brorson beskriver i sin studie *Utvärdering av olika farthinder på Malmös huvudgator* (2020) att enbart 5% kör för snabbt framför ett Actibump, men de som upptäcker farthindret för sent gör kraftiga inbromsningar, därmed även kraftig acceleration efter passage. Det gjordes även en enkät som visar att 79% tycker att Actibump inte uppmärksammas lika mycket som passiva farthinder. Med detta sagt kan den lilla andelen kraftiga inbromsningarna ha stor påverkan på vägdeformationer.

Actibump på Mariedalsvägen har i stort sett en sliten beläggning som anlades 2016 och är tungt trafikerat med en ÅDT på 17 300 fordon/dygn med 3% tung trafik. Den stora mängden trafik som passerar farthindret vardagligen är i sig en stor belastning, däremot har farthindret en kamouflerande effekt i vägen, vilket medför konsekvenser som att trafikanter inte i förväg bromsar långsamt, vilket i sin tur innebär kraftigt slitage av vägytan. De plötsliga inbromsningarna som sker vid aktivering av ett farthinder belastar vägen med statiska belastningar framför farthindret, vilket kan förklara ojämnheter och spårdjup före och efter ett Actibump. Med egna resonemang kan den psykologiska aspekten diskuteras, där Actibump är nytt för förare i jämförelse med konventionella farthinder. Detta kan leda till att förarna bromsar in plötsliga och mer än nödvändigt som konsekvens av en osäkerhetskänsla. Den långsamma hastigheten kan då också bidra till ytterligare statiska belastningar.

Beläggningsen på Nobelvägen anlades 2017 och har en relativt hög ÅDT med 14 900 f/d. I och med att dynamiska rörelsen orsakar större belastningar på vägen och att Nobelvägen som helhet är i bra skick kan slutsatsen dras att spårbildningen före och efter farthindret inte orsakas av vägens övriga tillstånd. Vägtillståndet på detta objekt förstärker resonemang att spårbildning framför och efter ett Actibump uppkommer på grund av belastningsorsakerna nämnda i ovanstående stycke.

Malmögupp

Malmöguppet är det farthinder som gav bäst resultat i ojämnhetsdata med current roughness. Einarsson och Brorson (2020) beskriver att 28% kör för fort framför ett Malmögupp, däremot visar de i beteendemönsterstudien att fordon tenderar att sluta accelerera en bit innan farthindret och accelererar mjukt upp i hastighet efter. Inbromsningar och accelerationer framför detta objekt har visat

sig ha liten påverkan på vägslitage i jämförelse till resterande farthinder. Däremot kan värdets ökning efter farthindret i Figur 5–10 resoneras med accelerationer som vägen utsatt för. Apropå skadeinventeringen för denna sträcka, där inga skador hittades och kurvans placering i diagrammet kan slutsats dras att i denna studie har Malmöguppet bidragit till minst påverkan på vägens nedbrytningsprocess.

6.1.4 Samband mellan skador och current roughness

Skador som studerats under skadeinventeringen och jämförts med fordonsdata har samband med current roughness i olika grader. Studien visar att fordonsdata reagerar mest på spårdjup och ojämnheter, då de ger högt utslag även om graden enbart är 1. Den subjektiva bedömningen konstaterar att utslaget ökar ju fler olika skador det är som förekommer på delsträckan samt ju högre skadegrad. Det är troligt att slaghål också ger kraftiga utslag, däremot beror fordons passage över ett slaghål på skadans placering. Slaghål täcker vanligtvis enbart några cm av en väg och förekommer inte nödvändigtvis vid hjulspår. Därför råder inte registrering av denna skada lika ofta som registrering av spårdjup samt ojämnheter.

Studien visar att utslag ger en oväsentlig skillnad på vägar där lagning och lappning förekommer, vilket praktiskt sett är ett väntat resultat. I den signalreglerade korsningen finns lagning i grad 2 som ger mindre utslag än slaghål i grad 1. Lagning i grad 2 ger även mindre utslag än på den delsträcka där båda lagning och spårdjup förekommer i grad 1 (vid H-gupp med riktning b). Det intressanta är att delsträckan med både lagning och spårdjup i grad 1 ger mindre utslag än delsträckan med enbart spårdjup i grad 1. Självklart kan detta bero på att grad 1 varierar mellan 0–20 mm och kan därmed ge olika styrkor på utslag, men det visar att fordonsdata reagerar på lagningen i ringa mängd.

Regressionsanalyser

Den metod Ramboll använder för sina inventeringar är standardiserad vilket inte är fallet på den inventering som denna studie är baserad på. Det blir därmed en objektiv bedömning av samtliga inventerade objekt, vilket innebär att olika skador i detta fall kan uppfattas annorlunda från person till person. På grund av denna anledning valdes resultatet från regressionsanalyserna på studiens egen inventering bort. I ett av de bortplockade resultaten fanns det indikationer på samband mellan current roughness och ojämnheter vilket även ut speglades i resultatet från jämförelsen av fordonsdata och skadebilder.

De variabler som har haft mest korrelation med current roughness är IRI-värden och spårdjup. Det beror främst på att mest data erhöles från dessa två variabler. Ojämnheter längs vägens tvärled förknippas oftast med skador som spårbildning. Ett fordon som framförs i körriktningen utsätts därmed inte mot

ojämnheter, det är inte förens föraren svänger av hjulspåren som de tvärgående ojämnheterna känns av. Till skillnad från spårdjup så är IRI-värden förknippade med längsgående vägojämnheter, det vill säga att fordonet kan utsättas för oförutsägbara ojämnheter på vägbanan.

I samtliga grafer 5–5, 5–6 och 5–7 finns det enstaka fall var skillnaderna på datapunkterna är stora. En punkt med ett current roughness värde närmre 7 återfinns i alla tre grafer. Denna punkt hittas på objekt 9 nämligen buss-/bilgata av vilken endast totalt tre dagar fordonsdata under en månad är uppsamlad. Detta ger indikationer på att mängden bilar som samlar fordonsdata är låg. Att ett så pass högt current roughness värde uppsamlas ena dagen kan därmed bero på att en bil passerat ett slaghål eller en ojämnhet av högre skadegrad. Det går dock inte med säkerhet att säga att just detta påverkat resultatet, utan detta är endast baserat utifrån egna reflektioner.

6.1.5 Samband mellan spårdjup och current roughness

Bland samtliga farthinder är det H-gupp som får högst utslag på current roughness. Actibump på Mariedalsvägen ligger även högt i Figur 5–10. Vid spårdjupsmätningar är det både H-gupp och Actibump på Mariedalsvägen som ger högst värde. Malmöguppet är det farthinder som ligger bäst till, alltså längst ner i diagrammen för både spårdjupsmätningar och fordonsdata i Figur 5–8 samt 5–10. Figur 5–8 visar att vid Actibump på Nobelvägen förekommer en hel del spårdjup men Figur 5–10 ger detta farthinder ett lägre värde på current roughness. Detta kan förklaras med att farthindret inte har ett gupp, därmed beror upphöjningen för detta enbart på utslag på skador. Som slutsats kan parallellen dras att spårdjupsmätningar och fordonsdata med current roughness hänsyn till flera typer av ojämnheter utöver spårdjup vilket resulterar i mindre skillnader på resultat.

6.1.6 Vägtillståndets förändring över tid

Arbetet är baserat på fordonsdata som är registrerat över cirka en månad, vilket inte är en tillräcklig period för att med säkerhet se vägtillståndsändringar. De avsnitt som tydligast går att urskilja och förändras över en kortare tid är de vid busshållplatsen på Föreningsgatan. Som resultatet visar på är det framför allt delsträckorna 25 meter innan till 25 meter efter busshållplatserna som ger störst förändringar i current roughness. Å andra sidan är det viktigt att påpeka att förändringarna hade låga R^2 -värden som varierar mellan cirka 0,2–0,3, vilket innebär lågt sambandgrad. Vad beror denna förändring på? Det finns olika möjliga orsaker till att nedbrytningen går fortare på just dessa ytor och det intressanta är att sträckorna ligger precis intill varandra, rättare sagt 20 m innan och 20 m efter busshållplatsen. Beläggningen är en ABS 11 som byttes senast år 2016. Vad som är rätt eller fel är svårt att säga utan några ingående tester ute

på vägen (till exempel bärighetstester), med hjälp av tidigare forskning och vetenskap kan skulden med stor sannolikhet läggas på bussarna som klassas som tunga fordon. Skadlighet av en buss på vägkroppen kan uppges till 20 000 gånger större jämfört mot en personbilens skadlighet, beräknat enligt fjärdepotensreglen (beroende på axeltryck). Med dessa krafter som bussarna belastar vägkroppen med blir retardationer och accelerationer mer kritiska för beläggningsen precis vid hållplatserna. Vägkroppen utsätts även för statiska belastningar när bussen står still för att hämta upp passagerare. Den statiska belastningen kan ge upphov till olika deformationer. Vid busshållplatser är det vanligt att beläggningsen utsätts för plastiska deformationer framför allt på sommarhalvåret.

Det är svårt att dra någon slutsats vad som kan ha påverkat denna förändring dessutom kunde inget märkvärdigt identifieras under inventeringen, framförallt då tidsperioden är allt för liten. Däremot bör en yta inte förändra sig på 40 dagar, vilket innebär att något är fel med antingen beläggningsen eller beräkningar. R^2 värdet visar inget starkt samband, men det visar att det finns en svag tendens att current roughness fortsätter öka över tid. Med andra ord är det viktigt att studera vidare med en längre dataserie för att avgöra och dra slutsatser.

För övriga avsnitt som studerades utöver busshållplatserna var det svårt att urskilja om någon tydlig förändring på current roughness skett över tid. Däremot generellt för farthindren fanns det en benägenhet till att de dynamiska lasterna ger ett högre och varierande värde på current roughness. Det är dock ytterst svårt att urskilja om dessa laster har en påverkan på nedbrytningsprocessen då intensitet av gungning varierar kraftigt i mätresultatet som följd av att körhastigheten påverkar gungningen. Ett fordon som passerar ett gupp fort utfärdar ett högre värde i current roughness än i lägre hastighet.

6.2 Metoddiskussion

6.2.1 Utvalda objekt

I stort sett är gator och centrala vägar i bättre skick än lokala vägar. Beläggningsen byts kontinuerligt för att hålla en god framkomlighet, tillgänglighet och säkerhet då dessa är mer trafikerade än lokala gator och vägar. Utifrån detta, hittades inte många skador på de studerade vägarna, däremot fokuserar inte denna studie på kvantiteten av skador. Då jämförelse görs på korrelationen som finns mellan vägskador och fordonsdata kan det vara en fördel med en lägre kvantitet för att identifiera vilket skada det är som ger utslag. Detta innebär att den låga kvantiteten ger upphov till mer specifikbaserad bedömning. Det är däremot en självklarhet att när mängden skador är färre försvagas sambandet och den slutgiltiga bedömningen. Ifall studien hade baserat på vägar med högst current roughness eller vägar som anses vara i sämst

tillstånd enligt Rambolls skadeinventeringar, skulle en mer konkret jämförelsebedömning kunnat göras mellan hur en sorts skada fångas upp av fordonsdata under olika omständigheter. Därmed skulle en starkare parallell kunna dras mellan skador och fordonsdata. Hade en stor mängd data för likadana skador studerats hade resultat kunnat tas fram för hur data reagerar på en sorts skada i olika förhållanden samt på olika skador gentemot varandra.

Då studien är grundad på utsatta ytor i med högre trafik är det viktigt att veta hur skador påverkas av trafiken snarare än av åldring. På centrala vägar som åtgärdas kontinuerligt kan skador som bildats under en kort period samt skadeorsaker identifieras. Förmodligen hade en äldre beläggning haft högre current roughness, exempelvis buss-/bilgatan, men bedömning av skadeorsaker begränsas då beläggningsålder har en hög inverkan. Beläggningar på centrala vägar är relativt nya, vilket innebär att en tydligare jämförelse kan göras mellan hur vägen reagerar vid ett objekt kontra några meter innan/efter ett objekt. På detta sätt kan utsatta ytor särskiljas från trafiken och specifika bedömningar kan utföras.

Guppets påverkan på resultat

De vägavsnitt som har ett gupp är svårare att bedöma än vägavsnitt utan gupp då guppet i sig ger upphov till dynamiska rörelser. Dessa dynamiska rörelser fångas upp av fordonsdata och registreras som en typ ojämnheter, vilket kan ses i Figur 5–10. Då guppets upphov till dynamiska rörelser ger utslag påverkas även bedömningen av hur starkt sambandet mellan fordonsdata och skadebilder är. Då Nira sammanställer data i segment av olika avstånd, där current roughness är redovisat i medelvärde av segmentavståndet är det svårt att veta om upphöjningen som visas i diagrammet beror på att guppets medelvärde över segmentavsnittet eller om det beror på skador. Av denna anledning gjordes studien som redovisar spårdjupet för varje vägavsnitt, vilken visade att det finns spårdjup precis innan och efter varje farthinder. Utifrån detta kan en parallell dras mellan de två studierna att fordonsdata fångar upp skadorna vilket i sin tur förlänger utslaget i diagrammen och även vid vissa tillfällen ses en upphöjning efter guppet.

Skador vid traditionella farthinder uppträder oftast precis innan, vilket beror på att det bildas en svag punkt så kallad skarv vid övergången där två olika material möts. Att följa upp huruvida dessa skador förändrar current roughness värden är svårt, eftersom då skadorna ligger i direkt kontakt med farthindren blir det i princip omöjligt att urskilja vad egentligen fordonsdata ger utslag på.

Busshållplatserna på John Ericssons väg har ett gupp precis innan busshållplatsen. De skador som hittas runt detta objekt låg i nära relation till guppet, vilket resulterade i att man inte kan avgöra om utslag beror på guppet

eller på vägskadorna. Som följd kunde inga jämförelsestudier göras för detta objekt.

Bortvalda farthinder

Det är svårt att säga vilket gupp som är mest anpassat för stadstrafiken i Malmö då vi har för låg kvantitet av samma guppvariant. Exempelvis kan ingen direkt slutsats dra om H-gupp påskyndar nedbrytningsprocessen på vägar mer än resterande farthinder. För att kunna utföra rättvis bedömning och veta hur H-guppet agerar på olika vägar, med olika beläggningsår samt olika ÅDT behövs fler av samma sort. Det skulle behövas åtminstone tre farthinder av samma typ där beläggningsår, ÅDT och trafikomständigheter samt vägmiljö varierar, där övriga komponenter som kan påverka bedömningen utesluts, exempel busshållplatser, avsmalnade gator och andra utsatta ytor. Analysen som helhet blir ensidigt och tar ej hänsyn till komponenter som kan påverka då man ej har ett jämförelseperspektiv inom varje sort.

Resultatet som fåtts för Actibumpen har däremot givit en relativt bra bedömning där jämförelse mellan två farthinder av samma typ kunnat göras under olika förhållanden och omständigheter. Båda objekt visade sig vara utsatta av trafiken, men det kan ändå vara intressant att tillägna en studie åt större kvantitet av olika typer av farthinder. Det hade även varit intressant att veta hur dessa farthinder uppträder i olika typer av vägar där de har samma beläggningsår. Detta ger ett tydligare resultat på hur olika vägtillstånd förändras på grund av olika farthinder inom samma tidsram.

6.2.2 Signifikanta nivåer

Datamängden som var tillgänglig för denna studie är begränsad till cirka en månad, vilket dels berodde på ekonomiska skäl. För att ge en indikation på hur liten del av beläggningsens livslängd det är kan man jämföra det med hur regelbundet till exempel beläggningsytan vid en busshållplats byts. Beläggningsytan byts vartannat/var tredje år beroende på hur utsatt ytan är. Endast detta indikerar på att förändringarna över en månad inte borde inte några signifikanta förändringar på nedbrytningsprocessen. Vilket även återspeglades i resultatet. Däremot har viss tillståndsförändring visats vid ett fåtal vägvagnsnitt, vilket kan bidra till att ytterligare studier kring det observerade vägvagnsnittet.

Buss/bilgata var det objektet med minst mätningar, med enbart tre dagars insamlad datamängd finns det en viss felmarginal i analyserna som kretsats objektet. För ett säkrare resultat generellt sett hade ett större urval datamängder behövts för att se tydliga samband och ändring över tid. Men även för att stärka resultatet från utförda regressionsanalyser.

6.2.3 Kvalitativa studier

Peter Mauritzson utför inga objektbaserade inventeringar, utan han fokuserar på större vägvagnsnitt och bedömer vägen som helhet. Därför blev det svårt att få ut erfarenhetsbaserade tips för tillvägagångssättet. Därutöver utfördes intervjustudien med enbart en person. Studien hade varit starkare ifall det hade funnits två perspektiv att jämföra mot varandra. Det är inte säkert att hans synpunkter speglar den generella uppfattningen i Sverige, men den totala erfarenheten är trots allt 30 år. Dessutom hade den andra kandidaten kunnat vara från en beställares perspektiv då Peter Mauritzson är en konsult.

6.2.4 Dataanalys

Den fordonsdata som erhöles var relativt svår att handskas med eftersom produkten är under utveckling. Varje enskilt segment togs fram med hjälp av en webGIS verktyget RIMS varav segmentens avstånd inte kunde urskiljas direkt från kartan, utan en egen bedömning av avstånden gjordes. Därmed är uppskattningen av segmentavstånden en felkälla som varierar med ± 5 m. Däremot är skillnaden på felmarginalens värde på current roughness och delsträckans säkerhetsställda värde på current roughness, vilket innebär att denna felkälla inte bör påverka studiens resultat enligt egna bedömningar.

Inventeringen kan till viss del ifrågasättas när det kommer till hur pass väl det speglar en vägs tillstånd då endast hänsyn tas till de skador som syns på vägytan. En väg kan likaväl inneha inre strukturella skador som inte syns på vägytan. Större och mer avancerande undersökningar bör därför genomföras för att undersöka vägens tillstånd. Det är dock upp till kommunerna själva att bedöma den ekonomiska biten i relation till nyttan. En annan felkälla från inventeringen som kan ha haft en direkt inverkan på resultatet är svårigheten med att identifiera skadetyper. Nedan följer en förklaring för att få en djupare förståelse:

För att få djupare förståelse för osäkerheten vid inventeringens bedömning kan det förklaras på följande vis; När man går till läkaren utförs en allmän bedömning av personens hälsotillstånd. I de fall där de yttre symptom tyder på något allvarligare skickas man till en specialist för grundligare undersökningar. Däremot är det vanligt att yttre symptom inte uppenbarligen speglar djupare hälsoproblem och på grund av ekonomiska skäl och andra resurser skickas inte personen vidare för vidare behandling. Det är vanligtvis upp till läkarna att bedöma om ytterligare granskning bör ske eller ej.

Regressionsanalyserna utfördes på samtliga variabler, IRI-värden, spårdjup och både Rambolls samt egna inventeringar. Främst på spårdjup och IRI-värden då mest data erhöles från dessa. Kombinationerna som testats i analyserna togs

fram på egen hand. Ett bättre systematiskt tillvägagångsätt där sambanden och kombinationerna tagits fram och diskuterats i dialog med handledare hade stärkt resultatet ytterligare.

7 Slutsatser och rekommendationer till vidare studier

7.1 Slutsatser

Fordonsdata är en teknik som kan användas för att optimera vägunderhåll och erhålla statistik för vägars nedbrytning. I detta examensarbete har samband mellan fordonsdata och vägytemätningar samt skadebilder från inventeringen hittats, även om mängden data för studien var relativt liten.

Vid extrema fall kan den signifikanta nivån på 30–40 dagar som studeras i arbetet tyda på ändringar av vägtillståndet. Däremot räcker inte denna signifikanta nivå för att med säkerhet kunna avgöra om det är en kraftig försämring av vägtillståndet. Data över en månad kan ge en indikation på vägens tillståndsförändring, som kan bidra till ytterligare studier av den drabbade vägen. Data över en månad kan även indikera på sträckor som behöver repareras innan ytterligare skador försämrar vägen mer. Således räcker inte en månad för att avgöra och det är svårt att med säkerhet besvara vilken signifikant nivå som behövs då detta inte har testats.

Fordonsdata fångar upp vägskador som ger upphov till en ojämn körning. De skador som mest ger utslag är ojämnheter och spårdjup. Utslaget ökar vid högre skadegrad. Fordonsdata tenderar även att reagera på slaghål, men utslag på lagning ger en försumbar skillnad i current roughness.

Studier visar att det finns en sannolik korrelation mellan fordonsdata och vägytemätningar (spårdjup & IRI). Störst korrelation återfinns mellan fordonsdata och IRI mätningar då IRI mäter ojämnheter i vägens längsled, vilket är rimligt då fordonsdatas uppgift är att spegla IRI. Korrelationstester gjordes även mellan fordonsdata och inventeringsmätningar men utan något vidare resultat, på grund av för få värden. Detta innebär att en större mängd data behöver studeras för att finna signifikanta korrelationer i förhållande till fordonsdata och inventeringar.

Vid analyser av spårdjupsmätningar framkom spårdjup före och efter Actibump, vilket fordonsdata reagerade på. Detta innebär att ett samband hittas mellan current roughness och spårdjupsmätningar. Vid Actibump på Mariedalsvägen i riktning b och H-gupp förekommer mest spårdjup, medan fordonsdata reagerar starkast på ojämnheter framför H-gupp. current roughness reagerar minst på Malmögupp och Actibump på Nobelvägen, medan Malmögupp visar sig ha spårdjup. Buss-/bilgatan och avsmalnad gata ger högt utslag på både fordonsdata och spårdjupsmätningar. Övriga objekt erhåller en låg nivå vid både mätningarna. Slutsatsen är att current roughness tar hänsyn till flera typer av ojämnheter utöver spårdjup vilket resulterar i mindre skillnader på resultat.

Under arbetets gång har olika utsatta ytor haft olika påverkan på vägens nedbrytningsprocess. Avsmalnade gator belastas extra mycket till följd av trafikens spårbindenhet, särskilt om det förekommer tung trafik. Buss-/bilgatan påverkas av tung trafik dagligen, vilken påskyndar nedbrytningsprocessen. Därför behöver dessa vägar förstärkas. Busshållplatser är utsatta för tunga statiska belastningar, men även accelerationer av tunga fordon. Farthinder följer ett mönster ojämnheter och spårdjup bildas vid farthindret även om vägen är nylagd och skadefri, vilket orsakas av mängden inbromsningar, accelerationer och statiska samt dynamiska belastningar. Apropå skadeinventeringen för objektet med Malmögupp, där inga skador hittades och kurvans låga placering i diagrammet kan slutsatsen dras att i denna studie har Malmöguppet bidragit till minst påverkan på vägens nedbrytningsprocess.

7.2 Rekommendationer till vidare studier

Nedan presenteras ett antal förslag på fortsatta studier som antingen kan bredda kunskapen på området eller ytterligare bygga vidare på arbetet som presenterats i denna rapport.

- Rambolls webGIS verktyg RIMS särskiljer inte körfält, vilket bidrog till att i denna studie gjordes en samlad bedömning av hela vägens yta, det vill säga ett medelvärde av current roughness i båda körriktningar. Framöver när verktyget RIMS utvecklas sådant att körfält kan särskiljas, bör likadan studie genomföras för bättre och stärkta resultat.
- Vidare studier på detta arbete med en större mängd objekt och fler dataserier.
- På grund av att centrala beläggningar byts kontinuerligt är det intressant att studera hur långa tidsintervall en ny studie skulle behöva innehålla. Detta kan göras genom att studera vägavsnittets hela livslängd, alltså från när beläggning är helt ny till det är dags att bytas. Detta kan resultera till att veta hur lång tid det behövs för att samla in data som faktiskt ger ett resultat samt identifiera nödvändiga signifikanta nivåer.
- Studie fokuserat på större urval av enbart farthinder i Malmö stad. Jämförelse sker med hjälp av current roughness och kan korreleras med skadebilder som får genom skadeinventeringar samt vägytemätningar.
- Okulär inventering är en subjektiv arbetsmetod vilket innebär att olika konsulter har olika bedömningar av en väg. Följaktligen kan fortsatt studie baseras på att korrelera fordonsdata med inventering som utförts av en viss konsult inom hela Malmö, med syfte att finna tydligare samband mellan current roughness och skadebilder.

- Utföra liknande studie på en del av objekten som skall läggas om på nytt till sommaren år 2021. Det gäller framför allt Actibump på Mariedalsvägen och Buss/bilgata på Davidshallsgatan.
- Studera vägen i mars år 2022 och jämför med data för mars år 2021 i syfte att analysera hur current roughness har utvecklats ett år.

8 Referenser

- Agardh, S. & Parhamifar, E (2014). Vägbyggnad. 1 red. Stockholm: Liber AB.
- Andersson-Vass, V- (2015) *Temperatursprickor i betong*, Stockholm. ISSN 1103–4297.
- Asfaltboken (1999). *Asfaltboken*. Tillgänglig: <https://asfaltboken.se> [Hämtad 2021-03-24]
- Benders (2019). *Spikma Vägkudde*. Benders Sverige AB. Tillgänglig: <https://www.benders.se/sortiment/infrastruktur/trafikprodukter/vagkompletteringar/vagkudde/> [Hämtad 2021-03-23]
- Carlén, A. (2013). *Metod för att beräkna dynamiska hjullaster på vägbanan*. Lunds Tekniska Högskola. ISSN 1653–1922.
- Edeva (u.å.) *How it works*, Actibump. Tillgänglig: <https://www.actibump.com/how-it-works/> [Hämtad 2021-03-23]
- Einarsson, K., Brorsson, T. (2020) *Utvärdering av olika farthinder på Malmös huvudgator*. Lunds Tekniska Högskola.
- Ferati, E. (2016). *Val av åtgärd vid spårbildning på busshållplatser*. Lunds universitet. [Hämtad 2021-04-16]
- Fridh, P. (2000) *Farthinder som används i Göteborgs kommun*. Trafikkontoret Göteborgs stad. Rapportnr: 6:2000. ISSN 1103–1530.
- Frost, P. (u.å.). *How high does R-squared need to be?* Tillgänglig: [How High Does R-squared Need to Be? - Statistics By Jim](https://www.statisticshowto.com/how-high-does-r-squared-need-to-be/) [Hämtad 2021-05-27]
- Glantz, C., Hopp, H. (2006). *Utveckling av texturmätning med laser RST*. Lunds Tekniska Högskola. ISSN 1653–1922
- Glantz, C. (2014) *Jämnt hela vägen*. Borlänge: Trafikverket. ISBN 978-91-7467-607-5
- Glasare, G, Haglund, P. (2019). SKR; *Val av åtgärd; Råd och stöd vid åtgärdsval av belägningsunderhåll*. ISBN: 978-91-7585-809-8
- Glen, Stephanie. (2020). *Regression Analysis: Step by Step Articles, Videos, Simple Definitions*. Tillgänglig: [Regression Analysis: Step by Step Articles, Videos, Simple Definitions \(statisticshowto.com\)](https://www.statisticshowto.com/regression-analysis/) [Hämtad 2021-05-27]
- Göransson, N-G. (2014). *Tillståndsföljning av observationssträckor*. VTI Linköping.
- Götene kommun (2018). *Vinter och vår = potthåll i gatorna*. Tillgänglig: [Vinter och vår = potthåll i gatorna - Götene kommun \(gotene.se\)](https://www.gotene.se/vinter-och-var-potthall-i-gatorna) [Hämtad 2021-04-15]
- Kivistö, D. (2020) *GP Guppet*, Gunnar Prefab AB. Tillgänglig: <https://www.gunnarprefab.se/produkter/gp-guppet> [Hämtad 2021-03-23]
- Lindgren, L. (2016) *Trafikutvecklingen i Malmö stad år 2015*, Malmö.
- Lira (2021). *About*. Tillgänglig: <https://lira-project.dk/about/> [Hämtad 2021-03-31]

- Lundberg, K. och Gonzales, E. (2016) *Vägsador av tung trafik*, Trafikverket. Serien.: BD 2016;14 [Hämtad 2021-03-29]
- Malmö (2018) *Storstadspaket Malmö*.
- Nira Dynamics (u.å.) *Road Maintenance* [Hämtad 2021-03-31]
- Olsson, O., Ekström, J. (2017). *Utvärdering av vägkonstruktioner med stabilisering*. Lunds Tekniska Högskola. ISSN 1653–1922
- Rosander, P., Lyckman, M., Johansson, C. (2007). *Förhöjda övergångsställen för alla trafikanter – en studie om farthinder*. Trafikverket. Luleås tekniska universitet ISSN: 1402 - 1536.
- SBUF (2020) *Erfarenhet kring användandet av georadar för kvalitetskontroll av nylagd asfaltsbeläggning*. Tillgänglig: <https://www.sbuf.se/Artikel?article=99c6515d-0ab1-41e1-b7cc-ebf9a1f229e7>. [Hämtad 2021-06-12]
- SKR (2019). *Bära eller brista-handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar*. Tredje upplagan red. Stockholm: Svenska Kommunförbundet. ISBN: 978-91-7585-802-9 [Hämtad 2021-03-26]
- Skånetrafiken (2000). *Bussar och lugna gator - kör buss snabbt utan att det går fort*. Skånetrafiken och Vägverket region Skåne.
- Stjernquist, C. (2021) *Examensarbete – Fordonsdata i gaturummet*. Ramboll RST Malmö
- Svenska kommunförbundet. (2019). *Råd för hållbar beläggning på utsatta ytor*. Stockholm: Svenska Kommunförbundet. ISBN: 978-91-7585-808-1.
- Thorbjörnsson, Hans (2016). *Vägar i Romarriket*. Tillgänglig: [Vägar i romarriket | Historia | SO-rummet \(so-rummet.se\)](#) [Hämtad 2021-03-23]
- Trafikverket (2014). *Val av beläggning*. Publikationsnummer: 2014:173. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket (2012). *Förstärkningsåtgärder*. Publikationsnummer: 2012:090. ISBN: 978-91-7467-288-6.
- Trafikverket (2013). *Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TK Geo 13*. TRV 2014:13914. TDOK 2013:0667. Borlänge: Trafikverket
- Trafikverket (2011). *TRVK Väg - Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion*. TRV 2011:072. TDOK 2011:264. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket (2021). *Det här är Nollvisionen*. Tillgänglig: <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/trafiksakerhet/det-har-ar-nollvisionen/> [Hämtad 2021-04-03]
- Trafikverket (2015). *Hållbart resande*. Tillgänglig: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/planera-person--och-godstransporter/Planera-persontransporter/Hallbart-resande/> [Hämtad 2021-04-09]
- Transportstyrelsen (2021). *Fordonsstatistik*. Tillgänglig: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik/Fordonsstatistik/> [Hämtad 2021-05-27]

9 Bilagor

Bilaga 1 – Inventeringsformulär

Objektets beteckning: Vattenverksvägen/Södra Bulltoftavägen mot Värnhem (H-gupp)

Datum: 2021-05-06

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup		2 F, G, H		

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår		2 F, G, H		
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor	1 B			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter	1 A, C			Sättning/ojämnhet vid brunn
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
-----------------	--	--	--	--

Övrigt:

25 meter efter H-Guppet är det gammal beläggning. Utöver detta är objektet jämn och välskött.

Objektets beteckning: Vattenverksvägen/Södra Bulltoftavägen från Värnhem (H-Gupp)

Datum: 2021-05-09

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup	1 B	1 A		

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor	1 A, B			
Fogsprickor	2 A, 1 H			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämheter	1 G			Vid mindre brunnar
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning	1 A			
-----------------	-----	--	--	--

Övrigt:

Objektets beteckning: Östra förstadsgatan/Drottninggatan (Signalreglerad korsning)

Datum: 2021-05-06

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal <20%	Måttlig 20–50 %	Generell >50 %	
Spårdjup				

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering	2 B	2 A, C, D		
Tvärgående sprickor	2 A			
Fogsprickor	2 A		1 A,D, 2 B, C	
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter				
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål	1 A			
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning	2 D			Skador i form av sprickor
-----------------	-----	--	--	---------------------------

Övrigt:

Generell avnötning på hela sträckan.

Objektets beteckning: Föreningsgatan 65 mot Triangeln (Busshållplats)

Datum: 2021-05-06

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup				

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår	1 C			
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor				
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter				
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
-----------------	--	--	--	--

Övrigt:

Vi kunde inte finna något märkvärdigt på detta objekt (fin beläggning).

Objektets beteckning: Föreningsgatan 65 mot Midhem (Busshållplats)

Datum: 2021-05-09

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal <20%	Måttlig 20–50 %	Generell >50 %	
Spårdjup				

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår	1 G			
Krackelering	1 H			
Tvärgående sprickor	1 E			
Fogsprickor	1 E		1 C, D	
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter				
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
-----------------	--	--	--	--

Övrigt:

Generell avnötning på vägytan.

Objektets beteckning: Nobelvägen vid Nobeltorget mot Södervärn (Actibump)

Datum: 2021-05-06

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup	1 D, E			Innan och efter Actibump

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor	1 E, F	2 C, D		
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter				
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
-----------------	--	--	--	--

Övrigt:

Objektets beteckning: Nobelvägen vid Nobeltorget mot Värnhem (Actibump)

Datum: 2021-05-06

Utbredning

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup	1 D, E			Innan och efter Actibump

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor	2 D, F			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter				
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
------------------------	--	--	--	--

Övrigt:

Objektets beteckning: John Ericssons väg/ Annebergsgången mot Södervärn

(Busshållplats)

Datum: 2021-05-09

Utbredning

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup	2 D			Plastiska deformationer

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår	1 D, 2 F			
Krackelering	1 D			Vid kanten av busshållplats
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor	1 D			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter	1 D			Sättning vid dagvattenbrun
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningsyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
-----------------	--	--	--	--

Övrigt:

Generell avnötning

Objektets beteckning: John Ericssons väg/ Annebergsgången mot Mellanheden

(Busshållplats)

Datum: 2021-05-06

Utbredning

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup	3 D			Plastiska deformationer vid busshållplats

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår	1 D			Vid busshållplats
Krackelering	2 D			Vid busshållplats
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor	1 C			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter	1 D			Sättning vid dagvattenbrunn
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål	2 D			Vid brunnslock
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
-----------------	--	--	--	--

Övrigt:

Skadorna infinner sig vid busshållplats eller precis innan. Resterande sträcka såg fin ut.

Objektets beteckning: Mariedalsvägen vid Randers väg/Kronborgsvägen mot Västra hamnen (Actibump)

Datum: 2021-05-06

	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
Spårbildning	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup	1 E	2 C	3 D	

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering	2 E	2 A, B, C, D, F		
Tvärgående sprickor	2 C, F			
Fogsprickor		2 A, B	2 D, 1 F	
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämheter	1 D			Vid brunnslock
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
-----------------	--	--	--	--

Övrigt:

Mycket dålig beläggning. Ojämheter både precis innan och efter ActiBump.

Objektets beteckning: Mariedalsvägen vid Randers väg/Kronborgsvägen mot Hyllie
(Actibump).

Datum: 2021-05-06

Utbredning

	Lokal	Måttlig	Generell	
Spårbildning	<20%	20–50 %	>50 %	Anmärkning
Spårdjup			1 F	

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår	2 E, G			
Krackelering	2 E			
Tvärgående sprickor	2 G			
Fogsprickor	1 E		1 D	
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter	1 D, F			Precis innan Actibump
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningsyta				
Skador vid lagningar	2 F, G			

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
------------------------	--	--	--	--

Övrigt:

Objektets beteckning: Regementsgatan / Sergels väg mot Fridhem (Avsmalnad gata)

Datum: 2021-05-06

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup				

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor	1 A			
Fogsprickor	1 A			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter	1 A			Vid brunn
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp		1 A		
Slaghål				
Åldrad beläggningsyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning	2 A			
-----------------	-----	--	--	--

Övrigt:

A är precis vid en busshållplats. Återstående sträcka var fin.

Objektets beteckning: Regementsgatan / Sergels väg mot Gustav Adolfs torg (Avsmalnad gata)

Datum: 2021-05-06

Utbredning

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup				

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor	1 D			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter	1 D			
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp	1 D			
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning	1 D			
-----------------	-----	--	--	--

Övrigt:

A är precis vid en busshållplats. Återstående sträcka var fin.

Objektets beteckning: Mariedalsvägen/Gustaf Rydbergsgatan mot Västra hamnen (Malmö gupp)

Datum: 2021-05-06

	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
Spårbildning	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup				

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor				
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter				
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp	3 C			Precis efter gupp
Slaghål				
Åldrad beläggningsyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
-----------------	--	--	--	--

Övrigt:

Objektets beteckning: Mariedalsvägen/Gustaf Rydbergsgatan mot Hyllie (Malmö gupp)

Datum: 2021-05-06

Utbredning

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal	Måttlig	Generell	
	<20%	20–50 %	>50 %	
Spårdjup				

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor				
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämheter	1 E			Brunnar efter gupp
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål				
Åldrad beläggningsyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning				
------------------------	--	--	--	--

Övrigt:

Objektets beteckning: Davidhallsgatan/ Storgatan / Kärleksgatan mot Södra Förstaden
(Bussgata/Bilgata)

Datum: 2021-05-06

Utbredning

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal <20%	Måttlig 20–50 %	Generell >50 %	
Spårdjup	2 C	1 C		Plastiska spårbildningar

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering		2 A, C		
Tvärgående sprickor		2 A		
Fogsprickor	2 A, C			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter	1 A, C	1 B		Vid större/mindre brunnar
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp		2 A		
Slaghål				
Åldrad beläggningsyta				
Skador vid lagningar				

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning		1 C	1 A, B	
-----------------	--	-----	--------	--

Övrigt:

Objektets beteckning: Davidhalssgatan/ Storgatan / Kärleksgatan mot Gustav Adolfs torg
(Bussgata/Bilgata)

Datum: 2021-05-06

Utbredning

Spårbildning	Utbredning			Anmärkning
	Lokal <20%	Måttlig 20–50 %	Generell >50 %	
Spårdjup		3 A		

Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering	2 B, C		3 A	
Tvärgående sprickor				
Fogsprickor	1 A, B, C			
Kantsprickor				

Ytliga skador & defekter

Ojämnheter	2 A, 1 C			Vid brunnar i början av A
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp				
Slaghål	1 C			
Åldrad beläggningsyta				
Skador vid lagningar	2 A, B, C			Sättning efter lagning

Avvattning & dränering

Ytvattenavledning				
Dräneringsförmåga				

Vidtagna åtgärder

Lagning/lapning	1 A, B, C			
-----------------	-----------	--	--	--

Övrigt:

Bilaga 2 – Sammanställning av data

Exempel på hur data för Rambolls lasermätningar, inventeringar, georadar-mätningar sammanställdes taget från Busshållplats på John Ericssons väg.

Lasermätning									
Delsträcka	Datum	Anmärkning	Spårdjup 17	Spårdjup 15	Tvärfall SB	IRI V	IRI H	Distans	
6.4a	20201106		3	2,4	-2,06	2,41	1,88	340	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	341	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	342	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	343	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	344	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	345	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	346	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	347	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	348	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	349	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	350	
6.4a	20201106		4,7	3,5	-1,87	3,48	5,16	351	

Inventering						
Delsträcka	Datum	Anmärkning	Ytskada	Ojämnhet	Lagning	Distans
6.4a	20201109					340
6.4a	20201109					341
6.4a	20201109					342
6.4a	20201109					343
6.4a	20201109					344
6.4a	20201109					345
6.4a	20201109					346
6.4a	20201109					347
6.4a	20201109					348
6.4a	20201109					349
6.4a	20201109					350
6.4a	20201109					351

Georadarmätning				
Delsträcka	Datum	Tjocklek bel	Tjocklek ÖB	Distans
6.4a	20201109	15	98	340
6.4a	20201109	17	98	341
6.4a	20201109	17	98	342
6.4a	20201109	17	98	343
6.4a	20201109	17	98	344
6.4a	20201109	17	98	345
6.4a	20201109	17	98	346
6.4a	20201109	17	98	347
6.4a	20201109	17	98	348
6.4a	20201109	17	98	349
6.4a	20201109	17	98	350
6.4a	20201109	17	97	351

Bilaga 3 – Sammanställt resultat för varje objekt

Varje objekt sammanställdes i Excel enligt bilagorna nedan för att enkelt kunna kombinera olika variabler vid utförandet av regressionsanalyser. Vid de rubriker där endast ett streck syns erhöles ingen data.

H-gupp									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1856217	190-206	2,35	2,9	2,1	3,6	5,0	-	-	-
1856205	207-222	2,43	2,8	2,0	4,3	5,5	-	-	-
1858402	223-238	2,94	2,3	1,6	3,1	3,1	-	-	-
1858401	239-255	2,23	2,8	2,4	1,9	2,9	-	-	-
1859019	256-272	4,65	2,8	2,7	1,9	2,6	-	-	-
1859020	273-292	4,93	6,2	5,4	12,0	12,8	-	-	-
1854732	293-309	5,51	6,4	5,2	16,4	12,3	-	-	-
1859261	310-327	5,05	6,6	5,2	10,0	5,3	-	-	-
1859257	328-347	5,61	10,5	6,9	3,9	4,5	-	-	-
1859263	348-365	4,22	15,3	6,0	5,5	5,1	-	-	-
1859253	366-383	3,59	26,3	11,5	5,2	5,2	3,78	0,89	-
1859255	384-390	2,39	35,4	24,2	3,7	5,6	6	6	-
Segment	Distans B	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1859255	1270-1288	2,39	11,4	11,0	1,4	3,2	6,0	3	-
1859253	1289-1316	3,59	14,6	12,8	1,4	3,4	5,11	1,89	-
1859263	1317-1336	4,22	19,7	15,1	4,6	5,2	-	-	-
1859257	1337-1360	5,61	8,7	5,9	5,7	5,5	-	-	-
1859261	1361-1379	5,05	14,6	12,2	-	-	-	-	-
1854732	1380-1390	5,51	4,6	4,1	-	-	-	-	-
1859020	1391-1409	4,93	4,2	3,8	-	-	-	-	-
1859019	1410-1429	4,65	5,2	4,4	8,2	8,4	-	-	-
1858401	1430-1449	2,23	4,5	3,8	6,3	7,1	-	-	-
1858402	1450-1470	2,94	2,9	2,4	2,9	4,2	-	-	-

Signalreglerad korsning									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
3727937	20-36	2,83	4,5	4,5	6,5	8,6	-	-	-
1863805	37-52	2,91	2,6	2,5	3,1	5,0	-	-	-
1863804	53-68	2,57	2,9	2,5	2,2	3,9	-	-	-
1855436	69-84	2,77	4,1	3,3	2,4	3,9	-	-	-
1855438	85-101	2,01	5,0	3,8	1,9	3,6	-	-	-
1855437	102-120	1,65	4,9	4,9	-	-	-	-	-

Busshållplats Föreningsgatan									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1852131	340-365	2,28	5,3	3,6	3,0	4,3	-	-	-
1852129	366-389	1,59	6,1	3,4	1,4	1,4	-	-	-
1852130	390-414	1,41	2,8	2,1	1,7	1,5	-	-	-
1855531	415-440	1,56	5,3	4,5	1,5	3,3	-	-	-
1858018	441-465	1,96	4,2	4,0	1,7	2,9	0,67	-	-
1858019	466-490	2,14	6,6	5,9	2,2	3,9	0,58	-	-
1853808	491-515	2,60	5,5	4,7	2,1	3,4	-	-	-
1863699	516-540	2,15	3,3	3,1	1,4	2,6	-	-	-
Segment	Distans B	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1862863	1710-1729	2,36	3,4	3,9	3,5	3,3	-	-	-
1862864	1730-1749	2,65	4,1	3,7	3,6	3,9	-	-	-
1862865	1750-1769	2,58	4,6	4,1	2,7	4,1	-	-	-
1859369	1770-1789	2,7	4,2	3,7	3,6	4	-	-	-
1859364	1790-1810	2,8	4,4	3,8	3,7	3,4	-	-	-
1859366	1811-1829	2,76	3,7	3,3	2,9	2,9	-	-	-
1859367	1830-1849	1,79	3,2	2,9	2,3	2,8	-	-	-
1859368	1850-1876	1,78	3,8	2,8	1,7	2,4	-	-	-
1859365	1877-1910	2,3	4,8	3,8	2,3	3,3	-	-	-

Actibump Nobelvägen									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1853464	950-969	1,76	3,9	2,6	1,5	1,7	-	-	-
1856258	970-989	1,68	4,1	2,8	1,4	1,5	-	-	-
1861704	990-1022	2,39	4,4	3,1	1,3	1,8	-	-	-
1853840	1023-1045	2,86	4,5	4,2	2,7	2,9	-	-	-
1858719	1046-1060	3,53	5,4	5,1	3,7	5,6	-	-	-
1861874	1061-1078	2,51	6,0	3,5	2,3	3,9	-	-	-
1851919	1079-1095	1,94	4,6	3,5	2,1	3,4	-	-	-
1857914	1096-1118	2,48	3,1	2,9	4,1	3,2	-	-	-
1860985	1119-1131	2,53	4,2	3,8	3,2	3,1	-	-	-
Segment	Distans B	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1862056	1415-1440	3,12	3,4	2,0	3,2	3,8	-	-	-
1856304	1441-1465	2,95	4,1	3,7	3,4	4,5	-	-	-
1854699	1466-1490	2,80	7,2	6,2	5,1	7,0	-	-	-
1853356	1491-1507	3,23	7,8	6,8	5,4	7,4	-	-	-
1856199	1508-1528	2,89	5,0	4,4	3,9	4,4	-	-	-
1858759	1529-1555	2,99	1,6	1,5	2,0	1,7	-	-	-
1855577	1556-1574	1,73	1,1	1,0	1,3	1,6	-	-	-
1858890	1575-1590	1,57	1,3	1,3	1,8	2,6	-	-	-

Busshållplats John Ericssons väg									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1875722	1970-1000	1,48	5,9	5,5	1,1	1,4	0,83	-	-
1875720	2000-2019	1,79	5,9	5,3	0,9	1,1	-	-	-
1873274	2020-2040	2,65	5,9	5,1	1,1	1,7	-	-	-
1873276	2041-2060	3,39	6,2	5,4	1,4	2,3	-	-	-
1870180	2061-2079	2,16	7,9	5,7	4,6	4,9	-	-	-
1868119	2080-2099	1,71	3,3	3	1,5	2,6	-	-	-
1868117	2100-2119	1,59	1,9	1,7	2,9	2,6	-	-	-
1870487	2120-2140	1,43	2,3	2,2	1,7	1,1	-	-	-
1874385	2141-2170	1,34	3	2,9	1,3	0,1	-	-	-
Segment	Distans B	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1870487	160-169	1,43	2,9	2,2	1,5	2,5	-	-	-
1868117	170-189	1,59	2,7	2,2	1,5	2,3	-	-	-
1868119	190-209	1,71	2,2	1,9	1,3	1,8	-	-	-
1870180	210-228	2,16	2,9	2,8	0,8	1,5	-	-	-
1873276	229-249	3,39	4,6	4,1	-	-	-	-	-
1873274	250-270	2,65	3,8	3,1	-	-	-	-	-
1875720	271-290	1,79	3,8	3,5	2,3	2,3	-	-	-
1875722	291-320	1,48	4,7	4,5	1	1	-	-	-
1875726	321-340	1,73	4,2	4	1,3	2,1	-	-	-
1875719	341-360	1,46	4,2	4	1,3	2,1	-	-	-

Actibump Mariedalsvägen									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1874575	1370-1389	2,91	3,8	3	4,5	5	-	-	-
1873666	1390-1408	3,51	3,2	3	3	3,4	-	-	-
1872587	1409-1428	3,38	2,5	2,5	1,3	1,3	-	-	-
1872585	1429-1449	3,38	3,1	3	1,6	1,6	-	-	-
1870393	1450-1471	4,46	4,1	3,2	3,5	3,5	-	-	-
1868006	1472-1482	4,85	4,4	2,7	4,6	4,6	4,91	-	-
1874010	1483-1503	4,31	5,6	4,1	2,3	2,3	6,00	-	-
1874009	1504-1524	2,94	8,8	7,7	2,6	2,6	1,60	-	1,95
1867137	1525-1545	2,6	10,4	9,4	2,7	2,7	-	-	3,00
1867467	1545-1570	2,36	10,6	8,4	2,9	2,9	4,80	-	3,00
Segment	Distans B	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1872863	180-205	2,07	7	5,7	-	-	6,00	-	-
1867467	206-237	2,36	9	6,7	-	-	6,00	-	-
1867137	238-259	2,6	16,5	12,2	-	-	5,32	-	-
1874009	260-280	2,94	25,5	19,9	-	-	9,00	1,60	-
1874010	281-300	4,31	9,1	7,5	4,6	4	6,30	4,50	-
1868006	301-311	4,85	6,1	4,9	2,7	2,2	3,82	-	-
1870393	312-332	4,46	4,2	3,3	4,6	2	6,00	-	-
1872585	333-352	3,38	3,1	2,8	2,3	4,5	6,00	-	-
1872587	353-380	3,38	2,2	2,1	2	2,7	6,00	-	-

Avsmalnad gata Regementsgatan									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1868865	1360-1379	4,01	8,4	6,5	6,2	4,7	-	-	-
1868870	1380-1399	3,82	10,3	8,5	4,4	3,9	-	-	-
1868867	1400-1419	3,56	5,3	4,6	3,3	3,2	-	-	-
1868864	1420-1439	3,31	6,2	5,4	2,8	4,3	-	-	-
1868866	1440-1460	3,84	8,2	6,9	3,3	4,2	-	-	-
Segment	Distans B	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1868866	360-380	3,8	4,4	3,8	2,7	5,2	-	-	-
1868864	381-400	3,3	3,8	3,6	3,1	2,3	-	-	-
1868867	401-420	3,6	3,5	3,4	2,6	3,4	-	-	-
1868870	421-440	3,8	5,0	4,3	3,5	3,6	-	-	-
1868865	441-460	4,0	5,1	4,2	3,7	4,1	-	-	-

Malmö gupp Mariedalsvägen									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1871600	380-418	1,72	1,8	1,8	2,3	2,5	-	-	-
1873914	419-438	1,66	1,5	1,5	3,8	3,5	-	-	-
1873913	439-459	2,34	1,0	1,0	1,4	1,5	-	-	-
1873390	460-480	3,31	2,1	1,7	1,0	2,4	-	-	-
1869934	481-487	3,83	3,7	3,1	-	-	-	-	-
1867366	488-498	3,17	3,7	3,1	-	-	-	-	-
1871080	499-523	1,86	1,5	1,2	8,9	10,6	-	-	-
1871081	524-545	2,08	1,3	1,2	2,8	2,5	-	-	-
1868038	546-580	1,71	1,2	1,2	2,8	1,9	-	-	-
Segment	Distans B	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
1869703	1190-1206	1,57	1,6	1,5	1,9	2,2	-	-	-
1868038	1207-1231	1,71	1,6	1,3	1,6	2,3	-	-	-
1871081	1232-1258	2,08	1,6	1,4	2,5	2,7	-	-	-
1871080	1259-1284	1,86	2,2	2,0	2,2	2,4	-	-	-
1867366	1285-1295	3,17	4,1	3,4	3,4	3,5	-	-	-
1869934	1296-1302	3,83	3,5	3,0	3,2	3,3	-	-	-
1873390	1303-1323	3,31	1,9	1,9	2,6	2,5	-	-	-
1873913	1324-1349	2,34	1,5	1,5	2,0	1,7	-	-	-
1873914	1350-1369	1,66	1,4	1,3	2,1	1,6	-	-	-
1871600	1370-1390	1,72	1,5	1,3	2,4	2,6	-	-	-

Buss-/bilgata Davidhalssgatan									
Segment	Distans A	Currentrou	Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Ytskada	Ojämnhet	Lagning
3674197	345-380	5,87	18,1	10,6	12,6	12,2	9	8,4	3
3674196	381-405	6,86	6,7	4,1	4,6	4,9	7,6	7,6	3
3674195	405-420	3,67	8,3	5,6	10,6	6,3	6	6	0,4

Bilaga 4 – Samband och Kombinationer

Samtliga samband och kombinationer som gjort under regressionsanalyserna redovisas nedan. Under kombination redovisas vilka objekt som kombinerats och under P-värde vilka samband som har testats. X innebär att följande värde ingick i sambandet men gav ett högre P-värde än 0,05.

Typ av kombination	Riktning	Justerat R kvadrat	P-värde					
			Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Medel spårdjup	Medel IRI
Malmö. Mariedal	A	0,888	0,03959	X	X	X		
Avsmalnad Rege.	B	0,861						0,01470
Malmö. Mariedal	A	0,818		X	0,01330	0,01735		
Acti Nobelvägen	A	0,783		0,01184	X			
Acti Mariedal.	B	0,740			0,00181			
Acti Nobelvägen	A	0,736		0,00191				
Buss Förening	B	0,723	X		0,00662			
Acti Mariedal.	A	0,705		0,00485	0,01691	0,01956		
Acti Nobelvägen	A	0,703	X	0,00707				
Malmö. Mariedal	A	0,701	X		0,04681	X		
Acti Mariedal.	B	0,699			0,02220	X		
Buss Förening	B	0,674	X		0,03910	X		
Acti Nobelvägen	B	0,673			0,02633	X		
Acti Mariedal.	A	0,673	0,00673		0,01404	0,01707		
Buss John.	B	0,651				0,00292		
Malmö. Mariedal	B	0,642			0,00325			
Acti Nobelvägen	B	0,638		X	0,04217	X		
Acti Nobelvägen	A	0,631	X		0,01400			
Buss Förening	B	0,627						0,00673
Acti Nobelvägen	A	0,619						0,00727
Malmö. Mariedal	A	0,616	0,00744					
Buss Förening	B	0,611					X	0,04884
Malmö. Mariedal	A	0,610			0,02169	X		
Acti Nobelvägen	A	0,596				0,00896		
Buss Förening	B	0,582			0,01025			
Malmö. Mariedal	B	0,574		0,00677				
Buss John.	B	0,559			0,00778			
Malmö. Mariedal	B	0,549						0,00862
Malmö. Mariedal	B	0,543					0,00911	
Acti Nobelvägen	A	0,532	X			0,03005		
Malmö. Mariedal	B	0,514	0,01181					
Malmö. Mariedal	A	0,498		0,02022				
Acti Nobelvägen	A	0,464					0,02592	
Buss Förening	B	0,433		0,03218				
Acti Nobelvägen	A	0,421			0,03496			
Buss Förening	B	0,396				0,04100		
Acti Mariedal	A	0,370		0,03647				
Malmö. Mariedal	B	0,364				0,03803		
H gupp	A	0,322			0,03168			
H gupp	A	0,261		X	0,04097			
H gupp	A	0,255	X		0,04314			

Typ av kombination	Riktning	Justerat R kvadrat	P-värde					Medel spårdjup	Medel IRI
			Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H			
Alla objekt förutom gupp	B	0,593						1,688E-05	
Alla objekt förutom gupp	B	0,589					X	0,0002333	
Alla objekt förutom gupp	B	0,537	X		0,00086				
Alla objekt förutom gupp	B	0,532			7,1E-05				
Alla objekt förutom gupp	B	0,524		X	0,00066				
Alla objekt förutom gupp	B	0,524		X		0,00066			
Alla objekt förutom gupp	B	0,513	X			0,00145			
Alla objekt förutom gupp	B	0,505				0,00013			
Alla objekt förutom gupp	A	0,479					X	0,0188612	
Alla objekt förutom gupp	A	0,479	0,00891987			0,01125			
Alla objekt förutom gupp	A	0,454		X		0,00741			
Alla objekt förutom gupp	A	0,450		X	0,00823				
Alla objekt förutom gupp	A	0,443						3,546E-05	
Alla objekt förutom gupp	A	0,417			7E-05				
Alla objekt förutom gupp	A	0,410	8,2611E-05						
Alla objekt förutom gupp	A	0,410				8,3E-05			
Alla objekt förutom gupp	A	0,403	0,02896982	X					
Alla objekt förutom gupp	A	0,382					0,0001631		
Alla objekt förutom gupp	A	0,310		0,000820973					
Alla objekt förutom gupp	B	0,200	0,02135004						
Alla objekt förutom gupp	B	0,189					0,0246826		
Alla objekt förutom gupp	B	0,154		0,039978342					

Typ av kombination	Riktning	Justerat R kvadrat	P-värde					Medel spårdjup	Medel IRI
			Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H			
Alla objekt tillsammans	B	0,485	X	X	0,00072	X			
Alla objekt tillsammans	B	0,482	0,00265363		0,00011	X			
Alla objekt tillsammans	B	0,468		0,005522214	8,3E-05	X			
Alla objekt tillsammans	B	0,463	0,00807347		1E-05				
Alla objekt tillsammans	B	0,448		0,017078791	4,5E-06				
Alla objekt tillsammans	B	0,392			4,2E-07				
Alla objekt tillsammans	B	0,387			0,00048	X			
Alla objekt tillsammans	B	0,382					0,025276	0,0001893	
Alla objekt tillsammans	A	0,332	X		1,7E-06				
Alla objekt tillsammans	B	0,328						5,447E-06	
Alla objekt tillsammans	A	0,327		X	1,1E-06				
Alla objekt tillsammans	A	0,326			2,2E-07				
Alla objekt tillsammans	A	0,322	X		0,01232	X			
Alla objekt tillsammans	A	0,317		X	0,01187	X			
Alla objekt tillsammans	A	0,315			0,01282	X			
Alla objekt tillsammans	A	0,313	X	X	0,01419	X			
Alla objekt tillsammans	B	0,304	0,01377879			0,0084			
Alla objekt tillsammans	B	0,283	0,00382316	0,019137529					
Alla objekt tillsammans	B	0,277		0,039962408		0,00474			
Alla objekt tillsammans	A & B	0,276						4,427E-10	
Alla objekt tillsammans	A	0,264	X			4,7E-05		4,193E-05	
Alla objekt tillsammans	A	0,261					X		
Alla objekt tillsammans	A	0,258				5,9E-06			
Alla objekt tillsammans	A	0,257		X		3,1E-05			
Alla objekt tillsammans	B	0,227				0,00021			
Alla objekt tillsammans	B	0,213	0,00033571						
Alla objekt tillsammans	A & B	0,205					5,804E-06		
Alla objekt tillsammans	B	0,192					0,0006747		
Alla objekt tillsammans	B	0,165		0,001632193					
Alla objekt tillsammans	A	0,063	0,02227162						
Alla objekt tillsammans	A	0,056					0,028687		

Typ av kombination	Riktning	Justerat R kvadrat	P-värde					
			Spårdjup 17	Spårdjup 15	IRI V	IRI H	Medel spårdjup	Medel IRI
Alla gupp tillsammans	B	0,484	0,0034893		0,00104	0,0288		
Alla gupp tillsammans	B	0,477	X	X	0,0118	X		
Alla gupp tillsammans	B	0,467		0,005483354	0,00074	0,02566		
Alla gupp tillsammans	B	0,401	0,02126244		0,00632			
Alla gupp tillsammans	B	0,377		0,039310077	0,004			
Alla gupp tillsammans	B	0,347	0,00789617	0,022947085				
Alla gupp tillsammans	B	0,306			0,00649	X		
Alla gupp tillsammans	B	0,298					0,0429597	0,0430208
Alla gupp tillsammans	B	0,295			0,00115			
Alla gupp tillsammans	A	0,244			0,00097			
Alla gupp tillsammans	B	0,243	0,02383738			X		
Alla gupp tillsammans	A	0,240			0,02651	X		
Alla gupp tillsammans	B	0,235	0,00389363					
Alla gupp tillsammans	A	0,232	X		0,02334	X		
Alla gupp tillsammans	A	0,230	X		0,00148			
Alla gupp tillsammans	A	0,227		X	0,02457	X		
Alla gupp tillsammans	A	0,227		X	0,00144			
Alla gupp tillsammans	A	0,211	X	X	0,02554	X		
Alla gupp tillsammans	B	0,210					0,006346	
Alla gupp tillsammans	B	0,210						0,0063548
Alla gupp tillsammans	A	0,207						0,0023876
Alla gupp tillsammans	A	0,190					X	0,0037251
Alla gupp tillsammans	B	0,179		0,011559866				
Alla gupp tillsammans	A	0,148				0,00983		
Alla gupp tillsammans	A	0,130	X			0,01528		
Alla gupp tillsammans	A	0,127		X		0,01453		
Alla gupp tillsammans	B	0,115				0,03733		

Bilaga 5 – Intervjufrågor

Okulär besiktning

Vilket är det mest effektiva sättet att utföra en inventering på och vad ska man tänka på när man vill dela in en väg i olika segment?

Vi ska kolla på vägen innan och efter ett farthinder. Hur ska man gå tillväga för att studera ett sådant objekt och vad ska man tänka på under utförandet?

Vägskador i storstadsmiljö

Vilka typer av skador kan man förvänta sig hitta i en storstadsmiljö som i Malmö?

Vilka skador på vägytan påverkar vägkroppens nedbrytningsfas mest?

Har man märkt ändringar i vägnedbrytningen som beror på satsningen man gjort i kollektivtrafiken i Malmö sen 2017?

Utsatta ytor

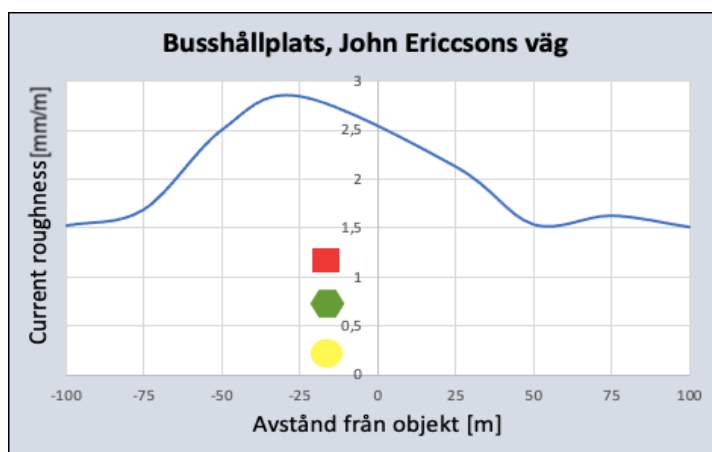
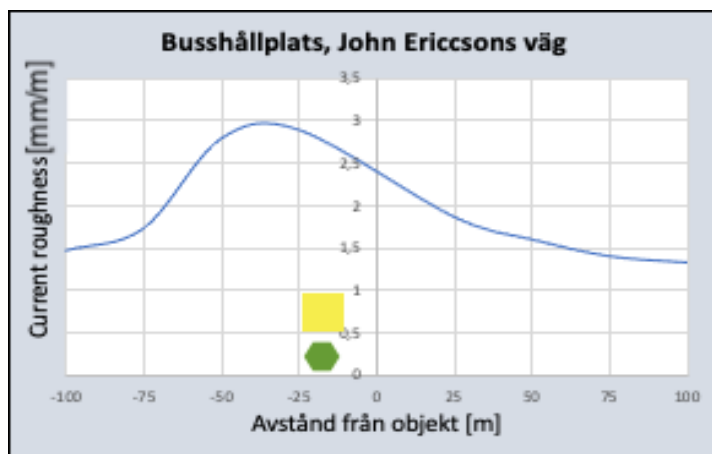
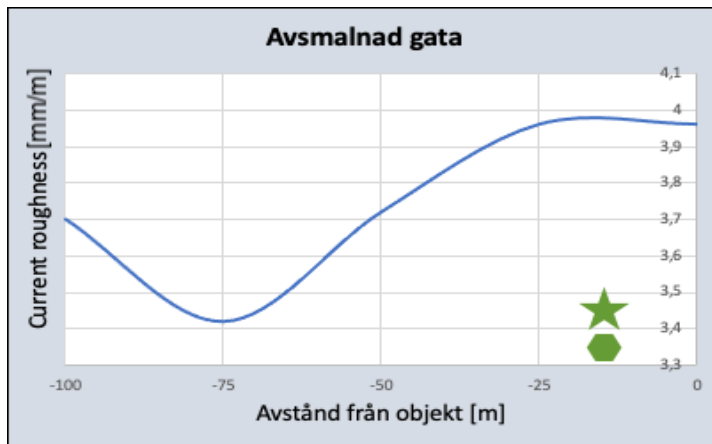
Vilka är de mest utsatta ytorna i stadstrafiken?

Om man jämför områden som farthinder, busshållplatser och signalreglerade korsningar, vilket av dessa är mest utsatt och vad beror det på?

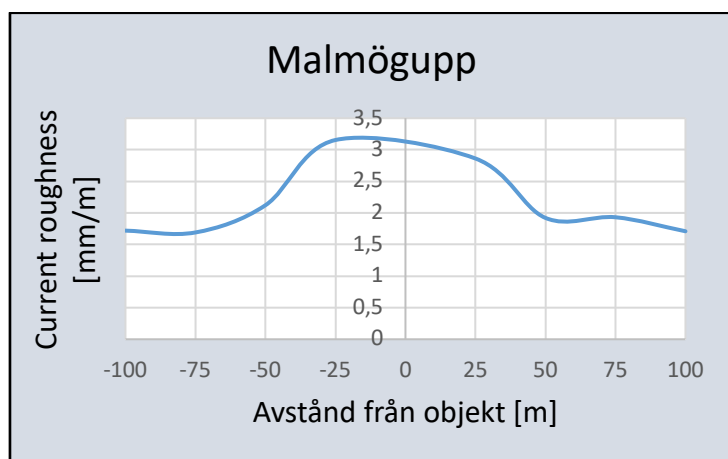
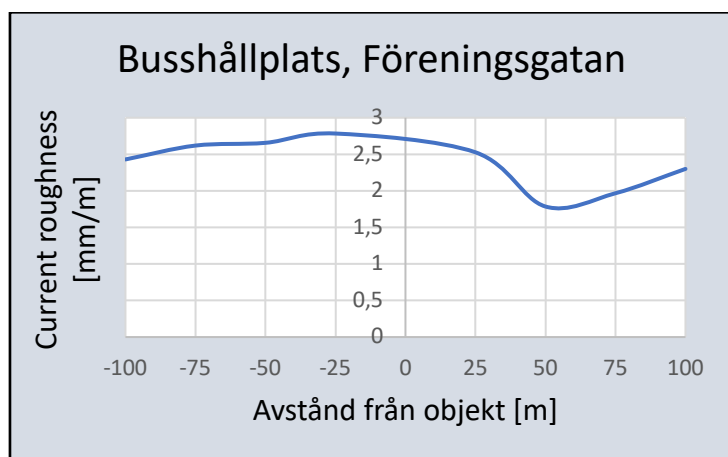
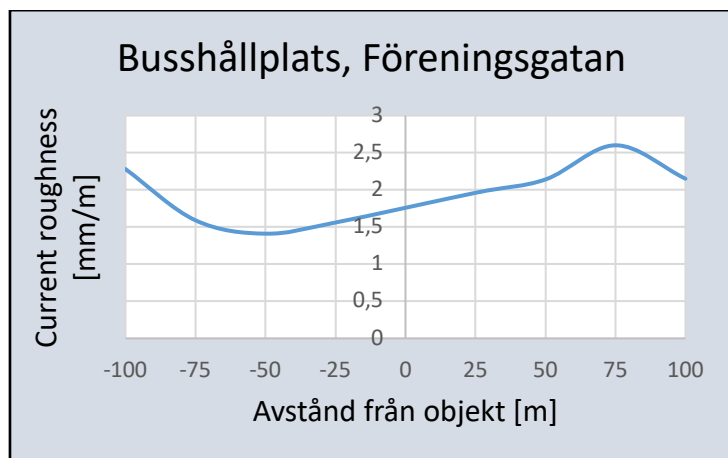
Känner du till några specifika punkter i Malmö som har visat sig vara mer skadebenägen än det vanliga, särskilt när det kommer till ojämnheter?

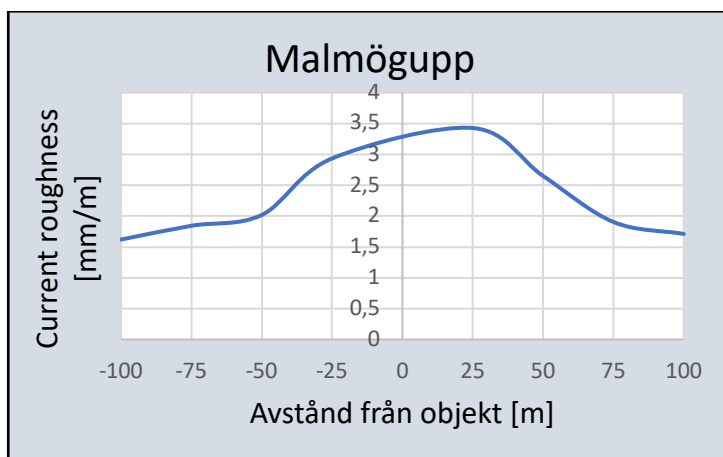
Bilaga 6 – Skadebilder och current roughness

Sammanställning av grafer som illustrerar korrelationen mellan fordonsdata och skadebilder från inventering, där objektet har placeringen 0 på x-axeln och negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen medan positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret.



I graferna nedan är inte skadorna från inventeringen inritat. Graferna visar då endast hur current roughness förändras över sträckan.





Bilaga 7 – Farthinder i relation till current roughness

Grafen demonstrerar hur current roughness på Actibump (grön linje) och malmöguppet (blå linje) varierar med avstånd från farthindret, där objektet har placeringen 0 på x-axeln och negativa x-värden beskriver delsträckor innan farthindret i enlighet med körriktningen medan positiva x-värden beskriver delsträckor efter farthindret. N står för Nobeltorget och M står för Mariedalsvägen.

