

Thesis 387

Vägavsmalningars konsekvens på vägens livslängd och samhällskostnader

Anton Bengtsson

Sibär Esmail

Trafik och Väg

Institutionen för Teknik och Samhälle

Lunds Tekniska Högskola

Lunds Universitet



Copyright © Anton Bengtsson, Sibär Esmail

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle
CODEN: LUTVDG/(TVTT-5354)/1-126/2023
ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet
Lund 2023

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5354)/1-
126/2023

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 387

ISSN 1653-1922

Author(s): Anton Bengtsson och Sibär Esmail
Title: Vägavsmalningars konsekvens på vägens livslängd och samhällskostnader
English title: Road narrowing's consequence on the lifespan of the road and the social economic cost.
Language: Swedish
Year: 2023
Keywords: Avsmalning; Vägöverbyggnad; Livslängd; Körfältsbredd; Spårbildning; PEDRO; ERAPave
Citation: Bengtsson, A., & Esmail, S., Vägavsmalningars konsekvens på vägens livslängd och samhällskostnader. Lund, Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2023. Thesis. 387

Abstract:

In the last 10 years, sustainability has been in focus and cities are being designed to prioritize sustainable alternatives. Today, narrowing the carriageway is used as an alternative to make way for sustainable alternatives in the existing street space. The purpose of this study is to investigate the consequences narrowing the lane can have on the lifespan of the road structure and what damage it can cause. Furthermore, the impact of the social economic cost related to the factors operation and maintenance, accessibility, traffic safety and the environment is also studied.

The result shows that a narrower lane leads to lower speed which, together with rutting, results in deeper ruts that shorten the lifespan. Cracks occur instead on a more rigid pavement which can lead to water penetrating into the structure and shorten the lifespan. Based on the factor's operation and maintenance, accessibility, road safety and environmental it will be more expensive to narrow the carriageway.

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

Transport and Roads
Department of Technology and Society
Faculty of Engineering, LTH
Lund University
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----|
| Förord | I |
| Sammanfattning | II |
| Summary | III |
| Begreppslista | IV |
| 1 Inledning | 1 |
| 1.1 Bakgrund | 1 |
| 1.2 Syfte och frågeställningar | 2 |
| 1.3 Avgränsningar | 2 |
| 1.4 Metodik | 3 |
| 1.5 Rapportens disposition | 3 |
| 2 Litteraturstudie | 5 |
| 2.1 Gaturummet | 5 |
| 2.1.1 Gaturummets historia | 5 |
| 2.1.2 Gaturummets olika zoner | 6 |
| 2.2 Smart gata | 7 |
| 2.3 Vägavsmalning | 8 |
| 2.3.1 VGU - Råd och krav | 8 |
| 2.3.2 Teknisk handbok | 9 |
| 2.3.3 Smarta Gator | 10 |
| 2.4 Vägkroppens uppbyggnad och beläggningstyp | 10 |
| 2.4.1 Överbyggnad | 11 |
| 2.4.2 Överbyggnad - avsmalningar | 11 |
| 2.5 Skador på vägkroppen | 13 |
| 2.5.1 Ojämheter - Orsak och åtgärd | 13 |
| 2.5.2 Ytskador - Orsak och åtgärd | 15 |
| 2.6 Variation i sidled | 15 |
| 2.7 Drift och underhåll | 17 |
| 2.7.1 Kostnader för drift och underhåll | 17 |

| | |
|---|----|
| 2.7.2 Snöröjning..... | 19 |
| 2.7.3 Halkbekämpning | 22 |
| 2.7.4 Beläggningsåtgärder | 24 |
| 2.7.5 Avstängningar | 24 |
| 2.8 Framkomlighet..... | 25 |
| 2.9 Trafiksäkerhet | 26 |
| 2.10 Miljö | 30 |
| 2.10.1 Luftföroreningar | 30 |
| 2.10.2 Buller | 33 |
| 2.11 Programvara..... | 36 |
| 2.11.1 PEDRO | 37 |
| 2.11.2 ERAPave PP..... | 38 |
| 2.11.3 PMS objekt..... | 39 |
| 2.12 Storstadspaketet Malmö stad | 40 |
| 2.13 Samhällsekonomiska kalkylvärden | 42 |
| 2.13.1 Drift- och underhållskostnader | 42 |
| 2.13.2 Trängsel och förseningar..... | 43 |
| 2.13.3 Trafiksäkerhet och olyckskostnader | 43 |
| 2.13.4 Buller | 44 |
| 2.13.5 Luftföroreningar | 45 |
| 3 Fältundersökning..... | 47 |
| 3.1 Eriksfältsgatan..... | 48 |
| 3.2 Norra Vallgatan..... | 49 |
| 3.3 Regementsgatan | 50 |
| 3.4 Stora Varvsgatan | 51 |
| 3.5 Södra Bulltoftavägen..... | 52 |
| 3.6 Linnégatan | 52 |
| 4 Metod | 55 |
| 4.1 Skador..... | 55 |
| 4.1.1 Tillståndsbedömning - Malmö stad | 55 |
| 4.1.2 PEDRO och ERAPave..... | 55 |
| 4.1.3 Standardaxlar..... | 57 |
| 4.1.4 Regressionsanalys..... | 57 |
| 4.2 Framkomlighet..... | 58 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Olycksstatistik | 59 |
| 4.4 Buller och Luftföroreningar | 59 |
| 4.4.1 Bullerberäkningar..... | 59 |
| 4.4.2 Luftföroreningar..... | 59 |
| 4.5 Samhällskostnader | 61 |
| 4.5.1 Drift och underhåll..... | 61 |
| 4.5.2 Framkomlighet..... | 61 |
| 4.5.3 Trafiksäkerhet | 62 |
| 4.5.4 Buller..... | 63 |
| 4.5.5 Luftföroreningar..... | 63 |
| 4.5.6 Underhållskostnader enligt Malmö stad..... | 63 |
| 5 Resultat | 65 |
| 5.1 Skador | 65 |
| 5.1.1 Skadeinventering..... | 65 |
| 5.1.2 Ytskador | 68 |
| 5.1.3 Standardaxlar | 69 |
| 5.1.4 Regressionsanalys | 69 |
| 5.2 Buller och Luftföroreningar | 70 |
| 5.2.1 Bullerberäkningar..... | 70 |
| 5.2.2 Luftföroreningar..... | 71 |
| 5.3 Olycksdata..... | 71 |
| 5.4 Framkomlighet..... | 72 |
| 5.5 Samhällskostnader | 73 |
| 5.5.1 Drift och underhåll..... | 73 |
| 5.5.2 Framkomlighet..... | 73 |
| 5.5.3 Trafiksäkerhet | 74 |
| 5.5.4 Buller..... | 75 |
| 5.5.5 Luftföroreningar..... | 76 |
| 5.5.6 Underhållskostnader enligt Malmö stad..... | 76 |
| 6 Diskussion | 79 |
| 6.1 Resultatdiskussion | 79 |
| 6.1.1 Livslängd | 79 |
| 6.1.2 Samhällskostnad | 81 |
| 6.2 Metoddiskussion | 83 |

| | |
|--|-----|
| 6.2.1 Livslängd..... | 83 |
| 6.2.2 Samhällskostnader..... | 84 |
| 7. Slutsatser..... | 87 |
| 7.1 Livslängd..... | 87 |
| 7.2 Samhällskostnader..... | 87 |
| 7.3 Rekommendationer för vidare studier..... | 88 |
| 8. Referenser..... | 90 |
| 9. Bilagor..... | 99 |
| Bilaga 1 - Inventeringsformulär..... | 99 |
| Bilaga 2 - Bullerberäkning..... | 106 |

Förord

Denna studie har genomförts som avslutande examensarbete på Civilingenjörsprogrammet i Väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet genomfördes mellan mars och augusti 2023 och skrevs på Teknik och Samhälle, avdelning Trafik och väg i samarbete med Malmö stad och Atkins Sverige AB.

Vi vill först och främst tacka vår handledare Pajtim Sulejmani för hans engagemang, goda råd och ovärderliga feedback som vi har tagit emot veckovis. Ett stort tack riktas även till Sven Agardh för hans stöd och värdefulla kommentarer som fört arbetet framåt. Vi vill dessutom tacka Malmö stad som bidragit med underlag till vårt arbete. Därutöver riktas även ett stort tack till Atkins som bistått med trevlig arbetsplats.

Slutligen vill vi tacka familj och vänner för de stöd de har gett oss under hela utbildningen.

Lund, juli 2023

Anton Bengtsson + Sibär Esmail

Sammanfattning

I dagens samhälle ligger hållbarhet i fokus och städer utformas för att prioritera de hållbara alternativen. Stadens gator har begränsade utrymmen och därför blir det svårt att gynna kollektivtrafiken, gång- och cykeltrafik. En åtgärd som används för att göra mer plats åt gång och cykel är att smalna av körfältet. Avsmalningar används också för att sänka hastigheten vid korsningar för att förbättra trafiksäkerheten. Konsekvenser som avsmalningen har på beläggningens livslängd är ännu inte uppenbar. Det är dessutom inte självklart vilka effekter avsmalningen kommer att ha på samhällskostnaderna.

Syftet med denna studie är att undersöka vilka konsekvenser avsmalning av körfältet kan få på samhällskostnaderna för faktorerna drift och underhåll, framkomlighet, trafiksäkerhet och miljö. Vidare studeras även om vägens livslängd påverkas av en avsmalning och vilka skador en avsmalning kan medföra.

Metoden som användes för att besvara frågeställningarna var främst litteraturstudie som kompletterades med en fältundersökning. Fältundersökning utfördes på sex gator i Malmö med varierande körfältsbredd, från 3 till 5,8 m. Med hjälp av Malmö stads tillståndsbedömning tillhandahölls information om de valda avsnitten. Tillståndsbedömningen bestod av information som spårdjup, bärighet och ytskador för de valda gatorna i Malmö. Program som PEDRO och ERAPave användes för att analysera spårdjupsutveckling och utmattningssprickor. Samhällsekonomiska kalkylvärden hämtades från plattformen ASEK för att bedöma faktorerna drift och underhåll, framkomlighet, trafiksäkerhet och miljö.

Resultatet visar på att smalare körfält medför en lägre hastighet, som tillsammans med spårbindenhet orsakar djupare spår för flexibla beläggningar. Detta resulterar i att beläggningen på ett smalt körfält är i mer frekvent behov av att åtgärdas. På en styvare beläggning förekommer i stället sprickor. Sprickor kan leda till att vatten tränger in i konstruktionen och förkortar livslängden. Hur mycket kortare livslängden blir beror på bland annat faktorerna beläggningstyp, andel tung trafik och hastighet.

För faktorerna drift och underhåll, framkomlighet, trafiksäkerhet och miljö varierade samhällskostnaden. Enligt litteraturstudien och Malmö stads kostnadsbedömning kommer kostnaden för drift och underhåll att bli dyrare med ett smalt körfält. Kostnaden för framkomligheten kommer att öka när körfältsbredden minskar. Däremot kommer samhällskostnaden för trafiksäkerheten att minska för ett smalt körfält. För miljön kommer kostnaden för buller och luftföroreningar att vara av en lägre storleksklass och kommer därför inte ha en lika stor påverkan som de andra faktorerna. Utifrån de faktorer som studerats blir det dyrare med en avsmalning men det finns andra parametrar som inte beaktas i studien, som hade kunnat ge ett annorlunda resultat.

Summary

In today's society, sustainability is in focus and cities are designed to prioritize the sustainable alternatives. The city's streets have limited spaces and therefore it will be difficult to favor public transport, pedestrian and bicycle traffic. One measure used to make more space for walking and cycling is to narrow the lane. Lane narrowing is also used to reduce speed at intersections to improve road safety. Consequences that the narrowing has on the service life of the pavement is not yet apparent. It is also not obvious what effects the narrowing will have on the social economic cost.

The purpose of this study is to investigate the consequences narrowing the lane can have on the social economic cost for the factors of operation and maintenance, accessibility, traffic safety and the environment. Furthermore, it is also studied how much shorter the lifespan will be due to narrowing the lane and what damage a narrowing can cause.

The methodology used to answer the questions was primarily a literature study that was supplemented with an observational study. The observational study was carried out on six streets in Malmö with varying lane widths, from 3 to 5.8 m. With the help of the city of Malmö's condition assessment, information about the selected streets was provided. The condition assessment consisted of information such as rut depth, load capacity and surface damage for the selected streets in Malmö. Programs such as PEDRO and ERAPave were used to analyze rut depth development and fatigue cracks. Socio-economic calculation values are taken from the ASEK platform to assess the factors of operation and maintenance, accessibility, traffic safety and the environment.

The result shows that a narrower lane with flexible pavement leads to a lower speed which, together with rutting, causes deeper ruts. This results in the pavement on a narrow lane needing repair more frequently. Cracks occur instead on a more rigid pavement. Cracks can lead to water penetrating the structure and shorten its lifespan. How much shorter the service life depends on the factors pavement type, heavy traffic and speed.

For the factors of operation and maintenance, accessibility, road safety and environmental the social economic cost varied. According to the literature study and the city of Malmö's cost assessment, the cost of operation and maintenance will be more expensive with a narrow lane. The cost of accessibility will increase as the lane width decreases. On the other hand, the social economic cost of traffic safety will decrease for a narrow lane. For the environment, the cost of noise and air pollution will be of a lower magnitude and therefore will not have as great an impact as other factors. Based on the factors studied, it will be more expensive with narrowing of the lane, but there are other parameters that are not considered in the study, which could have given a different result.

Begreppslista

| | |
|----------------------------|---|
| ERAPave PP | Elastic Response Analysis of PAVements. Analysverktyg för bland annat prognostisering av utmattningssprickor. |
| PEDRO | PERmanent Deformation of asphalt concrete layer for ROads. Analysverktyg för prognostisering av spårutveckling för tung trafik. |
| Dynamisk hjullastvariation | När ett fordon sätts i "gungning" vid ojämnheter vilket ökar nedbrytningen av vägkonstruktionen. |
| ÅDT | Årsmedeldygnstrafik. |
| VGU | Vägar och gators utformning, Trafikverkets regelverk. |
| ASEK | Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn. |
| MEX | MalmöExpressen är ett BRT-koncept (Bus Rapid Transit) i Malmö där busslinjerna trafikeras av dubbelledade bussar. |
| STRADA | Swedish Traffic Accident Data Acquisition. Ett informationssystem för data om skador och olyckor inom vägtransportsystemet. |



1 Inledning

1.1 Bakgrund

År 2015 antog FN:s medlemsländer de sjutton globala målen för en hållbar utveckling som ska uppnås fram till år 2030. De globala målen togs fram för att främja en hållbar utveckling som innebär en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjlighet att tillfredsställa sina behov. Hållbar utveckling består av tre dimensioner, den ekonomiska, den sociala och den miljömässiga. De globala målen handlar om att lösa klimatkrisen och samtidigt värnar om människors hälsa och välbefinnande (Regeringen, u.å.).

En del i de globala målen handlar om trafiksäkerhet, att minska antalet dödsfall och skador i trafiken, mål 3.6. Detta mål ligger i linje med Nollvisionen som handlar om att ingen ska dö eller skadas allvarligt i trafiken (Trafikverket, 2023a). Ett annat mål är 11 som handlar om att de växande städerna ska mötas med hållbart byggande och hållbar planering. Stadsplaneringen ska göra så att städerna blir säkrare och mer hållbara för framtiden. För transportsystemet handlar det om att bygga ut kollektivtrafiken för att förbättra trafiksäkerheten och göra den tillgänglig för alla (Globala målen, 2022).

I dag väljer fler och fler att flytta till storstäder och den växande staden kan skapa många nya möjligheter för samhället men den kan också bidra till en del problem. För att bidra till ett hållbart samhälle strävas det att röra sig bort från bilberoendet och skapa fler möjligheter för människan att välja ett hållbart alternativ som kollektivtrafik, cykel och gång. De befintliga gatorna i storstäder har utformats för att gynna biltrafikens framkomst. I dagens stadsplanering är målet att främja de hållbara alternativen i det befintliga gaturummet. Stora ombyggnationer sker i städer för att ge plats till de hållbara alternativen i det redan begränsade gaturummet. För att få plats med de hållbara alternativen kan olika omprioriteringar behöva göras i gaturummet som resulterar i en smalare körfältsbredd för biltrafiken än tidigare (Rye & Hansson, 2022).

Stadens gator har begränsat utrymme och därför blir det svårt att prioritera alla trafikslag vilket resulterar till att avsmalningar tillämpas. Regelverk och tekniska handböcker finns så att optimala mått tillhandahålls för att säkerställa komfort, säkerhet och framkomlighet för alla trafikslag. För att få mer plats till de hållbara alternativen som cykel och gång i det begränsade gaturummet genomförs ofta avsmalningar av körbanan med risk att minimikrav av olika bredder inte uppnås (Stähle et al., 2022).

I dagens läge finns det en tydlig trend av att genomföra avsmalningar i städernas begränsade gaturum. Genom att veta vilka konsekvenser en avsmalning medför kan dagens stadsplanerare i tidigt stadium identifiera avsmalningens påverkan på samhället. Den direkta kostnaden som sparas av att göra en avsmalning kan leda till stora kostnader för samhället

på lång sikt. Därför krävs mer kunskap och insikt om vad olika körfältsbredder har för inverkan på samhället.

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta examensarbete är att studera vilka konsekvenser avsmalning av körfältsbredder kan få på samhället. En avsmalnad väg är när körfältsbredden understiger de krav som finns i regelverk eller kommunens tekniska handbok. Studien genomförs genom att identifiera vilka olika typer av skador som kan uppkomma på körbanan men också på djupet i vägkroppen. För att bedöma livslängden kommer även prognosmodeller för spårdjups- och sprickutveckling som PEDRO och ERAPave implementeras. I detta arbete ska även de samhällskostnader som uppkommer på grund av en avsmalning studeras. Detta ska åstadkommas genom att studera utvalda vägar i Malmö med varierande körfältsbredd. Parametrar som ska studeras är drift och underhåll, framkomlighet, trafiksäkerhet och miljö.

Arbetet kommer att besvara följande frågeställningar:

- Hur kommer livslängden att påverkas av en avsmalning och vilka skador kan en avsmalning medföra?
- Hur påverkas samhällskostnaden av drift och underhåll, framkomlighet, trafiksäkerhet och miljö?

1.3 Avgränsningar

Studien kommer att innefatta stadsbebyggelse och avgränsas till gator med olika asfaltbeläggningar. Kullersten av olika slag eller betongplattor osv kommer därmed inte att ingå i studien. De gator som kommer att studeras är de som brukas av busslinjer som ingår i Malmös storstadspaket (SSP). På busslinjer som ingår i storstadspaketet finns aktuella data tillgänglig som bland annat ojämnheter, tjocklek, bärighet, sprickor och tvärfall.

Handböcker kommer att avgränsas till de större kommunerna Malmö, Stockholm och Göteborg eftersom de hade mer utförliga tekniska handböcker samt mer information om hur avsmalningar hanteras. Kommunen Umeå kommer att tas med i studien med anledning att få in perspektiv vid utformning av gaturum i norra Sverige där vinterväghållning är mer relevant.

De vägar som ska studeras avgränsas till Malmö och andra hastighetsdämpande åtgärder som exempelvis olika farthinder kommer ej tas i beaktning i arbetet. Avsmalningar som berör fordonstrafiken ska studeras och inte avsmalningar på gång- och cykelbanor.

Då nötning på grund av dubbdäck är 20 % i Malmö kommer detta inte tas i beaktning i studien (Malmö stad, 2023).

1.4 Metodik

För att uppnå syftet med examensarbetet används både kvalitativa och kvantitativa metoder. Examensarbetet inleds med en omfattande litteraturstudie för att samla in nödvändig kunskap om avsmalningar och de olika konsekvenser som medförs. Litteraturstudien omfattar rapporter, handböcker, regelverk och kurslitteratur. De sökmotorer som litteraturen främst hämtats ifrån är Google, Google Scholar, LUP student, databas för Lunds universitetsbibliotek LUBcat och LUBsearch. Sökord som använts vid litteratursökning är: "avsmalningar", "vägöverbyggnads livslängd", "körfältsbredd", "spårbildning", "PEDRO" och "ERAPave". För att studien ska kunna tillämpas i hela Sverige omfattar litteraturstudien även information från utvalda kommuner i Sverige.

En fältundersökning genomförs på några utvalda gator i Malmö där skador av olika karaktär identifieras. Programmet ERAPave användas för att studera spår- och sprickutveckling medan programmet PEDRO används för att prognostisera spårbildning. Regressionsanalys används för att bedöma om spårdjup påverkas av standardaxlar, hastighet, körfältsbredd och ÅDT. För faktorerna drift och underhåll, framkomlighet, trafiksäkerhet och miljö kommer plattformen ASEK att användas för att bedöma de samhällsekonomiska kostnaderna.

1.5 Rapportens disposition

Studien är indelad i sex kapitel och nedan följer en kort beskrivning för samtliga.

- Kap. 1 *Inledning* - Inledningsvis av rapporten redovisas bakgrund, syfte, frågeställningar, avgränsningar och rapportens disposition.
- Kap. 2 *Litteraturstudie* - Insamling av vetenskapliga studier och underbyggande kunskap som relaterar till arbetets ämne. Litteraturstudien ska fungera som ett underlag för efterföljande analyser i nästkommande kapitel.
- Kap. 3 *Fältundersökning* - Fallstudien består av en fältundersökning som avser att utreda skador på några utvalda gator i Malmö.
- Kap. 4 *Metod* - Översikt av de delar som ligger till grund för genomförandet i denna studie.
- Kap. 5 *Resultat* - Under detta kapitel redovisas och analyserar vilka resultat som studien kommit fram till.
- Kap. 6 *Diskussion* - Diskussionsdelen avser att utvärdera och analysera studiens resultat samt metod.
- Kap. 7 *Slutsats* - Studien avslutas med en slutsats som avser att besvara frågeställningarna. Här ges även några rekommendationer för vidare studier.



2 Litteraturstudie

Litteraturstudien görs för att samla in nödvändig kunskap om avsmalningar och de olika konsekvenser som medförs. Litteraturstudien omfattar även teorin bakom de modeller och kalkyler som används i metoden för att redogöra resultatet.

2.1 Gaturummet

2.1.1 Gaturummets historia

För att kunna förutsäga framtidens gaturum krävs det en viss förståelse för varför en gata ser ut som den gör. Detta görs lämpligen genom en tillbakablick av viktiga epokvisa stadsplanemönster av gatans historiska utveckling. Det som styr i allra högsta grad hur gaturummet utformas beror på vilken typ av stadsplanering som drivs för tillfället (Björk, Nordling & Reppen, 2018). Stadsplaneringsideal i dagens städer har politiska likväl som historiska rötter där gatan inom stadsplanering och förvaltning har en betydande och central roll (Björk et al., 2018). Enligt Gehl (2006) är perioderna medeltid, renässans-barock, industrialismen och funktionalismen historiskt viktiga tidpunkter för gaturums utveckling.

Under medeltiden skapades och utformades gator efter användningsområde och behov (Gehl, 2006). Det fanns inga stadsplanerare som planerade de medeltida stadens gator, utan Gehl (2006) poängterar att det är ett resultat av den kontinuerliga processen med anpassning och utveckling av den fysiska miljön i enlighet med stadens funktioner. Folket såg staden och gatorna som ett verktyg skapat utifrån sina egna behov. Det finns än idag sammanhållna gatutyper från medeltiden i Sverige, de mest kända och största områdena är framför allt Gamla stan i Stockholm och Visby på Gotland. På dessa gator syns ett tydligt mönster av hur gatorna var dimensionerande. Ett vanligt breddmått på denna typ av gata är 5 meter och detta tillät två kärror att mötas (Trafikverket, u.å.).

Renässansen under 1400-talet kom att vara en viktig punkt i nordeuropeisk stadsplanering. Fram till denna tidpunkt har staden formats av dess invånare, men första gången talades det om en planerad stad vilket gjorde att stadsplanering sågs mer som en konst. Mer fokus under skapandet låg på att få in det visuella i gatan vilket har fått ett stort inflytande på efterkommande århundraden. I och med denna vändning i historien började stadsplanerare tänka mer på de estetiska och de visuella uttrycken inom arkitekturen i städernas gaturum, vilket har återspeglats i efterkommande århundraden (Gehl, 2006).

Den andra stora förändringen i Stadsöversiktsplanering kom med funktionalismens intåg, vilket skedde runt 1930-talet. Denna tidsepok är även känd som modernismen och kännetecknas av övertygelsen om att modern teknik kan förändra samhället. Idéer kring hälsa och psykologi betraktades mer ur ett funktionellt och fysiskt perspektiv, där de nya

ledorden blev luft och ljus samtidigt som synen på stadsplanering övergick mer till att säkerställa det individuella välbefinnandet i staden. Ur en arkitektonisk synvinkel vad funktionalismen misslyckades med att uppskatta är att se på planering i psykologiska och sociala termer. Enligt Gehl (2006) grundar sig denna synvinkel enbart i ett ointresse. Jakten efter ljus och luft i staden resulterade i ett funktionellt avskilt samhälle där avstånd mellan aktiviteter och människor blev allt längre. Detta i följd med biltrafikens intåg bidrog till att aktiviteter utomhus minskade. Stadsplanering i dagens samhälle har och tar ännu sin form från funktionalismens fysiska och materialistiska planerande och renässansens estetiska och visuella uttryck (Gehl, 2006).

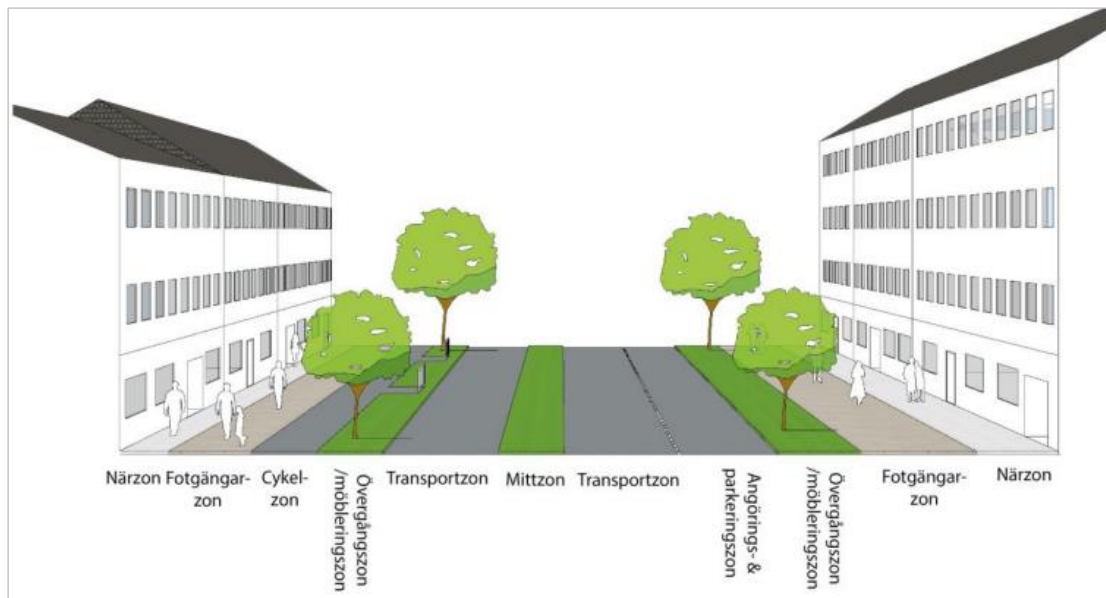
Efter biltrafikens inmarsch under 1900-talets har stadsbilden förändrats helt, från den sociala mötesplats som gatan var till att nu domineras av biltrafik (Jonsson & Wahl, 2008). I takt med den ökande bilorienterade planeringen har gångförhållanden på stadens gator runt om i världen blivit alltmer bristande (Gehl, 2006). Med ständigt krympande trottoarer var det fotgängarna som blev lidande ur denna period som i princip blev intryckta mot husfasaderna. Från gatans funktionalitet som plats och tillfartspunkt blev framkomligheten för biltrafiken allt viktigare, och för att komma från detta måste förhållandet återbalanseras (Marshall, 2004). Runt 80- och 90-talet framträdde ett nytt synsätt på stadsplanering vilket kom att förändra tidigare års tekniskt orienterad bil-infrastrukturplanering. Nu låg fokus i stället på en mer individorienterad trafikplanering vilket innebar att mer hänsyn togs till olika trafikantgruppers förflyttningsbehov med fokus på tillgänglighet och hållbar utveckling (Bjerkemo & Knutson, 2008).

Under 2000-talet har städer börjat omforma sina gator för att prioritera tillgänglighet, hållbarhet och trygghet för alla. Ett ord som ofta kommer upp är paradigmskiftet, vilket innebär en omvandling i arbetssätt och synsätt, och det syns tydligt i dagens planering att det skett ett paradigmskifte från den dåvarande bilorienterade planeringen (Bjerkemo & Knutson, 2008). Trots omvandlingen som sker hävdar Marshall (2004) att i många fall uppmärksammas problemen endast utan att några verkliga åtgärder sker. Det sker fortsatt stora satsningar på vägar och järnvägar för att rationalisera och knyta samman småstäder med större städer ur ett regionalt hållbart perspektiv (Björk et al., 2008). Bilismens inflytande i staden diskuteras flitigt i dagens planering och det har blivit en utmaning att utforma gator på ett sätt som är tryggt, hållbart och som tillfredsställer alla invånare. Därför förespråkas fördelarna med helt bilfria gator alltmer, där gaturummet byggs och utformas utifrån fotgängarnas villkor (Björk et al., 2008).

2.1.2 Gaturummets olika zoner

För att gatan ska vara välfungerande krävs det att gatan är inbjudande för flera transportmedel, ge goda förutsättningar för passage och för att stanna upp och vistas men även erbjuda en variation av aktiviteter (Svensson, 2015). För över 20 år sedan uttalade dock Balgård (1994) betydelsen av att betrakta gatan i form av olika zoner. En indelning av gaturummet i olika zoner kan då genomföras efter användning och funktion vilket skapar en mer beskrivande bild av gatan. Gatan är uppdelad i flera zoner som var och en ska motsvara olika behov och funktioner. Balgård (1994) understryker behovet av en explicit indikation av vilka ytor som är tilldelade olika användningsområden. Därför måste de olika zonerna

vara särskiljbara från varandra. Nedan i Figur 1 kan samtliga zoner från en gatusektion åskådliggöras.



Figur 1. En illustration av olika zoner i ett gaturum (Ahlström, 2018).

Närzon är den zon som ligger närmast husfasaden och fungerar som en förlängning av byggnaden både för struktur och fasad men även så att dörrar eller kaféer längs med trottoaren får plats (Island press, 2018). Fotgängarzonen som är placerad intill närzonen är till för gångrörelse och ska säkerställa att fotgängare har en säker och lämplig plats att gå och vistas på. Cykelzon är avsedd att transportera cykeltrafik obehindrat längs med gatan. Beroende på hur situationen ser ut i gaturummet kan cykelzonen placeras antingen som i Figur 1 eller mellan övergångszon/möbleringszon och transportzon. Övergångszon/möbleringszon är den del av trottoaren mellan transportzon och den genomgående zonen där olika bekvämligheter kan placeras, exempelvis möbler, cykelparkeringar, planteringar, träd och belysning (Island press, 2018). Transportzonen är oftast störst till ytan av samtliga zoner i gaturummet och är avsedd för all fordonstrafik. Mittzon fungerar som en avskiljare mellan de olika transportzonerna (Island press, 2018).

2.2 Smart gata

I dag finns det många dokument och regelverk att förhålla sig till när gaturummet designas. Med hållbarhet i fokus startades ett forskningsprojekt för att ta fram en designguide, Smart gata framtagen av KTH, Chalmers, VTI, Spacescape, Sweco & White Arkitekter (2022). Guiden är tänkt att användas som inspiration, underlag och bidra till de nödvändiga förändringarna för svensk gatupolicy på kommunal, regional och nationell nivå och för handböcker som VGU (Vägar och gators utformning) och TRAST (Trafik för en attraktiv stad). Handboken Smart gata togs fram för att användas av planerare, projektörer och konstruktörer inom både offentliga myndigheter och privata aktörer som designar Sveriges gator (Ståhle et al., 2022).

Designguiden utgår från fyra megatrender som har identifierats och som kommer att förändra samhället. De fyra megatrenderna som identifierats är urbanisering, digitalisering, samhällsförändring och miljöförändring. Efter Covid-19 pandemin har megatrenderna förstärkts och därför måste dagens gator förändras för att hänga med i den hållbara stadsutvecklingen. Samhällsförändringar kommer att ställa krav på att gatorna ska vara tillgängliga, trygga och säkra för alla (Ståhle et al., 2022). Ståhle anser att dagens regelverk inte möter framtida trender och utmaningar och inte styr mot en hållbar stadsutveckling. Enligt Ståhle behöver svensk gatupolicy förnyas så att de avspeglar de globala trenderna som förändrar vår värld, förbättra städerna för att kunna möta framtidens utmaningar och bättre främja hållbar utveckling (Ståhle et al., 2022).

2.3 Vägavsmalning

När vägar först började byggas följde vägen naturens topografi och vegetation och resultatet var en krokig väg i både plan och profil. Redan från 1350-talet fanns det lagar för väghållning. Under medeltiden fanns det landslag på att vägbredden för landsvägar skulle vara 10 alnar (6 m) och byvägar 6 alnar (3,6 m). Under 1700-talet anlades många bruk som ökade transportbehovet och därför lades mycket tid på att förbättra vägarna. Samma vägbredd fortsatte även att gälla i Byggningsbalken 1734 och fastslås även i 1891 års vägslag (Högman, 2022).

Normalsektioner för olika vägbredder togs fram av Kungliga väg- och vattenbyggnadsstyrelsen som 1967 blev Vägverket. Bilismens framväxt under 1900-talet medförde behov av bättre vägar (Vägverket, 2004). 1967 tog Statens Vägverk fram normalbestämmelser för vägars geometriska utformning. Körfältsbredden berodde på trafikmängden och för tvåfältsvägar varierade den mellan 3 och 3,5 m. Under 1970-talet ökade körfältsbredden till 3,75 på högtrafikerade vägar. 1994 återinfördes en smalare körfältsbredd, som är 3,25 m för tvåfältsvägar. I VGU år 2004 implementerades 3,25 och 3,5 m körfältsbredd på motorvägar och mötesfria vägar (Berntman, et al., 2012).

I dag finns det stora krav på att gatorna ska vara trafiksäkra och därför läggs stora resurser på att uppnå det. En vanlig åtgärd för att göra vägen mer trafiksäker är att minska körfältsbredden. Detta görs för att minska hastigheten eller för att minska exponeringstiden för oskyddade trafikanter vid ett övergångsställe. I dag används ofta avsmalningar för att ge plats till de hållbara alternativen som en separerad cykelväg längs gatan. Med en större gata blir även underhållskostnader högre och för att minska underhållskostnader görs gatan smalare (SKR, 2019c).

2.3.1 VGU - Råd och krav

En avsmalning innebär allt som underskrider den angivna bredden i Trafikverkets regelverk VGU, Vägar och gators utformning och de olika kommunernas tekniska handböcker. VGU är ett regelverk som Trafikverket har tagit fram och som används vid projektering av statliga vägar. Avsmalningar kan utformas på olika sätt, vanligtvis görs det genom att smalna av vägen eller genom att sätta in en refug som gör körfältsbredden mindre. Enligt VGU Råd

kan en avsmalning beskrivas som en hastighetsdämpande åtgärd. För att en avsmalning ska vara en effektiv hastighetsdämpande åtgärd bör den kombineras med en annan åtgärd såsom farthinder eller sidoförskjutning. Breddbehovet mellan kantsten för två bussar som möts rekommenderas i högsta utrymmesklass till 6,3 m och lägsta till 5,8 m (Trafikverket, 2022b).

Vid utformning av nya vägar eller vid ombyggnad används krav från VGU tillsammans med kommunens tekniska handbok. Körfältsbredder bestäms utifrån gatans trafiksituation, vid vald hastighet och för vald utrymmesklass. En normalbuss har enligt VGU Krav en bredd på 2,55 m och sidoavståndsmåttet mellan två bussar i rörelse ska utifrån utrymmesklass ligga mellan 0,7 och 0,4 m. Avståndet från en buss i rörelse till vägbanekant, med eller utan kantstöd ska vara mellan 0,2 och 0,1 m med hänsyn till utrymmesklass. Om det finns ett hinder vid eller utanför vägbanan som är högre än 0,2 m så ska avståndet mellan en buss i rörelse och hindret vara mellan 0,5 och 0,4 m (Trafikverket, 2022a).

2.3.2 Teknisk handbok

Stora kommuner i Sverige har en egen teknisk handbok som ska användas vid projektering och genomförande samt för drift och underhåll på offentlig mark. Tekniska handboken används som ett komplement till regelverk men innehåller mer specifika krav och anvisningar utifrån kommunens behov. Vid motstridande uppgifter mellan exempelvis VGU och tekniska handboken så gäller den tekniska handboken. Vid avsteg från tekniska handboken måste avsteget skriftligt godkännas av Trafikkontoret. Enligt Stockholms stads tekniska handbok så ska enfältiga körbanor ha en bredd som är 3,5 m och hinderfri minst 3,25 m. Detta gäller enkelriktade körbanor där möten inte är möjligt. För flerfältiga vägbanor så ska körfältsbredden vara större än 3,25 m och detta gäller när det är flera körfält i samma riktning. För en dubbelriktad körbana ska bredden minst vara 6,5 m mellan hinder (Stockholm stad, 2022).

Göteborgs stads tekniska handbok utgår från krav och råd i VGU tillsammans med handboken TRAST. I Göteborgs stads tekniska handbok kan avsmalningar göras med mittrefug, dubbla sidorefuger eller breddning av gångbanorna. Enligt handboken så ska avsmalningar kombineras med andra hastighetsdämpande åtgärder för att säkra effekten vilket följer VGUs riktlinjer (Göteborg stad, 2021). Minsta avståndet mellan refugens kantsten och körbanans kantsten ska vara 3,5 m för ett körfält. Körbanebredden för två bussar i rörelse på en gata med referenshastigheten 40 km/h är minst 6,5 m (Göteborg Stad, 2020).

I Malmö stads tekniska handbok kommer stora delar av materialet från VGU och TRAST. Utrymmesbehovet beräknas genom att ta hänsyn till typfordonen i VGU, hastighet och utrymmesklass. Enligt Malmö stads tekniska handbok bör ett enskilt körfält inte understiga 3,5 meter mellan kantsten och annat sidohinder. För en vägbanan där två normalbussar möts ska bredden minst vara 6,5 m vid referenshastigheten 30 km/h (Malmö stad, 2006).

Utförar- och leverantörswebb är Umeå kommuns tekniska handbok. Enligt Umeås tekniska handbok ska körfältsbredden minst vara 4 m mellan hinder på kollektivtrafikens stråk. För dubbelriktad körbana ska körbanebredden minst vara 7 m men för kollektivtrafikens stomstråk gäller 7,5 m (Umeå kommun, 2023a). I Tabell 1 nedan redovisas en översikt av körfältsbredden och vägbanebredden för de olika kommunerna vid olika hastigheter.

Tabell 1. De olika kommunernas minsta körfältsbredd och körbanebredd vid olika hastigheter.

| | Stockholm Stad ¹ | Göteborg Stad ² | Malmö Stad ³ | Umeå kommun ⁴ | VGU ⁵ | Smart gata ⁶ |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|
| Referens-hastighet | - | 40 km/h | 30 km/h | - | 40 km/h | 40 km/h |
| Minsta körfältsbredd | 3,5 m | 3,5 m | 3,5 m | 4 m | 2,9 m | 3,25 m |
| Minsta Körbanebred | 6,5 m | 6,5 m | 6,5 m | 7 m (7,5 m) * | 5,8m | - |

* Minsta körbanebredden är 7,5 m för kollektivtrafikens stomstråk.

¹ (Stockholm stad, 2022)

² (Göteborg Stad, 2020)

³ (Malmö stad, 2006)

⁴ (Umeå kommun, 2023a)

⁵ (Trafikverket, 2022a)

⁶ (Stähle et al., 2022)

2.3.3 Smarta Gator

Smart gata delar in sina körfält i tre typer, ett smalt körfält som är 2,7 meter, normalt körfält som är 3 m och bredare körfält som är 3,25 m. Bredare körfält ska användas på gator som trafikeras av bussar. Smart gata dimensionerar körfält efter fordonshastighet och fordonstyp. För kollektivtrafiken bör maxhastigheten inte överskrida 40 km/h och genomsnittshastigheten ska minst vara 20 km/h. I Smarta gator står det att ett smalt körfält är trafiksäkrare än ett brett. Detta beror på att vid en avsmalning brukar hastigheten sänkas och uppmärksamheten ökar. Ett smalare körfält innebär också att det blir mer yta till andra prioriterade funktioner som gång och cykel. I norra Sverige rekommenderas ett bredare körfält än de normala för att ta hänsyn till snöröjning och snövallar (Stähle et al., 2022).

2.4 Väggkroppens uppbyggnad och beläggningstyp

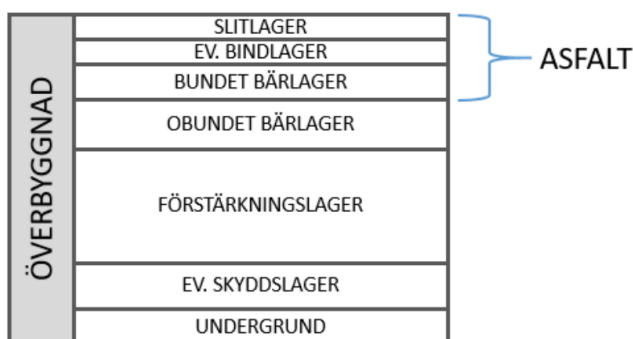
I dagens samhälle sker resor i större utsträckning och därför finns det höga krav på bättre underlag som klarar den stora lasten. En vägöverbyggnad ska dimensioneras enligt den mekanistisk empiriska dimensioneringsmetoden i TRVK Väg. När en väg dimensioneras väljs material och tjocklek på de olika materiallagren. Det är viktigt att vägen dimensioneras efter den rådande trafiksituationen eftersom en underdimensionerad väg kan leda till höga underhållskostnader (Asfaltsboken, 1999).

Historiskt har det inte varit någon komplicerad process att välja beläggningstyp eftersom det var färre beläggningar att välja bland. Numera ser situationen annorlunda ut där en större mängd olika typer av beläggningar finns som dessutom har varierande egenskaper. Allt större påkänningar på beläggningen sker idag jämfört med förr vilket främst har sin orsak i nya fordonstyper, ökande trafik och tyngre laster. Det finns således ett behov av att utveckla krav och metoder för beläggningarnas funktionella egenskaper och då främst funktioner över en längre tidsperiod (Karlsson, 2014).

2.4.1 Överbyggnad

Väggkroppen består av två delar, en överbyggnad och en underbyggnad. Överbyggnaden har som uppgift att fördela lasten till underbyggnaden samt att motstå belastning utan stora deformationer. Överbyggnaden ska även transportera bort vatten från vägytan och erbjuda en jämn yta som uppfyller krav på säkerhet och komfort. Underbyggnaden består av material med lägre bärighetskrav och har till uppgift att fortsätta sprida lasten ner i konstruktionen. (Agardh & Parhamifar, 2012).

Vägöverbyggnader består av ett antal olika lager (Figur 2) som har olika egenskaper. Slitlagret är det översta lagret och ska förse vägen med en trafiksäker och komfortabel yta. På slitlagrets yta ställs krav på jämnhet både i längd- och tvärled men även för tvärfall och friktion (Asfaltsboken, 1999). Det vanligaste slitlagret i Sverige består av tät asfaltmassa som inte släpper igenom vatten. Det finns även öppen beläggning som släpper igenom vatten i konstruktionen (Agardh & Parhamifar, 2012).



Figur 2. Överbyggnadens olika lager i väggkroppen (Johnsson, 2020).

Bindlagret används som en övergång mellan slitlager och bärlagret. Den används då det är stor skillnad i stenstorlek för att överföra spänningar från trafikbelastning och som utjämnar bärlagrets ojämnheter (Asfaltsboken, 1999). Bärlagrets uppgift är att sprida trafiklasten så att det inte uppstår för stora spänningar eller deformationer på underliggande lager. Vanligtvis består bärlagret av asfaltgrus och ska vara av hög kvalitet för att få tillräckligt med styrka att motstå deformationer och utmattningar (Agardh & Parhamifar, 2012). Obundet grusbärlager har i uppgift att fördela trafiklasten till det underliggande lagret. Det består främst av krossat grus/sten och är spänningsberoende vilket gör att det måste packas. Förstärkningslagret ska fördela vidare trafiklasten till undergrunden och fungera som ett dränerande lager. Ibland används även ett skyddslager när det finns risk för tjällyftningar eller när det behövs ett materialskiljande lager för att förhindra att undergrundens material tränger upp i förstärkningslagret (Agardh & Parhamifar, 2012).

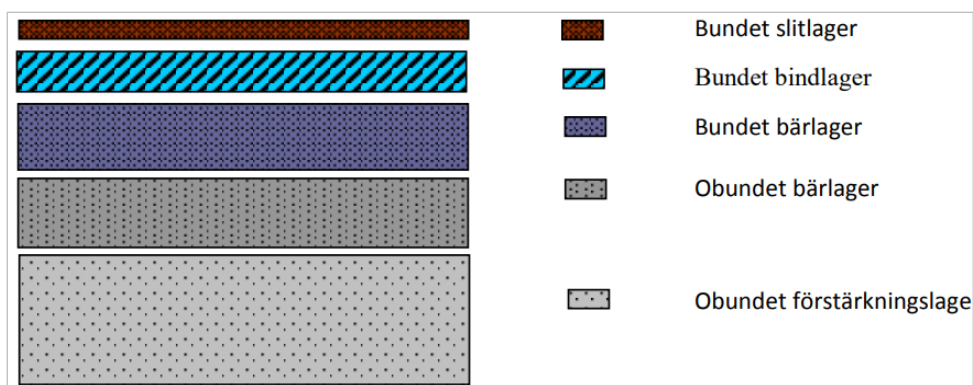
2.4.2 Överbyggnad - avsmalningar

För att möta de krav som ställs på en vägöverbyggnad vid avsmalningar krävs det att överbyggnaden är tillräckligt beständig för att klara av trafiklasterna. På en smalare gata blir lasten från trafiken mer koncentrerad och i kombination med långsammare hastigheter krävs det därför en överbyggnad som är dimensionerad för sådana påfrestningar. Egenskaper som god deformationsresistens och nötningsresistens är ett måste på dessa gator, vilket beskriver

beläggningsens förmåga att motstå plastiska deformationer i beläggningsslagret (Karlsson, 2014).

För att uppnå en god resistens mot deformationer på vägar med hög andel tung trafik krävs det ett bindlager med god stabilitet. Bindemedelshalten i ett bindlager är lägre än i ett slitlager vilket medför att resistensen mot deformationer är bättre men beständighetsegenskaperna är något sämre. Anledningen till att deformationer sker i bindlagret är att skjuvpåkänningarna är störst en bit under slitlagret, cirka 4–8 cm ner i vägkonstruktionen vilket är inom bindlagrets intervall. Bindlagret har dessutom i de flesta avseenden bättre egenskaper än det underliggande bituminösa bärlagret och lämpar sig därför på gator och vägar med hög belastning från tung trafik (Wågberg, 1999).

En medel- eller högtrafikerad (<2000) väg/gata är vanligtvis uppbyggd enligt lagerföljden i Figur 3 nedan. Tjockleken på de olika lagren väljs utefter rådande situation på vägen/gatan. Som nämnts tidigare är det främst kvaliteten på det bundna bindlagret som har en betydande roll på vägkroppens deformationsresistens (Karlsson, 2014).



Figur 3. Principal uppbyggnad av vägkroppen på medel- och högtrafikerade vägar (Karlsson, 2014).

En viss stabilitet för olika beläggningstyper ges genom receptets gränsvärden. För att åstadkomma en deformationsresistent massabeläggning vid höga trafiklast krävs det att vissa faktorer tas i beaktning extra noga vid framför allt tillverkningsprocessen (Karlsson, 2014). I Tabell 2 nedan redovisas några av dessa faktorer som har en påverkan på massabeläggningars deformationsresistens. När det sedan kommer till val av massabeläggning finns det olika typer, men de som motstår deformationer bra på gator med tung spårbunden trafik är framför allt asfaltbetong stenrik (ABS) som slitlager och asfaltbetong bindlager (ABb) som bindlager (Wågberg, 1999).

Tabell 2. Faktorer som påverkar deformationsresistensen i massabelägning (Karlsson, 2014).

| Variabler | Deformationsresistensen förbättras |
|----------------|--|
| Stenmaterial | Naturgrus => helkrossat Rundkornigt => kubuskt => flisigt Maximal stenstorlek Hålrum i stenskelett (HIS) 13 - 17 % (ej under 13 %) |
| Bindemedel | Låg styvhet => hög styvhet Hög bitumenhalt => låg bitumenhalt |
| Massabelägning | Hålrumshalt \approx 4 % (ej under 3 %) Bitumenfyllt hålrum <80 % Filler + bitumenfyllt hålrum <85 % Filler/bitumen vikt-% \approx 1,2 Mörk massa => ljus massa/ljus sten (i vägytan) |

2.5 Skador på vägkroppen

Från och med att vägen som anlagts tas i bruk börjar den kontinuerliga nedbrytningen. Hur fort vägen bryts ner beror på flera faktorer som trafikbelastning, klimatet, ingrepp i vägkonstruktionen, kvalitet på vägkonstruktionen och materialen. Enligt Agardh och Parhamifar (2012) kallas detta läge för vägens strukturella tillstånd. Det strukturella tillståndet beskriver den försämring som vägkroppen ska fördröja när det exponeras av klimatets och trafikens påverkan. För att beskriva vägens tillstånd finns det egenskaper som ska undersökas som bland annat jämnhet, ytskador, bärighet, friktion och avvattningsystem (Agardh & Parhamifar, 2012).

Valet av beläggning och utformningstyp har en stor påverkan på framtida samhällskostnader. Genom felaktiga val av beläggning kan stora skador på vägen uppkomma och att åtgärda skadan innan orsaken är fastställd medför att skadan kommer tillbaka (SKR, 2019b). Genom att smalna av körbanan blir koncentrationen av belastningen större och trafiken blir mer spårbunden. Konsekvensen blir större slitage på vägbanan. De gator där det oftast görs vägavsmalningar är busstrafikerade leder. Den tunga trafiken bidrar till större slitage på vägbanan och bryter ner vägen på de avsmalnande ytorna (SKR, 2019c). Nedan kommer en djupare beskrivning av de skador som vanligtvis uppkommer vid avsmalning av körbanan.

2.5.1 Ojämnheter - Orsak och åtgärd

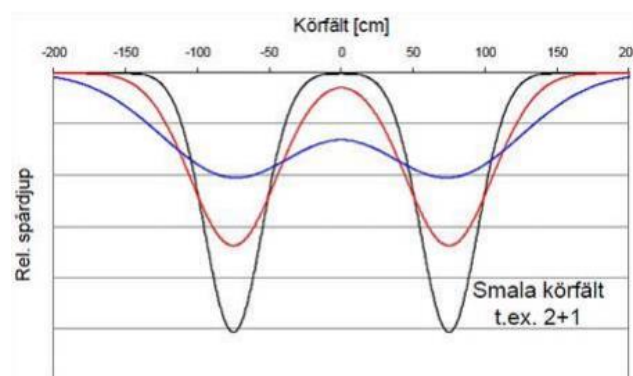
Ojämnheter som spårbildning kan orsakas av nötning, plastiska deformationer som efterpackning och omlagring samt bärighetsspår. Spårbildning upplevs av trafikanterna som en osäker väg och därför sänker de ofta hastigheten vid djupa spår. Jämnhet handlar inte bara om hur vägens yta ser ut utan även hur trafikanten påverkas av ytan. En ojämn väg är inte bekväm att köra på och därför är det viktigt att måttet som används för att mäta ojämnheter också inkluderar trafikantens upplevelse (Agardh & Parhamifar, 2012).

Spårbildning kan uppstå på grund av nötning som orsakas av vinterdäck (SKR, 2019a). Spårbildning som orsakats av nötning kan åtgärdas genom att justera eller lägga ett nytt slitlager i kombination med planfräsning och avjämning (SKR, 2019b). Tunga fordon kan ge upphov till spårbildning som orsakas av plastiska deformationer. Det översta beläggningslagret utsätts för skjuvkrafter som leder till omlagring av materialet (Wågberg, 1999). Dessa spår bildas eftersom asfaltmaterialet flyttas och bildar valkar bredvid spåret (Agardh & Parhamifar, 2012).

Ojämnheter som bärighetsspår orsakas av tunga fordon och ju längre ner i konstruktionen som deformationen sker desto bredare blir spåren (Agardh & Parhamifar, 2012). Bärighetsberoende spår orsakas främst av deformationer i överbyggnadens obundna lager eller i undergrunden, där det är tunna beläggningslager eller användning av olämpligt material. Metoden som ofta används för att åtgärda spårbildning är avjämning, fräsning och sedan ersättning med ny deformationsresistent beläggning. Hur mycket som ska fräsas bort beror på orsaken till spårbildningen och ibland räcker det med endast slitlagret (SKR, 2019b). Bärighetsrelaterade skador är kostsamma eftersom det skadade materialet som finns kvar måste tas bort eller ersättas (SKL, 2016).

En annan orsak till att det förekommer ojämnheter vid avsmalningar är för att det hålls en lägre hastighet (Maze et al., 2000). Avsmalning av körbanan resulterar i en lägre hastighet, eller i vissa fall stopp, vilket gör att den totala vikten påverkar konstruktionen under en längre tid. När konstruktionen utsätts för en större belastning under en viss tid kan till exempel en buss medför snabbare nedbrytning av vägbanan (SKR, 2019c).

Ett smalare körfältsbredd innebär också att möjligheten för föraren att variera i sidoläge minskar. Ett underlag som tagits fram av Granlund (2016) där landsvägar studeras visar att om körfältsbredden minskar från 3,5 m till 3,25 så kommer spårdjupet att öka med en tredjedel. Ett smalare körfält kommer då att få högre underhållskostnader än ett bredare körfält när det gäller spårbildning. Hur spårdjupet påverkas av körfältsbredden redovisas i Figur 4. Slitagespårdjupet har tagits fram med VTI:s slitagemodell för prognostisering av spårbildning som orsakats av dubbdäcksslitage (Granlund, 2016).



Figur 4. Sambandet mellan körfältsbredd och spårdjup. Den svarta linjen illustrerar ett smalt körfält och den blåa ett bredt körfält. (Granlund, 2016)

Svevia (2009) gjorde en liknande studie där spårbildning för landsvägar studerades. Spåren som studerades var nötningsspår och deformationsspår. Studien visade att minskning av körfältsbredd från 3,75 m till 3,5 resulterade i ett ökat spårdjup med ca 15%. Den utvalda observationssträckan visade även att efter 7 år bestod spårbildningen av två tredjedelar

deformation och en tredjedel nötning av asfaltöverbyggnaden. Slutsatsen var att deformationsspår motsvarade ca 90% och nötningsspår 10 % i södra Sverige. Det som påverkade storleken på deformationen var körfältsbredden, asfaltbeläggnings temperaturkänslighet och omfattningen av den tunga trafiken när beläggningsen var som varmast (Fredriksson, 2009).

Enligt Agardh och Parhamifar (2012) är det viktigt att veta hur djupt spåret är eftersom det kan påverka vattenavrinningen. Vid djupa spår kan vatten ansamlas på vägbanans yta vilket utgör en trafikfara och kan orsaka vattenplaning (Wågberg, 1999). På sommaren ökar risken för vattenplaning och under vintern kan vattnet frysa till is och orsaka halka (Agardh & Parhamifar, 2012). Detta gäller inte bara vid spårbildning utan för alla ojämnheter i längd- och tvärriktning. Om tvärfallet är bristande kan vatten samlas på vägytan och tränga ner i väggkroppen till de obundna lagren och orsaka skador (SKR, 2019a).

2.5.2 Ytskador - Orsak och åtgärd

Skador som kan uppkomma på beläggningsen som till exempel sprickor kallas ytskador. Bärighetssprickor är en ytskada som kan förekomma vid avsmalning av körbanan där sprickorna uppstår i hjulspåret när vägens bärighetsförmåga överskrids. Bärighetssprickor börjar som små hårfina sprickor men växer och tillsammans med flera bildar det ett sammanhängande mönster som kallas krackelering (Agardh & Parhamifar, 2012). Underhållsåtgärder som används för bärighetssprickor är förstärkning genom påbyggnad av asfaltbetong eller asfaltgrus. Påbyggnadens tjocklek beror på hur djupt skadan går men främst är det slitlagret som avgör. För krackelering är det inte tillräckligt med en beläggningsåtgärd utan det krävs en mer genomgående ombyggnad eller förstärkning av väggkroppen. Som en kortsiktig driftåtgärd kan spraypatch (en sorts försegling) eller lappning användas för bärighetssprickor. Vatten i kombination med sprickor anses riskfyllt då förekomsten av vatten i överbyggnaden kan förkorta vägens livslängd (SKR, 2019b).

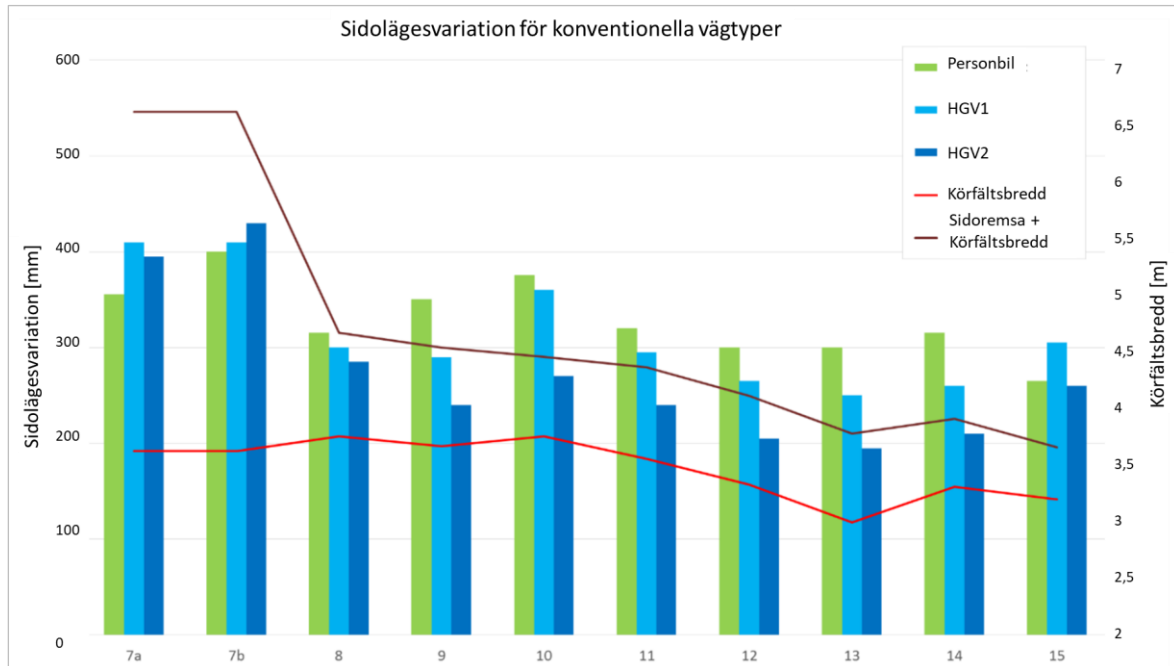
Slaghål som även kallas pothåll är runda eller avlånga hål som oftast löper genom hela beläggningsen (Agardh & Parhamifar, 2012). Pothål uppstår som följd av andra skador som krackelering, separation eller dålig vidhäftning. En kortsiktig lösning är att lagningen genomförs med kallmassa och en långsiktig lagning kan göras med spraypatch, varmmassa eller gjutasfalt (SKR, 2019b). Stensläpp orsakas av dålig vidhäftning mellan stenarna i asfalten, felaktiga proportioner, krackelering eller åldrande beläggningsyta (Agardh & Parhamifar, 2012). Om stensläpp sker på ytbehandlade ytor åtgärdas det genom att lägga en ny ytbehandling annars åtgärdas det genom lappning (SKR, 2019b).

2.6 Variation i sidled

Ett forskningsprojekt på uppdrag av Trafikverket utfördes för att studera variation i sidled på landsvägar. Studien visade att fordonets position och variation i sidled är beroende av vägtyp och körfältsbredd. I rapporten gjordes även spårdjupsmätningar som visade att spårdjupet också påverkas av vägtyp och körfältsbredd. Vägtyper och körfältsbredd har även en påverkan på fordonens variation i sidled. Hur stor variationen blir i sidled beror delvis på

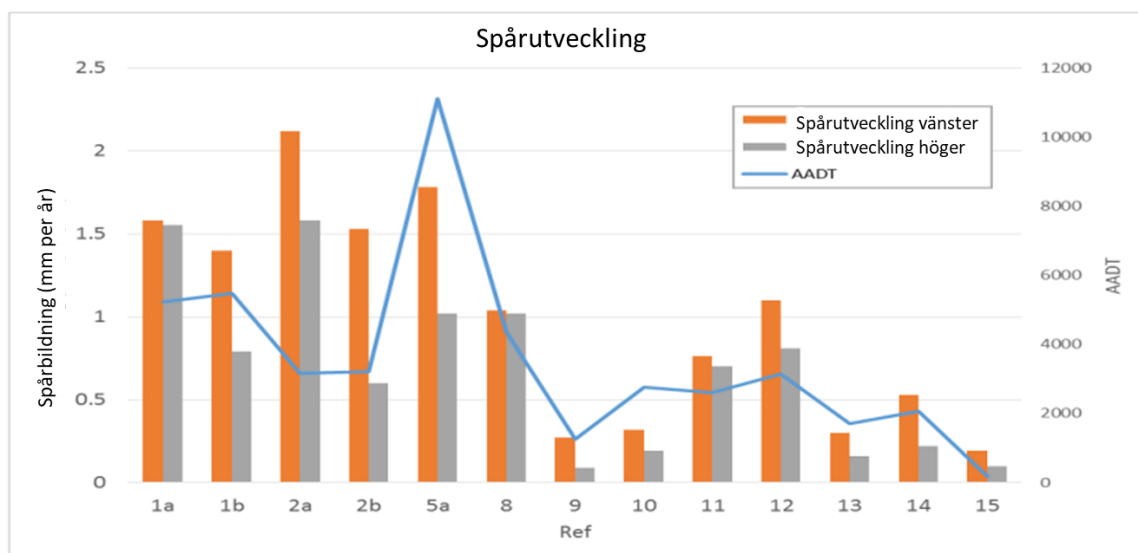
vägens utformning och layout. Vilken hastighet som hålls på vägen, typ av fordon och förarens beteende kommer att påverka variationen i sidled. Variationen i sidled kommer att vara avgörande för konstruktionens livslängd då en lägre sidolägesvariation leder till att beläggningen bryts ner snabbare (McGarvey, 2016).

Studien genomfördes på olika vägar med olika typer av fordon. Fordonen var av typen personbil med bredden 1,5 m, lastbil med 1,8 m (HGV1) och lastbil med 2,1 m (HGV2) i spårbredd (McGarvey, 2016). Resultatet av mätningen för de konventionella vägtyperna, olika landsvägar, presenteras i Figur 5. Det som kan åskådliggöras från figuren är att ett mindre körfält leder till att sidolägesvariationen blir lägre.



Figur 5. Sidolägesvariationen för konventionella vägtyper med olika körfältsbredder. Fordonen var av typen personbil med bredden 1,5 m, lastbil med 1,8 m (HGV1) och lastbil med 2,1 m (HGV2) i spårbredd (McGarvey, 2016).

Med hjälp av data framtagen från Trafikverkets PMSv3-databas går det att bedöma spårutvecklingen i förhållande till ÅDT. Detta har McGarvey (2016) gjort i sin studie och sammanställt data enligt Figur 6. Från Figur 6 att tyda behöver inte en högre trafikvolym per automatik betyda att spåren blir djupare.



Figur 6. Spårutveckling i förhållande till trafikvolym (McGarvey, 2016).

I en rapport skriven av Buiter et al. (1989) beskrivs flera faktorer som påverkar spårbildningen: väder, tid på dygnet, tunga fordon, rådande trafikförhållanden, vägtyp och omgivande miljö. För tunga fordon är det främst körfältsbredden som avgör variationen i sidled. De andra faktorerna som nämnts kommer främst att påverka den hårdast belastade punkten i konstruktionen. Formen på körspåren och hur stor skadan blir på vägen påverkas inte lika mycket av faktorerna (Buiter et al., 1989).

För att studera dimensionerande körfältsbredder skrevs en rapport av Brentman et al. (2012) där sidoläge var en av parametrarna som studerades. Fältstudier utfördes för att undersöka effekterna som körfältsbredden har på sidoplaceringen. Körfältsbredden varierade mellan 3,25 och 3,75 samt med och utan räcke. Ett bredare körfält gör att föraren håller ett större avstånd från mittlinjen men om det finns ett sidoräcke minskar detta avstånd. På ett smalare körfält kommer sidoräcket inte att påverka sidoläget (Brentman et al., 2012). Fältstudien visade även att vid möte väljer föraren att gå ut mer mot sidoremsan. På smala vägar är sidoförskjutningen några centimeter men på breda vägar utan sidoräcke och om mötet sker med lastbil kan sidoförskjutningen handla om flera decimeter. En annan konsekvens av att minska körfältsbredden är att utmatningen (nedbrytning vid belastning av tunga fordon) kommer att öka med ca 10–15 %. Att vägräcken leder till mindre sidospredning resulterar även i snabbare nedbrytning av vägkonstruktionen (Brentman et al., 2012).

2.7 Drift och underhåll

2.7.1 Kostnader för drift och underhåll

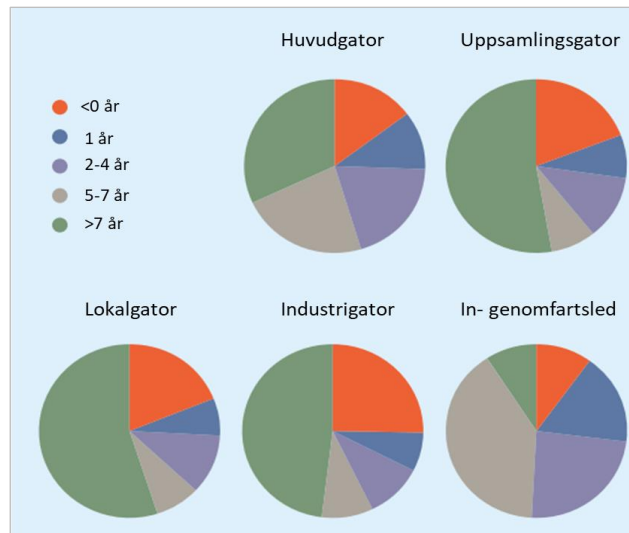
Vädret under vintern är svår att förutsäga och det kan uppstå flera utmaningar för drift och underhåll. Vaghållaren är den som ansvarar för drift och underhåll men effekterna av åtgärderna påverkar hela samhället. För att drift och underhåll ska vara lönsamt för samhället är det viktigt att planera hur resurserna ska fördelas (Trafikverket, 2022f). Den totala

kostnaden för vägen under dess livslängd kan delas in i väghållarkostnader och samhällskostnader. Väghållarens kostnader består av investeringskostnader och drift- och underhållskostnader som ofta utgör en liten del av den totala kostnaden. Drift och underhåll utgör endast 10% av trafik kostnaderna men effekten av de åtgärder som väljs kan ha stor påverkan på den totala kostnaden för samhället (SKR, 2019b).

Hur stor samhällskostnaden blir för vinterväghållningen beror på hur ofta vägen plogas och halkbekämpas (Trafikverket, 2022f). Vinsten med drift och underhåll är ökad trafiksäkerhet, bättre framkomlighet, lång livslängd, minskad miljöpåverkan och bidra till en större samhällsekonomisk nytta (Trafikverket, 2022c). Hur stor samhällsnyttan blir för drift och underhåll beror på hur många det är som använder vägen (Trafikverket, 2022f). När skador på vägkroppen uppkommer är det viktigt att först veta vad orsaken är innan det beslutas om åtgärdstyp. Här är det även viktigt att beakta kostnadsaspekter, inte bara för åtgärden utan för vägen under hela livslängden (Trafikverket, 2022c).

Investeringskostnader är de kostnader som används för byggande eller förbättring av vägen. Underhållskostnader handlar om att återföra vägens egenskaper till det ursprungliga och består av kostnader för beläggningsåtgärder som till exempel slitlagerbeläggning. Driftkostnader handlar om att upprätthålla de funktionella egenskaperna och består av kostnader som till exempel snöröjning. I Sverige är det Trafikverket som ansvarar för drift och underhåll av de statliga vägarna. Kostnader för drift och underhåll är omkring 9,5 miljarder kronor per år för det statliga vägnätet. En tredjedel av kostnaden går till underhåll av beläggningar och en femtedel används för drift av vinterväghållning (Trafikverket, 2022c).

Det finns mycket stor skillnad på hur olika kommuner hanterar sitt underhåll och hur mycket resurser som de lägger på gatunätet. Stigande oljepriser som är kopplat till bitumen kan påverka hur Trafikverket och de olika kommunerna väljer att underhålla sina vägar. Enligt en rapport som SKL (2016) har gjort finns det många gator som egentligen skulle fått någon form av underhåll tidigare och nu är i akut behov av åtgärd. Detta kallas underhållsskuld och dessa skador kommer att försämrats med tiden på grund av trafikbelastningen och klimatet. Att åtgärda gator i akut behov av underhåll blir ofta dyrare än att förebygga skadan. Tiden till akut underhåll uppdelat på gatutyper redovisas i Figur 7. Därför krävs det långsiktig planering av kommunerna för att få en effektiv underhållning av gatunätet (SKL, 2016).



Figur 7. Redovisning av tid till akut underhållsbehov uppdelad på gatutyper (SKL, 2016).

2.7.2 Snöröjning

Under vintern är det viktigt att människor och varor ska kunna förflyttas på ett säkert sätt och därför finns det höga krav på vinterväghållning. Särskilt i norra Sverige finns det mycket snö på vägarna som måste hanteras (Trafikverket, 2022d). Statliga- och kommunala vägar brukar delas in i olika standardklasser som styr hur ofta och när de ska vinterväghållas. För att bestämma vilken standardklass som vägen tillhör utgår man främst från ÅDT men även busslinjer och andra viktiga samhällsfunktioner såsom skola och sjukhus. Vinterväghållningen utgår från åtgärdstid som är den tid väghållaren har på sig att åtgärda vägen och startkriterie är det snödjup då åtgärdstiden startar (Trafikverket, 2022f).

Vid en hastighetsdämpande åtgärd som avsmalning kan extraresurser bli nödvändiga för att kunna snöröja i det trånga utrymmet. Risken är stor att kantstöd i trånga utrymmen göms under snön och utsätts för påkörning och plogas sönder vid snöröjning (Trafikverket, 2022b; Niska et al., 2013). Vid utformning av avsmalningar måste hänsyn tas till att det krävs en större bredd för att klara snöröjningen. Risken är annars att det trånga utrymmet blir isigt och ojämnt vilket kan leda till olyckor. När drift och underhåll inte kan skötas på ett optimalt sätt innebär det att tillgängligheten, framkomligheten och säkerheten blir otillräcklig. Avsmalningar är anpassade efter barmarkförhållanden, därför tas det inte hänsyn till vintern och de konsekvenser som medförs vid snöröjning. I en rapport som Niska et al. (2013) har tagit fram genomförs intervjuer som handlar om möjligheten att använda sig av mindre fordon. Konsekvensen av att använda ett mindre fordon är att det inte är lönsamt eftersom det då förloras mycket i kapacitet (Niska et al., 2013).

För att en avsmalning ska ge en hastighetsdämpande effekt krävs en körbanebredd på max 4,15 m enligt Trafikverkets rapport Drift och underhållsproblem (2011). På denna körbanebredd kan två personbilar mötas med ett jämnt trafikflöde för att undvika kappkörning. För endast ett körfält där en buss eller lastbil ska kunna passera bör bredden minska till 3 m. Eftersom standardbredden för ett snöröjningsfordon är 3,6 m uppstår en konflikt. Om avsmalningen ligger i ett halvcentralt eller ett ytterområde finns det mindre resurser och färre fordon att välja på. För att byta till ett mindre fordon krävs stora resurser

och detta byte är inte möjligt för enstaka avsmalningar. Om avsmalningarna är samlade i ett centralt område kan det vara lättare att hantera snöröjningen. Problemet är inte alltid fordonet utan i stället att det inte finns ett flexibelt fordon som kan hantera olika körfältbredder (Trafikverket, 2011d).

Hur gaturummet möbleras kan utgöra ett problem för driften, snöröjning måste ibland utföras manuellt vilket är kostsamt och resurskrävande. Genom att möblera gaturummet med hänsyn till drift och underhåll kan resurser utnyttjas mer effektivt. För driften är det även viktigt att ytor är jämna och lättskötta. Ojämnheter kan leda till svårigheter eftersom plogbladet kan fastna i till exempel potthål och sprickor. Vid ojämnheter finns det även risk att plogbladet inte kommer åt allt vilket medför att det fortfarande finns snö kvar på vägbanan (Trafikverket, 2011a).

2.7.2.1 Snöröjning - VGU

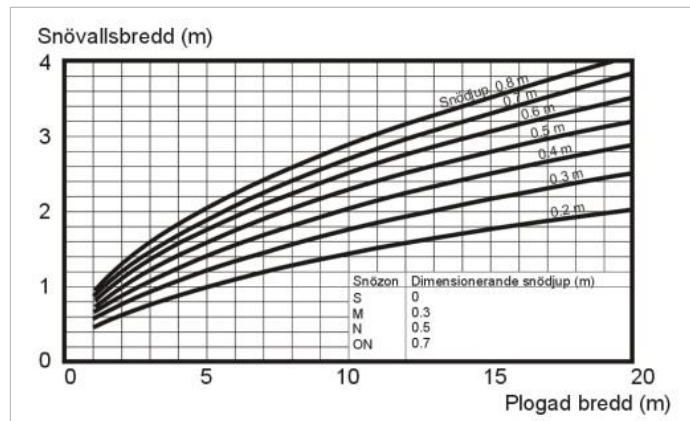
I VGU (2022b) finns det en del råd om hur vägar ska dimensioneras för att underlätta snöröjning men det finns även råd om hur snöröjningen ska genomföras som illustreras i Figur 8 och Figur 9. Strategin för snöröjning som illustreras i Figur 8 används för tätorter med små snömängder där snön får ligga kvar tills det smälter. Smältande snövallar kan orsaka halka och vattenplaning. Strategin i Figur 9 används i större utsträckning i hela Sverige där snön plogas till vallar som körs bort inom några dagar efter snöfall. När snövallar inte förs bort är det viktigt att hänsyn tas till deras placering eftersom det kan orsaka tillgänglighetsproblem. Vid drift och underhåll används skiljeremisor eller sidoområden som snömagasiner. Breddutrymmet som krävs för snövallar om strategin i Figur 8 implementeras bestäms med hjälp av Figur 10 (Trafikverket, 2022b).



Figur 8. Snö plogas till vallar som får ligga kvar tills det smälter (Trafikverket, 2022b).



Figur 9. Snön plogas till vallar som körs bort (Trafikverket, 2022b).



Figur 10. Breddutrymmet som snövallar kräver (Trafikverket, 2022b).

2.7.2.2 Snöröjning - Utvalda kommuner

Enligt Stockholm stad är det viktigt att vägar projekteras så att det finns så få hinder som möjligt för att underlätta snöröjningen. Snöröjning ska påbörjas och färdigställas enligt de krav som finns för respektive standardklass när det gäller starkriterium och färdigställandetid. Snöröjning ska utföras så att packad snö eller isbildning inte uppstår på vägen. Där det finns ojämnheter och spårbildning ska isrivning utföras samt kompletterande röjning ska utföras i enlighet med gällande kriterier för standardklass. Vid behov genomförs manuella insatser som handskottning där maskinröjning inte är möjligt. Moddplogning ska genomföras för att ta bort snömodd så att ytan kan torkas och för att undvika spårbildning och isbildning. Enligt Stockholm stad ska vinterväghållning utföras med ordinarie maskinpark som förutsätter 2,5 m hinderfri bredd (Stockholm stad, 2022a).

Flera av Stockholms stads gång- och cykelbanor använder golvvärme för att snö och is ska smälta i stället för att plogas bort (Stockholm stad, 2022a). När Stockholm drabbas av ett snöoväder så är det viktiga trafikleder, bussgator och särskilda pendelstråk för cyklister som prioriteras (Stockholm stad, 2022b). För att hålla vägen framkomlig plogas snön bort så att det inte utgör ett hinder för gående och cyklister (Stockholm stad, 2022b). Snövallar ska placeras så att de inte hindrar tillgängligheten och bortforsling ska ske när det bedöms utgöra ett problem för säkerheten och framkomligheten eller för att skapa utrymme inför kommande snöfall (Stockholm stad, 2022a).

Göteborg stad har ungefär 350 fordon som används vid snöröjning och halkbekämpning (Göteborg stad, u.å.a). Enligt Göteborg stad ska ett starkriterium uppfyllas innan snöröjningen påbörjas. Större gator där många färdas och som används av kollektivtrafik prioriteras före mindre gator och bostadsgator. Göteborgs stad har även ett backprogram som innebär att de brantare gator som ingår i programmet ska åtgärdas före andra. För smala vägar där det saknas möjlighet till snövallar ska snön i stället köras bort. Efter snöfall med töväder ska moddplogning alltid ske (Göteborg Stad, 2023a). Där det finns spår på vägarna försämras snöröjningen eftersom plogskäret "rider" på spårbildningens ryggar. Det som finns kvar i spåren är is och snö som kan leda till halka (Göteborg Stad, 2019).

År 2021 kostade snöröjningen i Malmö stad cirka 40,7 miljoner kronor. I Malmö stad behövs det många fordon för att hantera snöröjningen. För körbanorna utförs vinterväghållningen med 5 lastbilar och 11 traktorer och där det är svårtillgängligt sköts det manuellt. Med en hinderfri bredd på 3,5 m som Malmö stads Tekniska handbok anger ska samtliga

vinterfordonen kunna ta sig fram på. På de flesta slingor används en traktor som har plog fram till och en spridare med saltlösning bak till. Exempel på ett fordon som används för att vinterväghålla körbanan är en traktor med bredd 2550 mm, plog passagebredd 2470 mm (plog vinklad i innerläge som inte plogar) och plog arbetsbredd 2850 mm (plog vinklad i ytterläge). Således är det önskvärt att körfältsbredden inte varierar för mycket på en slinga, då det inte blir plogat på hela bredden om det används en för smal plog. Manuella insatser som vinterväghåller ytor som inte går att vinterväghålla med maskin görs endast där det är nödvändigt då det är väldigt resurskrävande.

Ett samarbete sker mellan Malmö stad och Skånetrafiken när det kommer till snöröjning. Detta samarbete är nödvändigt eftersom där det finns smala sektioner kan det vara svårt för bussen att ta sig fram på när det har snöat. I Malmö stad så prioriteras snöröjningen för vägar med mycket trafik som används av kollektivtrafiken, infarter till större områden och för viktiga samhällsfunktioner som till exempel sjukhus. När snövallarna blir för stora och förhindrar framkomligheten transporteras snön bort till olika snöupplag (Malmö stad, 2022).

Målet för Umeå kommuns vinterväghållning är att erbjuda en säker och miljövänlig trafikförsörjning till lägsta möjliga samhällskostnad. I Umeå kommun prioriteras snöröjning för de gator där behovet anses vara störst som för bussgator, huvudgator och gator i den centrala staden (Umeå kommun, 2022b). På enkelriktade gator som minst är 3,5 m tillkommer snöupplag som minst bör vara 2 meter på vardera sida eller 3 meter på ena sidan (Umeå kommun, 2023c). Gatorna i centrum plogas med hjullastare (Volvo, Ljungby är vanligast) med plogar som är cirka 3 till 5 m breda med infällbara klaffar för trånga passager. Eftersom det finns behov av att köra bort snö finns det flera snötippor i Umeå kommun. Det är viktigt att snötipporna ligger nära för att minimera transporten. Målet är att påverka miljön så lite som möjligt och därför eftersträvas att minimera transportsträckor och maskinarbete vid snöhantering. Vinterväghållningen för Umeå kommun har en budget på cirka 65 miljoner kronor årligen (Umeå kommun, 2020).

2.7.3 Halkbekämpning

Enligt rapporten som Niska et al. (2013) tagit fram så orsakar halka 55% av singelolyckorna och 51% beror på snö och is. Denna typ av olyckor beror på vilken tid det är på året och hade kunnat förhindras genom bättre drift och underhåll. För att halkbekämpa vägar används ofta salt eller sand. Saltning har en negativ påverkan på miljön och därför strävas det efter att hitta ett annat material som är lika effektivt. Vid avsmalnande körfält kan det vara fördelaktigt att ta sig fram med ett mindre fordon men för att utföra halkbekämpning behövs en viss lastkapacitet. Problemet som uppstår vid spårbildning efter snöplogen är att en ishinna blir kvar. Det innebär att där det finns risk för ishinna måste även maskinen sanda efter plogen (Niska et al., 2013).

Halka är något som kan uppstå vid avsmalnande körfält på grund av ojämnheter som spårbildning, där vatten ansamlas och kan frysa till is (Trafikverket, 2022d). I stället för att använda salt som har dåliga miljöeffekter kan sand användas. För att sand ska ha samma effekt som salt så krävs stora mängder vilket gör att även sand inte är ett miljövänligt alternativ (Trafikverket, 2022e). Storlek och placering av snövallar kan också orsaka halka när de smälter. Vattnet från snövallen kan ansamlas på vägytan och utgöra en trafikfara

(Trafikverket, 2022d). För Trafikverket är halkbekämpning främst en framkomlighetsfråga eftersom halka kan innebära stopp i trafiken. Halka kan även påverka trafiksäkerheten då det kräver att bilisterna håller en lägre hastighet och extra avstånd (Trafikverket, 2022e).

2.7.3.1 Halkbekämpning - Utvalda kommuner

Under vintern kan halka uppstå på grund av många olika anledningar och det bekämpar Stockholm stad med salt, saltlake (fuktat salt), sand eller en kombination av sand och salt. På de gator i Stockholms innerstad som är uppvärmda smälter snön snabbt bort och halka förebyggs. Vid extremväder kan även gator med värmeslingor behöva snöröjas och halkbekämpas (Stockholm stad, 2022b). I Stockholm stad har halkbekämpning samma prioritetklasser som för snöröjning. När det snöar så plogas och halkbekämpas gatorna för att göra dem framkomliga (Stockholm stad, 2021a).

För halkbekämpning finns det krav på maxtid för tillfredsställande friktion men med samma start- och färdigställandetid som för snöröjning. Halkbekämpning ska genomföras som en förebyggande åtgärd efter snöfall när det finns risk för halka. Vid besvärande ojämnheter som spårbildning ska isrivning utföras och de utrymmen där maskiner inte får plats sker manuella insatser. Vid töväder ska särskild uppmärksamhet hållas eftersom det då finns risk för frysning av smältvatten. Halkbekämpning på gator utförs med sandning (0–8 mm) eller en blandning av en del sand och 2 delar stenflis (0–8 mm). Båda alternativen kan ha en saltblandning på högst 3% för att undvika att sanden fryser ihop vid lagring och transport. Spridningsmängden för blandningarna är 200–250 g/kvm körbana (Stockholm stad, 2022a).

I Göteborg stad halkbekämpas huvudvägar och kollektivtrafikvägar med saltlake (fuktat salt). Om temperaturen är lägre än minus fem grader används i stället torrsalt (Göteborg stad, u.å.a). På de gator som tillhör backprogrammet, där det är brant kommer förutom flis även salt att läggas ut (Göteborg stad, 2023a). När det finns risk för halka vid till exempel underkylt regn så utförs halkbekämpningen kontinuerligt (Göteborg stad, u.å.b).

För körbanorna i Malmö stad gäller samma prioritering för halka som för snöröjning. Malmö stad använder främst saltlösning (salt vid kallare temperaturer), där spridningsbredden för saltet kan ställas in efter önskad bredd. På vissa gator används kaliumformiat, vilket är mindre skadligt för växtligheten. Traktorn som används för att sprida kaliumformiat har, i stället för plog, en borste med passagebredd på 2050 mm, men där arbetsbredden det vill säga ytan som borstas endast är 1700 mm. Under perioden 2022–2023 har Malmö stad vinterväghållit 53 gånger och av dessa var det endast 5 gånger som det har plogats, resterande är halkbekämpning (Malmö stad, 2022a).

I Umeå kommun utförs halkbekämpning på prioriterade gator när det finns risk för halka. För halkbekämpning används hjullastare med sandskopor samt lastbilar med dragna sandspridare eller tallrikspridare. Fordonen har en normalbredd på max 2,6 m (Umeå kommun, 2022b). Det är väderleken som styr när det är fördelaktigt att använda salt men det görs restriktivt. Halkbekämpningen sker med sand och grus men ofta används vanlig stenflis i fraktionen 2–8 mm (Umeå kommun, 2023b).

2.7.4 Beläggningsåtgärder

Underhåll av vägar omfattar allt från att lägga ny asfalt till att laga sprickor och hål. Det är främst under sommarhalvåret som beläggningsåtgärder utförs. Underhållskostnaderna påverkas starkt av marknadsläge och priset på bitumen. Det som är viktigt att ta hänsyn till vid beläggningsåtgärder är ytans jämnhet, spårbildning, skador och vägens bärighet. Att inte underhålla vägarna kommer att ha en negativ påverkan på restiden, komforten, trafiksäkerheten och fordonskostnaderna (Trafikverket, 2022g).

Livslängden påverkas av beläggningstyp, bärighet, konstruktion, trafikmängd, trafikens tyngd och spårbundenhet. En lågtrafikerad väg kan hålla i upp till 25 år och en högtrafikerad i 5–10 år. I Underhåll ingår både mindre reparationer och lagning för att förlänga livslängden så mycket som möjligt. Det finns ett stort behov av underhållsåtgärder och de medel som finns räcker inte för att underhålla alla vägar. De vägar som flest trafikanter färdas på eller som har en viktig funktion i samhället prioriteras (Trafikverket, 2022).

2.7.4.1 Beläggningsåtgärder - Utvalda kommuner

Enligt Stockholm stad ska fordon kunna framföras med god framkomlighet och på ett säkert sätt. Kontinuerligt ska det utföras löpande underhåll av belagda ytor. Planerat underhåll avser att utföra åtgärder för att återföra de förlorade egenskaperna till den belagda ytan. Målet är att den funktion som vägen hade vid nyanläggning ska upprätthållas. Planerat underhåll ska genomföras när tillståndet för delar eller hela gatan hotas av förfall och inte längre kan upprätthållas med löpande underhållsåtgärder. Åtgärdskrav för underhåll är att om skadan har en inverkan på trafiksäkerheten, framkomligheten eller innebär en fara för oskyddade ska åtgärder vidtas omgående (Stockholm stad, 2022a).

I Göteborg stad underhålls de gator som rapporteras in från besiktningsprotokoll tillsammans med synpunkter från allmänheten. Vid asfaltering krävs uppehållsväder och därför kan det dröja några veckor (Göteborg stad, u.å.). Malmö stad byter ut 1,7 % av asfalten på gator och trottoarer varje år. Det är viktigt att planerat underhåll åtgärdas för att begränsa vägnarnas nedbrytning. I Malmö stad prioriteras huvudgator och tungt trafikerade gator i industriområden (Malmö stad, 2022b). Under sommaren utför Umeå kommun beläggningsåtgärder på vägarna. De utför både lagning och förbättringsarbete. I början av säsongen utförs inventering, spricklagning och åtgärder av mindre ytor och plogskador. Om det ska läggas ny beläggning på en större yta utförs det främst under sommarhalvåret (Umeå kommun, 2021).

2.7.5 Avstängningar

När drift och underhållsåtgärder utförs kan det vara nödvändigt att stänga av gatan. Om delar av vägen stängs av är det viktigt att den reducerade kapaciteten hanteras på ett optimalt sätt så att inte framkomligheten påverkas alltför mycket. Om hela vägen måste stängas måste hela trafiken ledas om till en annan väg. Dessa störningar kan resultera i höga väntetider, trängsel, begränsad kapacitet och hastighet, stillastående köer och resetidsförlängning. Störningar kan även ha effekter på miljön och säkerheten av köer, stopp, plötsliga inbromsningar, accelerationer och sekundärolyckor. Dessa störningar i infrastrukturen kan leda till stora förseningar som påverkar samhällsnyttan (Ahlberg, 2015).

De flesta kommuner utgår från SKR:s riktlinjer i handboken Gatuarbete i tätort (2019) vid planering för gatuarbeten. Enligt handboken är det viktigt att ta hänsyn till trafikanternas trafiksäkerhet genom hastighetssäkring, separering och differentiering. Miljöpåverkan måste också tas hänsyn till då gatuarbete kan resultera i nedsmutsning, asfaltrester, buller, vibrationer och avgaser. Vid vägarbete kan det behövas göras omledning som innebär att trafiken tillfälligt leds till en alternativ vägsträcka eller överledning som innebär att trafiken flyttas till mötande trafiks körfält. Om hastigheten är max 50 km/h ska säkerhetsavståndet till vägarbetsplatsen vara mer än 2,5 m till passerande fordon. Körbanebreddens för mötande fordon där arbetet inkräktar på körbanan, ska minst vara 6 m. Vid smalare körfält ska trafiken regleras med signal eller vakt som kombineras med lots (SKL, 2019).

I Stockholm stad ska arbetsområdet utformas så att trafik kan passera på bästa möjliga sätt. För Stockholm stad ska körbanebreddens minst vara 6,5 m för dubbelriktad bussgata. För enkelriktad bussgata är det minst 3,5 m. Där vägarbete medför risk för trafikanter och stora störningar i trafik bör trafiken ledas om till andra gator. Där det inte är möjligt att stänga av hela vägen kan delavstängning utföras (Stockholm stad, 2021b).

Göteborg stad har tagit fram två dokument med krav och råd för arbete på gata. När gatuarbete ska utföras ska åtgärder vidtas för att minska påverkan på kollektivtrafiken (Göteborg stad, 2023c). Om en bussgata stängs av ska omledning av kollektivtrafik ske i samverkan med Västtrafik. Fria bredden för kollektivtrafiken ska minst vara 6,5 m för dubbelriktad trafik och för enkelriktat gäller 3–3,5 m (Göteborg stad, 2023b). Enligt Råd behöver den tillfälliga vägen en bredd på 6,5–7 m, men en minsta bredd på 6 m bör aldrig understiga. Om arbetet utförs i en kurva kan en större bredd behövas (Göteborg stad, 2023c).

Inom Malmö stad måste en Trafikanordningsplan (TA-plan) tas fram och godkännas innan arbetet startas. Trafiken i Malmö stad prioriteras enligt en viss ordning när det gäller utrymmesbehov och framkomlighet. Först är det oskyddade trafikanter som gång- och cykeltrafiken som prioriteras, sedan är det kollektivtrafiken, godstrafiken och sist övrig trafik. Den fria bredden för vägar som används av kollektivtrafiken får vara 3,5 m (Malmö stad, u.å.). Umeå kommun tillämpar SKR:s riktlinjer från handboken Gatuarbete i tätort (Umeå kommun, 2022c).

2.8 Framkomlighet

Avsmalnande vägar görs mer trafiksäkra på framkomlighetens bekostnad. För att uppnå de hållbara målen är övergången från bil till kollektivtrafik en viktig del. Därför är det viktigt att framkomligheten för kollektivtrafiken fortfarande är bra trots en avsmalning. Konflikten mellan trafiksäkerhet och framkomlighet kan försöka lösas genom att separera de olika färdställen. Detta kan göras genom att till exempel avskilja gång- och cykelbanor eller genom plankorsningar. För att göra kollektivtrafiken mer attraktiv måste kollektivtrafikens framkomlighet förbättras. Detta kan göras genom att separera bussarna från bilarna med ett separat körfält för endast bussar. En avsmalning på enbart körfältet för bilar kommer då endast att försämra framkomligheten för bilarna och inte kollektivtrafiken (Trafikverket, 2022h).

Framkomlighet avser hur restiden påverkas innan och efter en förändring som till exempel en avsmalning. Tillgänglighet påminner om framkomlighet och avser hur fler variabler påverkas som till exempel restid, väntetid och komfort (Trafikverket, 2018). För gående och cyklister blir det mer tillgängligt och tryggt med en avsmalning då det blir enklare att korsa vägen. Då avsmalningen har gjorts genom att breda gångbanan blir det ett kortare avstånd för oskyddade trafikanter. Där mittrefug har använts för att smalna av vägen får gående en ökad trygghet då gatan korsas i två steg (SKL, 2009).

Som tidigare nämnts så används avsmalning som en hastighetsdämpande åtgärd för att öka trafiksäkerheten. När en avsmalning utformas så att den fortfarande är framkomlig för bussar blir utrymmet för stort för att påverka personbilarna. Om avsmalningen ska användas för hastighetsdämpning är det viktigt att kombinera det med en annan åtgärd som farthinder (Trafikverket, 2022b). Genom avsmalningar begränsas trafikens framkomlighet, särskilt för kollektivtrafiken och annan tung trafik. Samtidigt ökar framkomligheten för oskyddade trafikanter som ska korsa vägen då avståndet blir kortare (SKL, 2009).

Vid avsmalningar kan fysiska hinder göra så att hastigheten sänks och framkomligheten minskar. När det finns kantstenar på båda sidor av en avsmalnad väg kan det ställa till med problem för utryckningsfordon. Fordonen på den smala vägen kan inte flytta på sig och utryckningsfordon blir då stående i kö. Många bilister blir stressade av att utryckningsfordon står bakom och på smala vägar kan det då leda till att de skapar en manöver för släppa fram utryckningsfordonen men som då leder till en olycka (Trafikverket, 2011c).

Ojämn vägyta har negativ påverkan på både komfort och framkomlighet (SKR, 2019). Ojämnheter på vägbeläggningen kommer att resultera i att bussen kör långsamt eller att resenärernas komfort försämras. Busschauffören väljer då att hålla en lägre hastighet än skyltad när den passerar ojämnheter vilket försämrar framkomligheten för resenärerna på bussen. Att hålla skyltad hastighet över ojämnheter kan upplevas obehagligt och kan även förkorta bussarnas livslängd. Samma sak gäller vid avstängningar när ojämnheter ska åtgärdas, då måste bussarna köra långsamt eller så stängs vägen av och bussen får köra en omväg vilket resulterar i att restiden ökar (Palm, 2013).

Syftet med vinterväghållning är att hålla vägen framkomlig under vintern (Trafikverket, 2019). En god vinterväghållning har också stor påverkan på trafikanternas reshastighet och framkomlighet. Reshastigheten minskar om till exempel snön ej har röjts bort eller om snövallarna är placerade så att körfältet blir smalare än planerat (Trafikverket, 2022h). Snöröjning kan göra att vägen blir för smal så utryckningsfordon inte kan ta sig igenom (Trafikverket, 2011c). Under våren när snön smälter kan framkomligheten försvåras av översvämningar, halka, ytskador och tjällossning (Trafikverket, 2019).

2.9 Trafiksäkerhet

De senaste åren har stora satsningar gjorts för att göra vägarna i Sverige säkrare. Detta för att uppfylla Nollvisionen som riksdagen fattade beslut om 1997. Visionen handlar om att ingen ska dö eller skadas allvarligt i trafiken. Åtgärder som ska vidtas för att nå Nollvisionen handlar främst om att sänka hastigheten i vägtrafiken. Detta eftersom hastigheten utgör en nyckelfaktor vid trafikolyckor (Transportstyrelsen, 2022). Mål 11.2 i de globala målen

handlar bland annat om att förbättra trafiksäkerheten. Detta ska göras genom att bygga ut kollektivtrafiken och att ta hänsyn till vilka behov människor i utsatta situationer har (Globala målen, 2022).

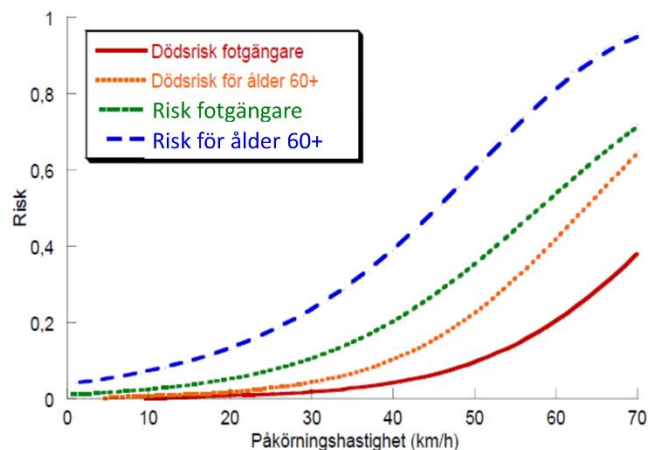
Ett sätt att bedöma trafiksäkerheten är att analysera antalet vägtrafikolyckor som har uppkommit. När en trafikolycka inträffar rapporteras det in av polis och sjukvård till ett informationssystem som kallas STRADA (Swedish Traffic Accident Data Acquisition). Vägtrafikolyckor är en händelse där ett fordon i rörelse har lett till person- eller egendomsskador. En personskada i STRADA delas in i död, allvarligt-, måttligt- och lindrigt skadad. I STRADA delas även olyckorna upp i olika olyckstyper (Trafikverket, 2022h).

Trafiksäkerhet är en stor samhällskostnad då det påverkar människans hälsa, välbefinnande och livskvalitet. Trafiksäkerhetsrelaterade samhällskostnader uppkommer direkt efter att en olycka inträffat. Det kan vara kostnader för räddningstjänst vid bränder eller för att utföra losstagning av en skadad trafikant. Det kan också vara kostnader för att polisen anländer till olyckan vid brott eller för att styra trafikdirigeringen. Transportkostnader och personalkostnader för räddningstjänst samt alla kostnader för fordon, drivmedel, utrustning och släckning. Det uppstår även materiella kostnader när egendom förstörs eller skadas vid en olycka. Framför allt är det skador på fordon eller fordonslast men även skador på offentlig egendom som vägskyltar, vägbelysning mm (MSB, u.å.).

I samband med en trafikolycka kan det uppstå stora sjukvårdskostnader. En vägtrafikolycka kan få tre konsekvenser som leder till sjukvårdskostnader, att en individ blir skadad men behöver endast öppen vård, en individ blir skadad och måste läggas in på sjukhus eller att olyckan leder till så stora skador så att individen dör. Dessa konsekvenser innebär kostnader som transport, obduktion, läkemedel, hjälpmedel, behandling, rehabilitering eller vård i hem. Enligt en rapport som MSB (u.å.) har skrivit är den dyraste åtgärden vård i hemmet, där vård i hemmet varierar beroende på skadans svårighetsgrad. Vård i hem innebär att individen som blivit skadad behöver hjälp med att sköta hushållet, personliga aktiviteter och assistans med medicinska behov (MSB, u.å.).

Indirekta kostnader kan också uppstå i samband med en trafikolycka som påverkar samhället. När en individ dör till följd av en trafikolycka reduceras arbetskapaciteten och produktionen blir mindre till skillnad från om personen hade levt. Om individen skadas och får kvarvarande konsekvenser kan arbetsförmågan reduceras under en kortare eller längre tid vilket också minskar produktionen (MSB, u.å.).

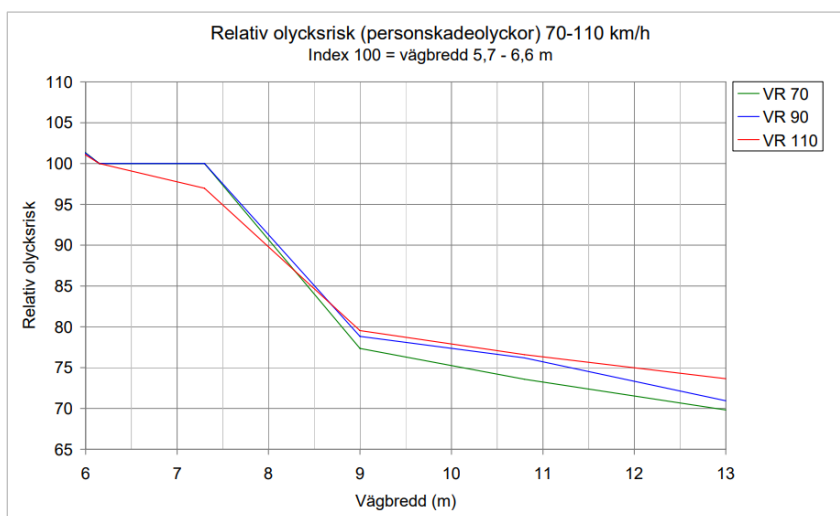
Enligt rapporten som SKL (u.å.) har skrivit ska trafiksäkerhetsarbetet utföras genom att sänka hastigheten på motorfordon. Denna hastighetssänkning kommer att utföras genom att smalna av vägbredden. Andra drivkrafter till minskning av vägbredden är även estetiska och ekonomiska skäl. För att bedöma säkerheten, dvs risken att skadas eller dödas, användes det indirekta riskmålet separeringsgrad. Seperingsgrad innebär att ju större avståndet är mellan de olika trafikanterna desto mindre är risken för en konflikt som leder till en olycka. Här togs även krockvårdskurvan i beaktning, som redovisas i Figur 11. Krockvårdskurvan visar att ju högre fordonets hastighet är desto större risk för dödsfall vid kollision med gående. På de platser som undersöktes bedöms den årliga kostnaden för trafikskadade att minska med cirka 55 procent med smalare körfält (SKL, u.å.).



Figur 11. Krockvårdskurva som visar samband mellan risk och påkörningshastighet (Lindberg, 2012).

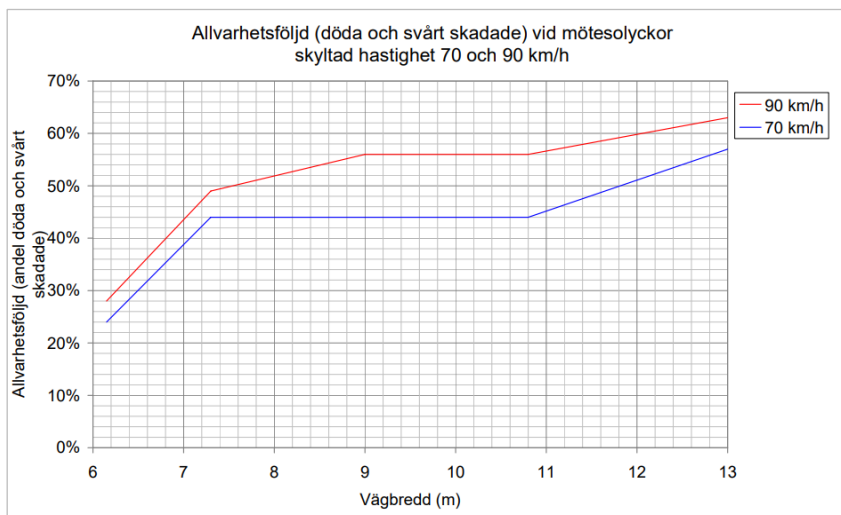
När det gäller trafiksäkerhet så är hastigheten en av de viktigaste faktorerna. Hastigheten påverkar inte bara hur allvarlig olyckan är utan även risken att bli involverad i en olycka. Enligt en studie av Aarts och Schagen (2006) finns det bevis för ett exponentiellt samband mellan hastighet och olycksfrekvens. Sambandet beskriver hur antalet olyckor minskar vid en hastighetsminskning. De fann även bevis för att olycksfrekvensen ökar snabbare med ökad hastighet på mindre vägar än på större. Genom att sänka hastigheten minskade även antalet inrapporterade trafikolyckor på vägen som studerades.

När trafiksäkerhet analyseras är vägbredden den faktorn som har störst påverkan på upplevelsen av vägen, hastighetsval och komforten enligt en rapport skriven av Trafikverket (2023b). Vägbreddens inverkan på trafiksäkerheten är svår att bevisa eftersom när vägbredden ökar blir resultatet ett högre flöde, bättre sikt och komfort samt högre hastighet. Genom att utgå från en olycksdatabas för statliga landsvägar har ett samband tagits fram mellan relativ olycksrisk och vägbredden enligt Figur 12. Det som visas är att när bredden minskar kommer antalet personskadeolyckor att öka vid samma hastighet. Hög hastighet och smal väg innebär att det blir svårare att manövrera och sämre sikt när det gäller trafiksituationen längre fram på vägen (Trafikverket, 2023b).



Figur 12. Sambandet mellan Relativ olycksrisk och vägbredden. Linjerna representerar de olika referenshastigheterna (VR) 70, 90 och 110 km/h (Trafikverket, 2023b).

Ett liknande samband som ovan har tagits fram för att bedöma allvarlighetsföljd vid mötesolyckor vid en viss bredd som redovisas i Figur 13. Sambandet visar att på en smal väg så är det mindre allvarlighetsgrad på olyckan än på en bred väg. Resultatet visade att säkerhetsmarginalen på en smal väg påverkar körbeteendet som medför att de olyckor som inträffar sker med en reducerad hastighet. Att allvarlighetsföljden ökar med ökad vägbredd beror på trafikanternas beteende, de upplever situationen som mer tillgänglig och ökar därmed hastigheten (Trafikverket, 2023b).



Figur 13. Sambandet mellan allvarlighetsföljd och vägbredden (Trafikverket, 2023b).

Enlig TOI (2021), som har skrivit en sammanställning av flera olika studier, är körfältsbredden en viktig faktor för att kunna beskriva trafiksäkerheten på en väg. Vägar som har ett bredare körfält har vanligtvis färre olyckor än vägar med smalt körfält vid höga trafikmängder. Att bredda vägen för mycket kan resultera i motsatt effekt, det vill säga fler olyckor på en bredare väg, särskilt vid låga trafikmängder. Samma gäller för smala vägar med låga trafikmängder. Smalare vägbredd medför lägre hastigheter men också mindre säkerhetsmarginal, alltså mindre avstånd till fordonet framför. Det är därför viktigt även att ta hänsyn till trafikmängden när trafiksäkerheten ska bedömas (TOI, 2021).

De flesta studier visar att bredare körfält leder till fler olyckor under de flesta förhållanden. I en studie där de jämförde vägar med olika körfältsbredder blev resultatet att antalet olyckor minskade med 5,6 % i genomsnitt för varje ökning av 30 cm på vägbredden. I TOI:s (2021) sammanställning av de olika studierna visade att 54 % av rapporterna ansåg att bredare körfält leder till färre olyckor, 23 % av rapporterna ansåg att bredare körfält leder till fler olyckor och 23% till att det inte finns någon signifikant samband mellan körfältsbredd och olyckor (TOI, 2021).

En studie skriven av Loenis et al. (2016) kan smala körfält både ha en positiv och negativ påverkan på trafiksäkerheten. Smala körfält har en mindre yta för föraren att rätta sina körfel och därför kommer ett mindre utrymme resultera i att föraren håller en lägre hastighet. På en bredare väg finns det mer utrymme, bättre sikt vilket gör att det blir lättare för omkörning och då uppmuntras föraren till att öka hastigheten (Loenis et al., 2016).

Enligt Åtgärds katalogen för säker trafik av SKL (2009) så används kortare avsmalningar vid övergångsställen för att underlätta för oskyddade trafikanter att korsa gatan. Genom att göra

en gata smalare vid övergångsstället kommer avståndet att bli kortare samtidigt som sikten blir bättre för oskyddade trafikanter som ska korsa gatan. För att avsmalningen ska vara hastighetsdämpande måste den vara mindre än 3,5 m. Om en avsmalning inte kombineras med en annan hastighetssänkande åtgärd kan avsmalning leda till en ökad hastighet. Detta eftersom föraren försöker hinna förbi avsmalningen innan möte. (SKL, 2009).

Säkerhetseffekten beror främst på att exponeringstiden minskar när oskyddade trafikanter ska korsa gatan samtidigt som uppmärksamheten är på en fordonsström i taget. Om gångbanan är bredare och körbanan smalare blir det också lättare för bilisten att se oskyddade trafikanter som ska passera. En annan trafiksäkerhetsfaktor är att med en avsmalning förhindras även omkörningar (SKL, 2009).

2.10 Miljö

2.10.1 Luftföroreningar

I luftkvalitetsförordningen (2010:477) finns det svenska miljökvalitetsnormer för utomhusluft. Normerna är framtagna för att bidra till att uppfylla kraven i EU-direktiven men även för att skydda miljön och människors hälsa. Det finns en mängd olika miljökvalitetsnormer för utomhusluft där de två vanligaste luftföroreningarna är kvävedioxid (NO_2) och partiklar storlek $\leq 10 \mu m$ (PM_{10}) (Naturvårdsverket, u.å.).

De flesta normerna i luftkvalitetsförordningen (2010:477) är så kallade gränsvärdesnormer som ska uppfyllas och om det inte uppnås riskeras vite från exempelvis EU. Medan några är så kallade målsättningsnormer som bör uppfyllas. En miljökvalitetsnorm avgränsas inte av ett värde, utan normen för en given luftförorening utgår från flera medelvärdesperioder där de vanligaste är timmedelvärde, dygnsmedelvärde och årsmedelvärde. Det anger hur hög medelkoncentrationen var för föroreningen den senaste timmen, dygnet och året (Naturvårdsverket, u.å.). I tabell 3 nedan presenteras nuvarande gräns- och miljökvalitetsnormer för luftföroreningarna $PM_{2,5}$ och PM_{10} .

Tabell 3. Översikt av nuvarande gräns- och miljökvalitetsnormer för luftföroreningarna $PM_{2,5}$ och PM_{10} (Naturvårdsverket, u.å.).

| För människors hälsa | Gränsvärdesnorm (G) eller målsättningsnorm (M) | | | | Utvärderingströsklar (4) | |
|--------------------------|--|----------------|--|-------------------------|--------------------------|----------------|
| | Medelvärdesperiod | MKN-värde (1) | Antal tillåtna överskridanden per kalenderår (2) | Tid för uppfyllelse (3) | NUT | ÖUT |
| Partiklar (PM_{10}) | Dygn | 50 $\mu g/m^3$ | 35 dygn | 2005 (G) | 25 $\mu g/m^3$ | 35 $\mu g/m^3$ |
| | År | 40 $\mu g/m^3$ | | | 20 $\mu g/m^3$ | 28 $\mu g/m^3$ |
| Partiklar ($PM_{2,5}$) | År | 25 $\mu g/m^3$ | | 2010 (M) | 12 $\mu g/m^3$ | 17 $\mu g/m^3$ |
| | | 25 $\mu g/m^3$ | | 2015 (G) | | |

¹ Det absolut högsta värde som inte får överskridas.

² Om högsta tillåtna värdet överskrids finns det bestämda riktlinjer med antalet tillåtna överskridelser på medelvärdesperiod (timme, dygn och år).

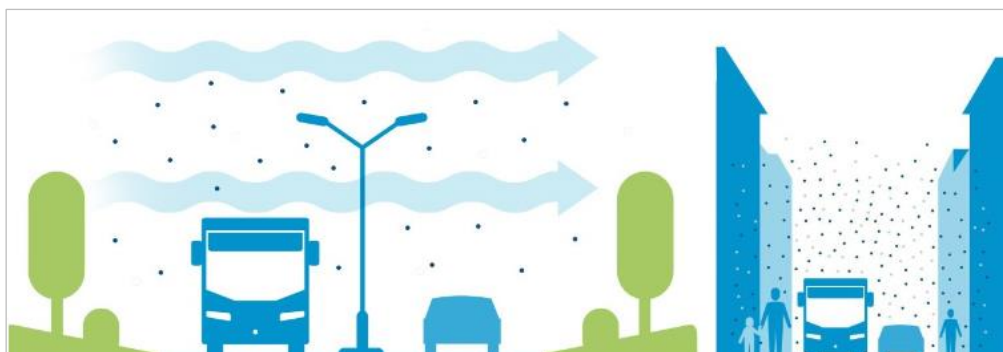
³ Tid (årtal) då man ska nå upp till normerna.

⁴ Det är kommunens skyldighet att följa upp med olika mätningar beroende på om halterna är högre än övre utvärderingströskel eller under nedre utvärderingströskel.

Den luftförorening som bidrar till störst hälsoeffekt i tätorter är partiklar. Partiklar är ett litet fint stoft som virvlar runt i luften mellan byggnaderna och förekommer i en mängd olika storlekar (Naturvårdsverket, 2019). Det uppkommer från två olika källor, antingen naturligt eller av mänsklig verksamhet (antropogena). Partiklar från den naturliga källan kommer från havssalt, bränder, damm, sand och vulkanisk aktivitet. Medan de antropogena partiklarna kommer från sot till följd av vägtrafiken och industriprocesser (SKL, 2008). PM_{10} partiklar är så pass små att de tränger in i lungorna och påverkar människans hälsa negativt. Partiklar i finfraktionen ($PM_{2.5}$) eller mindre är så pass små att de kan tränga in i blodkärl och orsaka hjärt- och kärlsjukdomar (Naturvårdsverket, 2019). Kvävedioxider är en förorening som bildas vid höga temperaturer inuti i en förbränningsmotor. Kvävedioxider verkar irriterande på samtliga andningsvägar och kan orsaka både lung-, hjärt- och kärlsjukdomar (Naturvårdsverket, 2019; SKL, 2008).

Enligt en regelbundet återkommande studie framförd av Svenska miljöinstitutet AB framkom det att svenskar exponeras för luftföroreningar i samma utsträckning som tidigare, detta trots en tydlig tendens till att halterna i många fall sjunker. Detta kan främst kopplas till pågående förtätningstrend och urbanisering, där större andel av befolkningen exponeras för luftföroreningar i centrala delar av städerna (Forsberg et al., 2019). Sverige har bland de lägsta halterna av luftföroreningar i Europa räknat, men trots det dör cirka 7600 personer i förtid varje år på grund av exponering av luftföroreningar. Varje enskilt dödsfall uppges representera en förlust av drygt elva levnadsår och sammanlagt beräknas hälsoeffekterna kosta samhället drygt 56 miljarder kronor per år (Naturvårdsverket, 2019).

Att luftkvaliteten i städer är sämre där gatorna omfamnas av tätt inpå placerade byggnader råder inget tvivel. Mängden utsläpp påverkas av områdets öppenhet, hur pass bra ventilationen är, placering och höjder av byggnader samt bredden på gatan (HSY, 2022). Figur 14 är ett typiskt exempel på hur det ser ut i gaturummet jämfört med öppna miljöer. Halten föroreningar kan bli väldigt höga även vid mindre trafikvolymmer i smala gatuschakt. Det som sker i ett smalt gaturum är att en vindvirvel uppstår, och blandningen mellan virveln och vinden ovan blir minimal. Detta medför att luftföroreningarna inte ventileras bort utan förblir kvar i gaturummet (HSY, 2022).



Figur 14. Luftföroreningar späds ut bättre i öppna miljöer än på gator med höga byggnader (HSY, 2022).

Halterna minskar ganska fort desto längre bort från gatan man kommer. Enligt KAILA-studien genomförd av Helsingforsregionens miljötjänst (HRM) mättes kvävedioxidhalterna på ett gatuschakt i centrala delarna av Helsingfors. Det visade sig att halten kvävedioxider nästan halverats efter en sträcka på cirka 120 meter. Det intressanta med studien är hur pass mycket bostäderna runt gatan omfamnar eller håller kvar föroreningarna. Bara på andra sidan

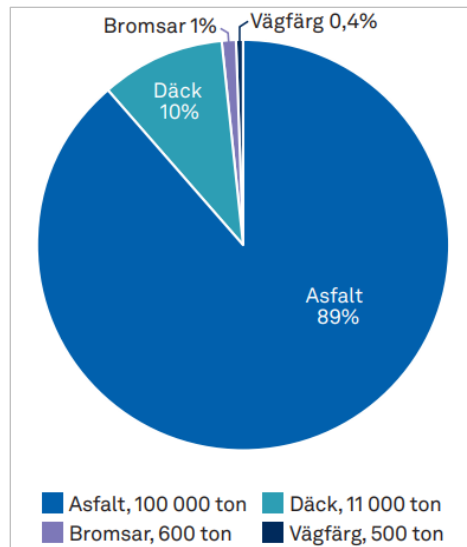
om bostäderna vilket motsvarar ett avstånd på cirka 15–20 meter hade halten kväveoxider minskat med cirka 40 % (HSY, 2022).

Koncentrationen av luftföroreningar i urbana miljöer kan reduceras genom att vegetation av olika typer utnyttjas som en ekosystemtjänst. Vegetationen kan fungera som luftrenare genom två olika fenomen nämligen, deposition (upptag av luftföroreningar) och dispersion (omblandning av luft). Via deposition kan vegetation ta upp damm och andra partiklar genom dess grenar, stam och blad. Via klyvöppningarna på vegetationens blad kan andra gaser som kvävedioxiderna osv fångas upp. Det ska dock nämnas att vegetation i vissa situationer kan leda till försämrade dispersion, exempelvis i trånga gaturum om de står felplacerade eller om trädkronorna är för stora, vilket i sin tur kan leda till en ökad halt luftförorening lokalt (Janhäll, 2015). Det är främst under sommarhalvåret vegetationen har en reducerande påverkan på luftföroreningshalter då fenomenet deposition och dispersion har en betydande roll. Träd- och buskzonen i gaturum har också påvisats minska luftens partikelhalter orsakade av trafiken. Vegetationszonen beter sig som ett bullerplank, dvs att koncentrationen av partiklar blir högre på den sida som vetter mot trafiken (HSY, 2015).

I Sverige står trafiken för 47% av utsläppen av PM₁₀ partiklar. Av dessa 47% är det endast 6% som är relaterade till avgaser, resterande är slitagepartiklar som härstammar från trafiken i Sverige. I tätorter slits däck, vägbeläggning och framför allt bromsar mer per kilometer eftersom trånga gaturum, tät trafik, korsningar och Cirkulationsplatser orsakar mycket acceleration, retardation och däckvridning. I Sverige är största källa till mikroplaster däcks slitage och uppges till cirka 11 000 ton per år (Gustafsson & Järskog, 2022).

Det är även påvisat att tyngden på fordonet har en påverkan på mängden slitagepartiklar (Andersson et al., 2020). Elektrifieringen av bilar gör det utmanande att minska utsläppen av slitagepartiklar då fordonsvikten är i genomsnitt 20% tyngre (Gustafsson & Järskog, 2022). Enligt en studie genomförd av Achten och Timmers (2016) visar det sig att slitagepartiklar ökar med drygt 25% till skillnad från konventionella fossildrivna fordon. En annan betydande faktor på vägslitage är dubbdäcksanvändning. Forskare är eniga att dubbdäcksanvändning på de svenska vägarna orsakar betydligt större produktion av partiklar än friktionsdäck/sommardäck (Skogö, 2007).

Partiklar utgörs i huvudsak av uppvirvlade partiklar i gaturummet som bildats av olika typer av faktorer såsom vägslitage, däck, bromsar, vägfärg och avgaser. I Figur 15 nedan presenteras de årliga utsläppen av slitagepartiklar i Sverige där det tydligt syns att vägslitage (asfaltpartiklar) utgör störst andel som uppges till cirka 100 000 ton per år. Faktorerna bidrar till antingen direkta emissionerna till luften eller till ackumulation på vägbanorna vid våta väglag. När vägbanan blivit torrare virvlar de ackumulerade partiklarna upp främst på grund av de tunga fordonen som framförs på gatan. (Johansson, Norman, Omstedt & Swietlicki, 2005).



Figur 15. Ungefärliga årliga utsläpp av slitagepartiklar i Sverige från asfalt, däck, bromsar & vägfärg (Järlnskog, 2022).

2.10.2 Buller

Buller är ett oönskat ljud och det som betraktas som buller varierar mellan olika personer och även under vilken tid på dygnet. Exempelvis kan bullret från en lastbil på dagen inte berör mycket medan om samma lastbil kör på natten känns det som en olägenhet. Beroende på hur det stör beror således bland annat på vilken typ av ljud det är och ljudets kvalitet men även om bullret är kombinerat med exempelvis vibrationer. Exponering av buller på kort sikt kan leda till negativa hälsoeffekter såsom störningar, koncentrationssvårigheter och sömnstörningar. Sker exponeringen under en längre tid kan risken för psykisk ohälsa och hjärt- och kärlsjukdomar öka (Naturvårdsverket, 2019).

Det finns en förordning framtagen av riksdagen om trafikbuller vid bostadsbyggnader som beskriver vilka riktvärden som ska uppnås på utsidan av fasaden. Förordningen (2015:216) trädde i kraft år 2015 och gäller för nya bostäder där detaljplanearbetet påbörjats efter den 1 juni 2015. När det kommer till detaljplanearbeten som påbörjats innan den 1 juni 2015 finns det äldre riktvärden att förhålla sig till fastställda av riksdagen, förordning (1996/97:53) (Boverket, 2020). Riktvärdena för den nya förordningen presenteras i Tabell 4 nedan. Riktvärden ges både i ekvivalent- och maximalnivå. Den ekvivalenta ljudnivån anger medelljudnivån under en viss given tidsperiod medan den maximala ljudnivån anger den högsta ljudnivån under en given period (Boverket, 2014).

Tabell 4. Riktvärden för buller vid ny bebyggelse framtaget av riksdagen, gäller från och med 1 juni 2015 (SFS- 2015:216).

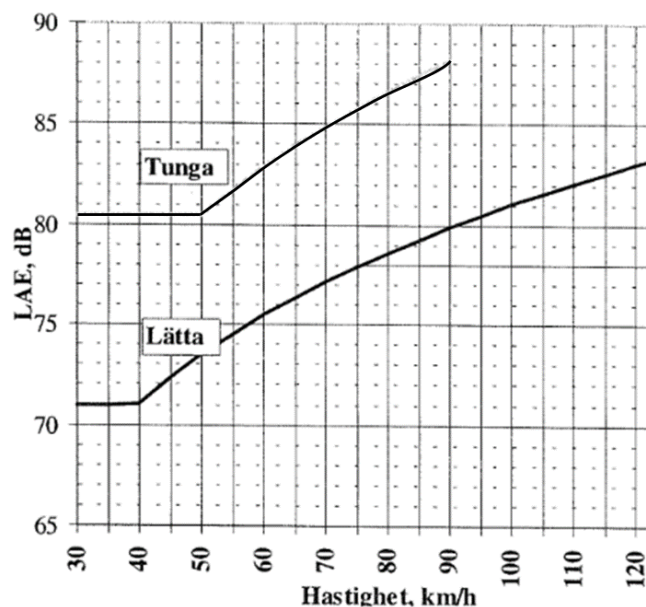
| Utrymme | Ekvivalentnivå dBA | Maximalnivå dBA |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Inomhus (gamla riktvärden) | 30 | 45 (Nattetid) * |
| Utomhus | | |
| - Vid fasad | 60 | |
| - Vid fasad, bostad <35m ² | 65 | |
| - Vid fasad, skyddad sida** | 55 | 70 (Nattetid) * |
| - Vid uteplats | 50 | 70 *** |

* Får överskridas högst 5 ggr per natt.

** Fasadens oskyddade sida kan överskrida riktvärdet 60–65 dBA om riktvärdet för fasadens skyddade sida inte överskrider 55 dBA.

*** Riktvärdet bör inte överskridas med mer än högst 10 dBA högst 10 gånger per timme.

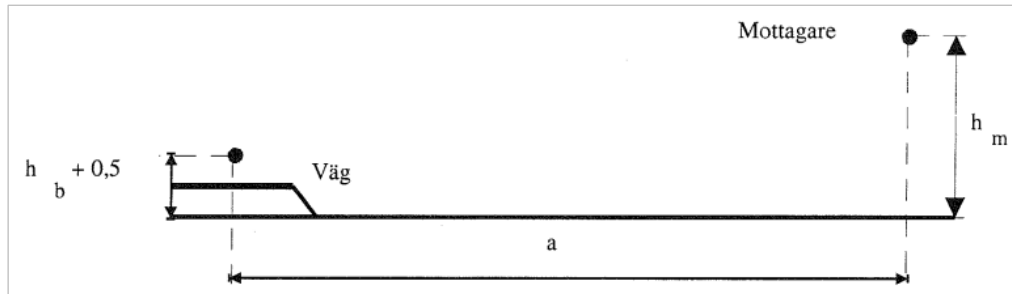
Från fordon alstras bullret främst från motorerna, avgassystemet, däck och turbulens. Hastigheten har en betydande faktor på vägtrafikbuller då ljudet som kommer från fordonen beror till största delen av vilken hastighet fordonet färdas i och av motorns varvtal. Vid hastigheter upp till 30 km/h är motor- och avgasbuller dominerande för personbilar, medan för tunga fordon är motorbullret dominerande upp till cirka 50 km/h. Detta illustreras i ljudexponeringskurvan i Figur 16 nedan.



Figur 16. Visar de aktuella utgångsvärdena uttryckt som ljudexponeringsnivå (LAE - den ljuddos som en fordonspassager upphov till) enligt nordiska beräkningsmodellen (Naturvårdsverket, 1996).

Körsättet spelar också stor roll för hur mycket buller som uppstår, detta på grund av retardationer och accelerationer som ger höga ljudnivåer. Mängden trafik påverkar även bullernivån, en fördubblad trafik medför en ökning med cirka 3 dB (Ohlsson & Radtke, 2017). Enligt Kalansuriya, Pannila & Sonnadara (2009) kan tät vegetation ge en dämpning av bullernivån. Ett buskage med ett djup på minst 2 m kan ge en reducering av bullernivån med upp till 2 dB.

När bullerberäkningar genomförs beräknas avståndet (a) från vägmitt. Detta illustreras i Figur 17. Avsmalningens inverkan på bullernivån har knappt eller ingen alls påverkan på bullernivån menar Ahlström¹. Det handlar om så pass små avstånd så att smalna av en körbana från exempelvis 3,5 m till 3 m påverkar inte ljudnivån alls förutom precis intill vägen, då kan ljudnivån öka några få decimaler. Det kan jämföras med att det krävs en skillnad på 1 dBA för att kunna uppfatta skillnaden i ljudnivån².



Figur 17. Visar avståndet från vägmitt till mottagare (a) och där höjderna h_m och h_b beskriver skillnaden i höjddet mellan mottagarpunkten och vägytan (Naturvårdsverket, 1996).

För att beskriva vägtrafikbuller används mätetalet L_{Aeq} och L_{AFmax} som står för den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån respektive den maximala A-vägda ljudtrycksnivån mätt i decibel (dB). Vid beräkning tas ett utgångsvärde först fram som svarar mot det odämpade värdet på ett avstånd 10 m från vägens mitt på en rak och plan väg. Efter det görs korrelationer för olika faktorer såsom avståndsdämpning, mark och skärmdämpning osv. Beräkningsgången för vägtrafikbuller följer den Nordiska beräkningsmodellen och förklaras mer i detalj nedan (Naturvårdsverket, 1996).

Uppgifter som man behöver ha tillgång till är antalet tunga och lätta fordon under den 24 timmars period som studeras och medelhastigheten på gatan. Nedan i kommande två underrubriker presenteras de formler som används vid beräkning av utgångsvärdet för L_{Aeq} och L_{AFmax} (Naturvårdsverket, 1996).

Samtliga modeller för framtagning av utgångsvärdet L_{Aeq}

$$L_{Aeq} = 10 \lg(10^{L_{Aeq,10m}(\text{lätta})/10} + 10^{L_{Aeq,10m}(\text{tung})/10}) \quad (1)$$

$$L_{Aeq,10m}(\text{lätta}) = L_{AE,10m}(\text{lätta}) + 10 \lg\left(\frac{N(\text{lätta})}{T}\right) \quad (2)$$

$$L_{Aeq,10m}(\text{tung}) = L_{AE,10m}(\text{tung}) + 10 \lg\left(\frac{N(\text{tung})}{T}\right) \quad (3)$$

Där $N(\text{lätta})$ och $N(\text{tung})$ anger antalet lätta respektive tunga fordon under den angivna tiden T i sekunder.

Ljudexponeringsnivån $L_{AE,10m}$ för lätta respektive tunga fordon beräknas fram enligt följande två formler (Naturvårdsverket, 1996):

¹ Petra Ahlström, Trivector. Mailkonversation Maj 2023.

² Lovisa Indebetou, Trivector. Mailkonversation Maj 2023.

$$L_{AE,10m}(\text{lätta}) = 71,1 + 25 \lg\left(\frac{v}{50}\right) \quad ; 30 \text{ km/h} \leq v \leq 40 \text{ km/h} \quad (4)$$

$$L_{AE,10m}(\text{tungå}) = 80,5 + 30 \lg\left(\frac{v}{50}\right) \quad ; 30 \text{ km/h} \leq v \leq 40 \text{ km/h} \quad (5)$$

För hastigheter lägre än 30 km/h finns i nuläget ingen data på därför används den lägsta möjliga hastigheten, dvs 30 km/h.

Avståndskorrelationen beräknas enligt följande (Naturvårdsverket, 1996):

$$\Delta L_{AV} = -10 \lg \left[\frac{\sqrt{a^2 + (h_m - h_b - 0,5)^2}}{10} \right] \quad (6)$$

Där a är avståndet från vägmitt till mottagare och $h_m - h_b$ skillnaden i höjd mellan mottagarpunkten och vägytan.

När avståndet, a , är mindre än bredden på den trafikerade delen av vägen görs följande korrelation (Naturvårdsverket, 1996):

$$\Delta L_{ka} = 10 \lg \left[\frac{1}{2b} \sqrt{a^2 + (h_m - h_b - 0,5)^2} \cdot \ln \frac{a+b+\sqrt{(a+b)^2+(h_m-h_b-0,5)^2}}{a-b+\sqrt{(a-b)^2+(h_m-h_b-0,5)^2}} \right] \quad (7)$$

Där b är halva utnyttjade vägbredden.

Samtliga modeller för framtagning av utgångsvärdet L_{AFmax}

När det kommer till beräkning av den maximala ljudtrycksnivån är det bullret från de tunga fordonen som dominerar. Modellen som beskriver den maximala ljudtrycksnivån presenteras nedan (Naturvårdsverket, 1996):

$$\underline{L}_{AF \max,10m}(\text{tungå}) = 75 + 30 \cdot \lg\left(\frac{v}{50}\right) + 16,4 \cdot e^{-0,9\frac{v}{50}} \quad ; v > 50 \text{ km/h} \quad (8)$$

$$\underline{L}_{AF \max,10m}(\text{tungå}) = 81,7 \quad ; v \leq 50 \text{ km/h} \quad (9)$$

Avståndskorrelationen beräknas enligt nedanstående (Naturvårdsverket, 1996):

$$\Delta L_{AV} = -10 \lg \left[\frac{\sqrt{a^2 + (h_m - h_b - 0,5)^2}}{10} \right] \quad (10)$$

Där a är avståndet från vägmitt till mottagare och $h_m - h_b$ skillnaden i höjd mellan mottagarpunkten och vägytan.

Korrelationen för avstånd (a) som är mindre än bredden på den trafikerade delen av vägen beräknas på samma sätt som i Ekvation (7), enda skillnaden är att resultatet dubblas (Naturvårdsverket, 1996).

2.11 Programvara

Nedbrytning av vägkroppen sker främst på grund av belastning från tung last och exponering från klimatiska element (Erlingsson & Ahmed, 2023). Metodiken vid dimensionering av vägar skiljer sig från andra byggnadsverk. En väg dimensioneras för att uppnå ett visst utmattningskriterie för att sedan återuppbyggas på nytt (Erlingsson & Ahmed, 2023). För att

upprätthålla och säkerställa en god vägkonstruktion finns olika dimensioneringsmodeller som används vid framtagning av nya vägkonstruktioner. Nedan presenteras tre modeller varav två av dessa utvecklats av Erlingsson & Ahmed (2023) och den ena av Trafikverket (2011b).

2.11.1 PEDRO

PEDRO är en programvara som är utvecklad av VTI för att prognostisera spårbildning orsakade av trafikbelastningar som följd av efterpackning och omlagring i de bituminösa beläggningarna. PEDRO är baserat på en linjär viskoelastisk modell som beaktar viskositeten i de bitumenbundna lagerna och beräknar de vertikala töjningarna under ett rullande hjul. Förutom viskoelastiska metoder finns det även elastiska metoder för att förutspå deformationer i asfaltlager. Den metod som föredras är den viskoelastiska på grund av att de är mer tekniskt korrekt när det kommer till att beskriva trafikparametrar och asfaltmassors egenskaper (Said et al., 2018; Said et al., 2020).

Största fördelen med de linjär viskoelastiska modellerna (PEDRO inräknat) som skaparna poängterar är det analytiska sättet att modellera skjuvpåverkan i de bituminösa skikt samt nedsänkningen och omlagringen som uppstår i hjulbanan (Said et al., 2018). Verktuget i sin nuvarande form kommer även med några begränsningar. Skaparna poängterar att PEDRO för tillfället endast är anpassad för ett skiktssystem. Då asfaltskikten antas vara linjärt viskoelastiska är påverkan från de vertikala töjningarna av två eller flera asfaltskikt ännu inte implementerat i modellen. Vidare poängteras det att programvaran inte kan prognostisera annat än just spårdjup, vilket innebär att andra skador som sprickbildning och andra ojämnheter inte beaktas i modellen. (Said et al., 2020).

2.11.1.1 Modell för prognostisering av spårdjup

Den modell som ligger till grund för prognostisering av spårdjup presenteras i Ekvation (11) nedan (Said et al., 2020).

$$\varepsilon_p = \frac{\sigma_0(1-3\nu)}{V \cdot \eta_p} \cdot \operatorname{Re} \left[\sqrt{(z+ix)^2 + a^2} - (z+ix) \right] + \frac{\sigma_0 z}{V \cdot \eta_p} \operatorname{Re} \left[1 - \frac{z+ix}{\sqrt{(z+ix)^2 + a^2}} \right] \quad (11)$$

Där:

- ε_p = permanent töjning vertikalt [m/m]
- σ_0 = kontaktryck [Pa]
- ν = Poissons tal
- V = fordonshastighet [km/h]
- η_p = viskositet vid toppfasvinkel [Pa s]
- z = djup från vägytan [m]
- x = avstånd från belastningscentrum [m]
- i = imaginära talet ($\sqrt{-1}$)
- a = kontaktytans radie [m]

Modellen beräknar de initiala och sekundära delarna av språkutvecklingen. Med hjälp av Poissons förhållande beräknar den första termen i Ekvation (1) den inledande delen av spårbildning vilket är komprimering av de bundna lagren. Andra termen i Ekvation (1) beräknar skjuvdeformationer vilket är deformationer som uppstår vid konstant volym (Said et al., 2020).

Indata till modellen delas in i tre olika kategorier, nämligen väggkroppens struktur, trafikdata och temperaturdata. Under väggkroppens struktur anges indata som lagertjocklekar, viskositet, Poissons tal och materialkonstanter. För trafikdata finns följande viktiga inparametrar att ta hänsyn till: hastighet, standardaxlar, sidolägesvariation och kontaktytan mellan däck och beläggning. Temperaturdata väljs antingen genom en specifik väderstation som finns i programvaran eller genom att ladda upp anpassade klimatdata från exempelvis väderstationer (Said et al., 2020; Said et al., 2018).

2.11.2 ERAPave PP

ERAPave PP är en programvara som är utvecklad av VTI för att beräkna tillståndsutveckling, både sprick- och spårutveckling, för väggkonstruktioner för ett visst klimat och en given trafikmängd. Förväntat frostlyftning och dubbdäckslitage på väggkonstruktionen förutspås också av programmet. Programmet bygger på mekanisk - empirisk (ME) dimensioneringsfilosofi och används för att dimensionera flexibla väggkonstruktioner (Erlingsson & Ahmed, 2023). Mekanistiska empiriska eller mekanistiska beläggningsskonstruktionsprocesser inkluderar en form av responsmodell. I ERAPaves fall används en responsmodell baserad på MLET (Multilayer Elastic Theory). Responsmodellen MLET introducerades först av Donald M Burmister år 1944 och är den vanligaste responsmodellen vid användning för analys av skiktade konstruktioner (Ahmed, 2014). Data som exempelvis klimat, material, trafik, konstruktion med mera tar ERAPave hänsyn till mer noggrant jämfört med PMS-objekt. Resultaten blir därmed mer "realistiska" jämfört med PMS-objekt både vid dimensionering av överbyggnader och utvärdering av väggkonstruktionens beteende vid trafikbelastningar (Ahmed, 2014).

2.11.2.1 Modeller implementerade i ERAPave PP

Det finns fyra essentiella modeller i programmet ERAPave vilka är för spårbildning, utmattningssprickor, tjällyftning och slitage på grund av dubbdäck från VTI:s slitagemodell. Modellen för utmattningssprickor förklaras mer i detalj i följande text. Spårdjupsutveckling beaktas redan i PEDRO och tjällyftning samt slitage på grund av dubbdäck är inget som förekommer i så stor utsträckning i Malmö och kommer därför inte beaktas i studien.

Modellen som används för att beräkna utmattningssprickor i ERAPave redovisas i Ekvation (12). Dragpåkänningarna i underkant asfalt relaterar modellen till antalet belastningscykler till brott på grund av utmattningssprickor (N_f) (Ahmed & Erlingsson, u.å.).

$$N_f = k_1 \varepsilon_t^{-k_2} E^{-k_3} \quad (12)$$

Där ε_t är dragtjörningen i $\mu\text{m}/\text{m}$ i botten av asfaltagret och E är elasticitetsmodulen i MPa för asfaltagret. k_1 , k_2 och k_3 är konstanter.

Ekvation (12) kan även skrivas som:

$$\log(N) = f_1 - f_2 \cdot \log(\varepsilon_t) - f_3 \cdot \log(E) \quad (13)$$

Där f_1 , f_2 och f_3 är materialkonstanter som användaren tillhandahåller och ε_t och E bestäms för asfaltlagret vid +10° C.

2.11.3 PMS objekt

PMS objekt är ett verktyg framtaget av Trafikverket för att fungera som ett beräkningsverktyg och beslutshjälpmedel för analys och design av vägöverbyggnader (Trafikverket, 2011b). Dimensioneringsverktyget grundas på en analytisk-empirisk metod som beräknar med hjälp av linjärelastisk teori. Detta innebär att PMS objekt bygger på att beräkna spänningar och töjningar i underkant asfalt orsakade av trafikbelastningar i överbyggnaden. All trafiklast på vägen räknas om av verktyget till en fiktiv last som benämns standardaxel. På så sätt kan det analyseras hur många standardaxlar som kan passera vägen innan livslängden är uppnådd (Andersson & Rödin, 2017).

PMS objekt är baserat på analytisk-empiriska formler och gäller endast för ett fåtal asfaltbetongblandningar. På så sätt finns det inga enkla tillvägagångssätt att ändra variant av asfaltmassa vid dimensionering i verktyget och dessutom blir konsekvenserna av detta att vissa vägar inte fungerar lika tillfredsställande medan andra är överdrivet överdimensionerade (Andersson & Rödin, 2017). Till skillnad från PMS objekt skiljer sig mjukvaran åt från bland annat PEDRO genom att mer detaljerade data kan anges i PEDRO modellen om materialets egenskaper. Detta medför att verkligheten efterliknas allt närmare i PEDRO vid prognostisering och dimensionering än i PMS objekt (Andersson & Rödin, 2017; Trafikverket, 2021).

2.11.3.1 Dimensionering enligt PMS objekt

Enligt TRVINFRA finns det tre dimensioneringsmetoder som bestäms utefter antalet standardaxlar under vägens planerade livslängd, vilka är (Trafikverket, 2011b):

- DK1: implementeras på lågtrafikerade vägar med upp till 500 000 standardaxlar.
- DK2: tillämpas på vägar med trafik större än 500 000 standardaxlar.
- DK3: appliceras då det förekommer extrema laster. Här ges det stor frihet till hur vägen ska dimensioneras, dvs behöver inte dimensioneras enligt linjär-elastisk teori.

Vid dimensionering enligt DK2 tillämpas Trafikverkets verktyg PMS objekt. Modellerna för beräkning av antalet standardaxlar presenteras nedan i Ekvation (14), (15), (16) och (17).

Antalet standardaxlar N_{ekv} under vägens livslängd bestäms enligt följande Ekvationer (Trafikverket, 2021; Trafikverket, 2011b):

$$N_{ekv} = \text{ÅDT}_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B_{just} \cdot \left(1 + \frac{100}{k}\right) \left(\left(1 + \frac{k}{100}\right) - 1\right) \quad \text{då } k \neq 0 \quad (14)$$

$$N_{ekv} = \text{ÅDT}_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B_{just} \cdot n \quad \text{då } k = 0 \quad (15)$$

Där:

$\dot{A}DT_k$ = årsdygnstrafiken per körfält

A = andel tunga fordon i %

B_{just} = antalet justerat ekvivalenta standardaxlar per tungt fordon

n = är den dimensionerande tekniska livslängden i år

k = den årliga procentuella ökningen för tunga fordon

Antalet justerat ekvivalenta standardaxlar per tungt fordon B_{just} tas fram med Ekvation (16) nedan (Trafikverket, 2021; Trafikverket, 2011b).

$$B_{just} = B \cdot f_a \cdot f_b \cdot f_c \quad (16)$$

Där:

B = antalet ekvivalenta standardaxlar per tungt fordon

f_a = justering med anledning på körfältsbredd

f_b = justering med anledning på vägtyp

f_c = justering med anledning på hastighet

När det kommer till just smalare körfältsbredder och lägre hastigheter är det B-faktorn i modellen som har en betydande roll. På en smalare gata/väg med en lägre referenshastighet kommer således bidra till att B-faktorn blir större vilket resulterar i fler ekvivalenta standardaxlar. B-faktorn kan beräknas med 4-potensregeln enligt följande ekvation (Trafikverket, 2011b):

$$B = \sum_{i=1}^j \left(\frac{\text{axelvikt}_i}{\text{laglig last}_i} \right)^4 \quad (17)$$

Där j är antalet standardaxlar.

Ett roblemet med PMS-objekt är att när antalet standardaxlar ökar så dimensioneras endast asfaltbeläggningen upp till en tjockare asfaltbeläggning. Detta är framför allt bra mot utmattningssprickor men på smala vägar och gator med tung spårbunden trafik där spårbildning och valkproblem är ett faktum blir problemen tydliga. Omlagringsprocessen av asfalten kommer starta på nytt och spårbildning och valkproblem kommer så småningom framträda igen. Därför är verktyget inte helt optimalt vid dimensionering av gator och vägar med tung spårbunden trafik (Andersson & Rödin, 2017; Trafikverket, 2021).

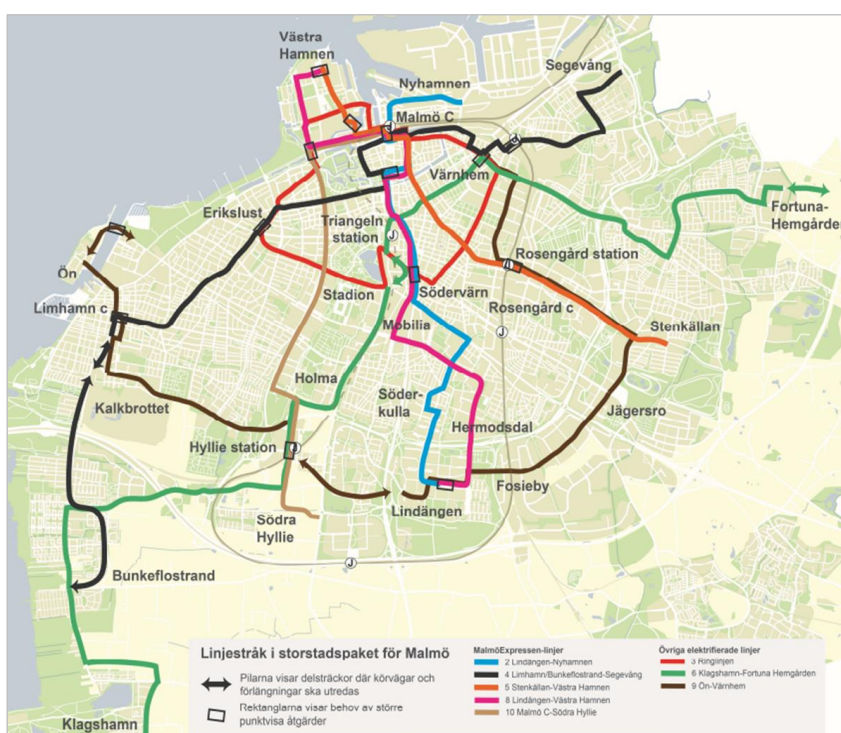
2.12 Storstadspaketet Malmö stad

Storstadspaketet i Malmö är ett samlingsnamn för en rad olika projekt som ska fullbordas för att skapa ett mer jämställt, tryggare och socialt hållbart Malmö. Stadsutvecklingen sker genom investeringar i ett framtaget paket av åtgärder där fokus ligger i att skapa attraktiv kollektivtrafik och cykelinfrastruktur i syfte att bidra till social, miljömässig och ekonomisk

hållbarhet. Projektet är organiserat av Malmö stad med hjälp av Region Skåne och staten som medfinansierare. Tidshorizonten för hela projektet sträcker sig fram till år 2035 då målet är att det ska bli färdigt (Malmö stad, 2018).

Kollektivtrafikåtgärder som storstadspaketet innebär ska bidra till förbättrad kapacitet och tillgänglighet i transportsystemet samt öka bostadsbyggandet i kommunen (Malmö stad, 2018). Till följd av de satsningar som sker med storstadspaketet är förväntningarna att skapa ett mer hållbart resande i men även till och från Malmö samtidigt som attraktiviteten ökar.

I paketet ingår utbyggnad av åtta elbusslinjer i Malmös stadsbusstrafik och investeringen uppges motsvara cirka 3 210 miljoner kronor (Malmö stad, 2018). Denna åtgärd ska medföra bättre framkomlighet, högre komfort på samtliga berörda stråk samt öka säkerheten, tryggheten och tillgängligheten till och från samtliga busshållplatser. Av de åtta elbusslinjer som ska byggas ut blir fyra MalmöExpressbussar (MEX) vilket ska bidra till en högre kapacitet (Malmö stad, 2018). Berörda busslinjer illustreras i Figur 18 nedan.



Figur 18. Illustration av samliga åtta busslinjer som ingår i storstadspaketet (SSP) (Malmö stad, 2018).

MEX-stråken delas in i 3 olika typstråk A, B och C där de olika stråken motsvarar visionen om gaturums karaktär och funktion. Det som avgör vilken av de tre typstråken som ska väljas är gaturummets tillgängliga/önskade bredd och stadsmiljöanspråk. När det finns många centrumfunktioner utmed gatan leder det till ett högre stadsmiljöanspråk. Framkomligheten på MEX-stråken bedöms och prioriteras utifrån planerade framtida flöden och typ av reglering för olika trafikslag. Framkomligheten prioriteras enligt Tabell 5 nedan (Malmö stad, 2020a).

Tabell 5. Vägledning för prioritering av framkomlighet på MEX-stråken (Malmö stad, 2020a).

| Prioriterings- ordning | Typstråk A (medel stadsmiljöanspråk) | Typstråk B (hög stadsmiljöanspråk) | Typstråk C (mycket högt stadsmiljöanspråk) |
|---------------------------|---|---------------------------------------|---|
| 1 | MalmöExpressen | Prioriterat gångstråk | Prioriterat gångstråk |
| 2 | Prioriterat huvudcykelnät | Prioriterat huvudcykelnät | Prioriterat huvudcykelnät |
| 3 | Prioriterat gångstråk | MalmöExpressen | MalmöExpressen |
| 4 | Övrigt cykelstråk | Övrigt cykelstråk | Fotgängare vid övriga korsningar |
| 5 | Fotgängare vid övriga korsningar | Fotgängare vid övriga korsningar | Övrigt cykelstråk |
| 6 | Övrig motorfordonstrafik | Övrig motorfordonstrafik | Övrig motorfordonstrafik |

En gata som redan genomgått ombyggnationer som en del av MEX-projektet är Davidshallsgatan. MEX-busslinjerna 2 och 8 kommer att trafikera Davidshallsgatan med 24 meter långa dubbellbussar (Malmö stad, 2020c). För att vara en del av MEX-projektet har Davidshallsgatan genomgått stora ombyggnader mellan 2021 och 2022. Gatans ombyggnationer bestod av anpassning till MEX-bussarna, en ny enkelriktad cykelbana och flera nya träd. Den enkelriktade cykelbanan ligger på den östra sidan av gatan i riktning mot Gustav Adolfs torg. På den västra sidan blir cykelbana i blandtrafik, undantag vid busshållplatsen där det blir separerad cykelbana. (Malmö stad, 2022c).

2.13 Samhällsekonomiska kalkylvärden

Vid val av åtgärder inom transportsektorn är det viktigt med en väl genomförd samhällsekonomisk analys som beslutsunderlag. För att analysresultat från olika analyser ska kunna bli jämförbara krävs det att analyserna baseras på samma kalkylvärden och grundprinciper. Idag finns det en plattform framtagen av Trafikverket som benämns ASEK och står för "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn". Syftet med den gemensamma plattformen (ASEK) är att jämförbara och enhetliga samhällsekonomiska analyser ska kunna genomföras (Trafikverket, 2023c).

2.13.1 Drift- och underhållskostnader

Drift- och underhållskostnader är fördelade på drift (trafikkontroll), underhåll (rengöring och mindre reparationer) och reinvestering (ny beläggning). Kostnader för drift- och underhåll antas variera beroende på län, vägtyp, vägbredd, beläggning och ÅDT. Drift- och underhållskostnader beräknas med följande formel (Trafikverket, 2023c):

$$K = (K_0^V \cdot K_1^V \cdot K_0^{bel} \cdot K_1^{bel} \cdot \text{ÅDT}^{k2bel} + K_0^{\ddot{o}} \cdot K_1^{\ddot{o}} \cdot \text{ÅDT}^{k2\ddot{o}}) \cdot SF \cdot PS \cdot (K_{v\u00e4g}) \quad (18)$$

Där:

K= kostnad i kr/meter och år.

$K_{v\u00e4g}$ (vägkonstruktionstyp) = 1.

SF = skattefaktor på 1,3.

PS (Produktionsstöd) = 1,06.

K0, K1, K2 = Koefficienter för vägtyp, tabellvärden enligt ASEK Kapitel 6.

Index (v= vinterväghållning, bel = beläggningsunderhåll och ö= övrigt)

2.13.2 Trängsel och förseningar

Kostnaden för variationer i restid för kollektivtrafiken beräknas genom genomsnittlig förseningstid. Storleken på tidsvärdet för försening och trängsel beräknas enligt Tabell 6. Genomsnittlig förseningstid beräknas både för privata resor och tjänsteresor för kollektivtrafiken enligt Tabell 7 (Trafikverket, 2023d).

Tabell 6. Storlek på tidsvärdet, räknat per timme för försening och trängsel enligt ASEK (Trafikverket, 2023d).

| | Kollektivtrafik |
|-----------------------------|-------------------------|
| Genomsnittlig förseningstid | 3,5*normalt åktidsvärde |

Tabell 7. Förseningstid för regionala samt lokala resor med kollektivtrafik i kr per person och timme för basåret 2017 (Trafikverket, 2023d).

| | Förseningstid - Privata resor (kr/person och h) | Förseningstid - tjänsteresor (kr/person och h) |
|-------------------|--|---|
| Bussresor, arbete | 216 | 1188 |
| Bussresor, övrigt | 135 | 1188 |

2.13.3 Trafiksäkerhet och olyckskostnader

Olycksrisken består av en värdering av risk och materiella kostnader. Riskvärdet motsvarar samhällets nyttoförlust vid förlust av människoliv eller vid fysiskt eller psykiskt lidande för den skadade vid en trafikolycka. Vid en trafikolycka uppstår även materiella kostnader som bland annat sjukvård, produktionsbortfall, administration samt skador på fordon och annan egendom. Personskador klassificeras enligt STRADA som har följande kategorier:

DF = Dödsfall, i samband med en vägtrafikolycka.

MAS = Mycket allvarligt skadad, i samband med en vägtrafikolycka fått en skada som ger minst 10 % permanent medicinsk invaliditet.

AS = Allvarligt skadad, i samband med en vägtrafikolycka fått en skada som ger minst 1% permanent medicinsk invaliditet.

EAS = Ej allvarligt skadad, i samband med en vägtrafikolycka inte fått en skada som ger permanent medicinsk invaliditet (mindre än 1% invaliditet).

ASEK rekommenderar att värdering av vägtrafikolyckor med döda och skadade ska baseras utifrån värdena i Tabell 8. Eftersom alla olyckor inte rapporteras till polisen rekommenderar ASEK att värderingen uppräknas med ett uppräkningsstal. Den totala kostnaden för skador

eller dödsfall beräknas genom att addera riskvärdering till materiella kostnader och sedan värdera upp med uppräkningsfaktorn enligt Tabell 9. (Trafikverket, 2023e).

Tabell 8. Olycksvärdering för vägtrafikolyckor i miljoner kr per person som dödats eller skadats i trafiken för basåret 2017 (Trafikverket, 2023e).

| | Materiella kostnader | Riskvärdering |
|---------------------------------------|----------------------|---------------|
| Dödsfall (DF) | 6,23 | 44,02 |
| Mycket allvarligt skadad (MAS) | 4,53 | 13,26 |
| Allvarligt skadad (AS) | 0,97 | 12,93 |
| Ej allvarligt skadad (EAS) | 0,04 | 4,56 |

Tabell 9. Uppräkningsfaktor för dödsfall och skadade värderade enligt ASEK (Trafikverket, 2023e).

| Typ av skada | Uppräkningsfaktor |
|--|-------------------|
| Dödsfall (DF) | 1 |
| Svårt/lindrigt skadad med motorfordon i tätort | 1,5 |

2.13.4 Buller

Normalt definieras buller som ett "oönskat ljud" och som befolkningen utsätts för vid sina bostäder. Flest bullerutsatta är störst i städerna men det förekommer även i mindre orter med genomfartstrafik. I den aktuella ASEK rapporten ges kalkylvärdena i termer av kostnad per person och år för vägtrafikbuller respektive buller från järnvägstrafiken. De värden som ges för vägtrafiken presenteras i Tabell 10 nedan (Trafikverket, 2023f).

Tabell 10. Kostnad för vägtrafikbuller (störningseffekter och hälsoeffekter) vid vistelse både utomhus och inomhus räknat på basåret 2017 (Trafikverket, 2023f).

| Bullernivå utomhus (dB) | Kostnad för störningseffekter, 2017 (kr) | Kostnad för hälsoeffekter, 2017 (kr) | Total kostnad (kr) |
|-------------------------|--|--------------------------------------|--------------------|
| 62 | 16 879 | 461 | 17 340 |
| 63 | 19 495 | 624 | 20 119 |
| 64 | 22 300 | 803 | 23 103 |
| 65 | 25 292 | 996 | 26 288 |
| 66 | 28 474 | 1 220 | 29 694 |
| 67 | 31 844 | 1 472 | 33 315 |
| 68 | 35 401 | 1 754 | 37 156 |

2.13.5 Luftföroeningar

Luftföroeningar delas oftast upp i tre olika kategorier vilka är: lokala, regionala och globala. I den avsedda studien studeras endast de lokala effekterna då studien avser gator i tätorter. De mest omfattande luftföroeningar i städerna är förbränningspartiklar från avgaser men även slitagepartiklar från vägbana, bromsar och däck. Partikelutsläppen kan i sin tur delas in i två underkategorier: Hälsoeffekter och kulturmiljöeffekter. Under kategorien kulturmiljöeffekter ingår materiella skador på bebyggelse och generell nedsmutsning. De kostnadsvärden som rekommenderas från ASEK-rapporten för partikelutsläpp redovisas i Tabell 11 nedan (Trafikverket, 2023g).

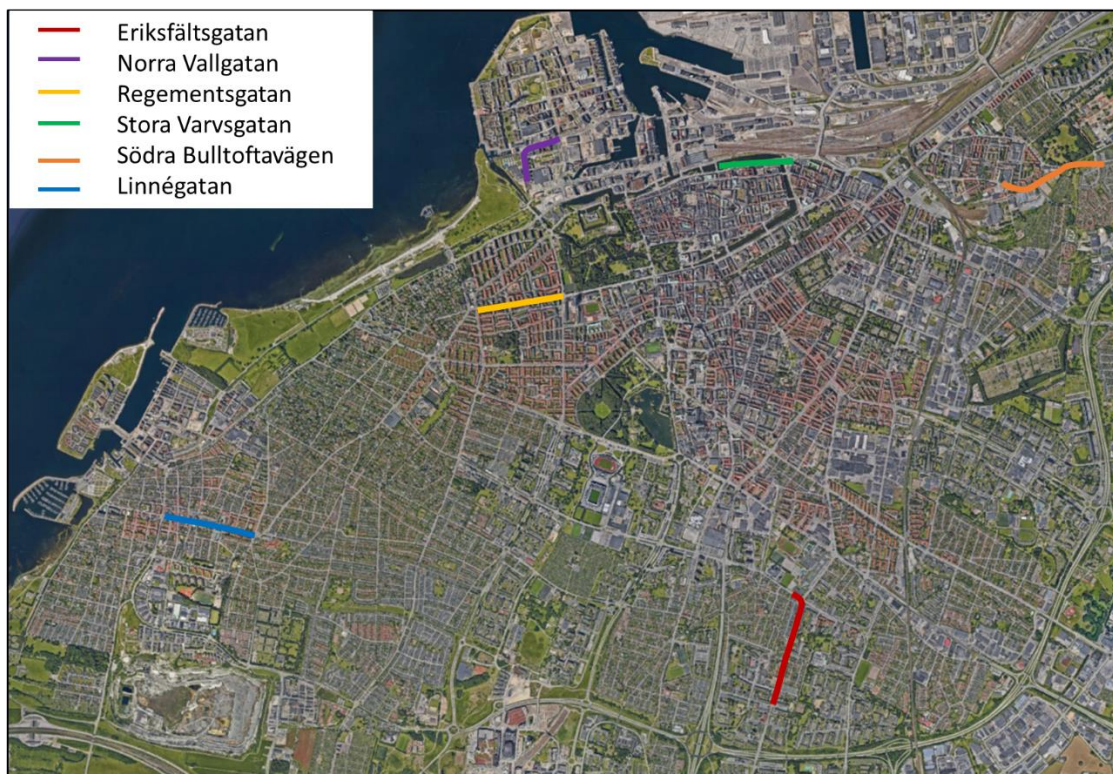
Tabell 11. Värdering av luftföroeningarnas lokala effekter mätt i kr/kg utsläpp för basåret 2017 (Trafikverket, 2023g).

| Effekter | Typ av emission | Skadekostnad, 2017 (kr per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och person) |
|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Hälsoeffekter: | | |
| Avgaspartiklar | Partiklar $\text{PM}_{2,5}$ | 7800 |
| Slitagepartiklar | Partiklar PM_{10} | 1600 |
| Kulturmiljöeffekter: | | |
| Nedsmutsning | Partiklar PM_{10} | 360 |



3 Fältundersökning

Fältundersökningen går ut på att studera sex utvalda gator i Malmö som redovisas i Figur 20. Gatorna kommer att vara med varierande körfältsbredd, en del väldigt breda och en del som är smala. Gatorna som ska studeras är även en del av Malmöexpressen och är viktiga busslinjer i Malmö.



Figur 19. Illustration som redovisar läget för de 6 valda gatorna i Malmö (Google Maps).

Skadorna som observerats längs med de utvalda avsnitten kommer att bedömas i både utbredning och svårighetsgrad enligt inventeringsprotokollet från Bära eller brista (2019a). Inventeringsprotokollet för de sex utvalda gatorna finns i Bilaga 1. Utbredningen på skadan delas in i lokal som är mindre än 20 %, måttlig som är 20–50 % och generell 50 % och mer. Svårighetsgraden visar hur allvarlig skadan bedöms vara på en skala ett till tre, där 1 är mild, 2 är lindrig och 3 är allvarligt.

Skyltad hastighet för de valda vägarna i Malmö är 40 km/h. Information om de olika vägarna redovisas i Tabell 12 nedan.

Tabell 12. Övergripande information som körfältsbredd, medelhastighet, ÅDT, andel tung trafik och beläggningsår (Malmö stad, 2023b).

| Gator | Körfältsbredd | Medelhastighet (km/h) | ÅDT | Andel tung trafik (%) | År |
|----------------------|---------------|-----------------------|------|-----------------------|----|
| Eriksfältsgatan | 5,8 | 38 | 9560 | 8 | 10 |
| Norra Vallgatan | 4,8 | 33 | 8010 | 11 | 4 |
| Regementsgatan | 3,7 | 28 | 7100 | 9 | 4 |
| Stora Varvsgatan | 3 | 33 | 7700 | 8 | 15 |
| Södra Bulltoftavägen | 3,5 | 35 | 5900 | 9 | 8 |
| Linnégatan | 3 | 25 | 7800 | 8 | 18 |

3.1 Eriksfältsgatan

Avsnittet som ska studeras på Eriksfältsgatan är 800 m långt och redovisas som en röd linje i Figur 21. Eriksfältsgatan består av ett körfält åt vardera håll där körfältsbredden varierar mellan 5,8 m och 3,5 m vid smalare partier vid övergångsställena. Det breda avsnittet längs Eriksfältsgatan redovisas i Figur 22. I anslutning till Gymnasistgatan finns en busshållplats placerad i norrgående riktning som sedan övergår till parkeringsplatser som sträcker sig fram till nästa interaktionspunkt 150 m bort. Eriksfältsgatan trafikeras av busslinje 8 som är en del av Malmöexpressen. Längst det utvalda stråket finns det tre hållplatser som är anpassade till de dubbelledade bussarna som är 24 m långa (Skånetrafiken, u.å.).



Figur 20. Visar vilken sträcka på Eriksfältsgatan som avses i studien. Avsnittet börjar vid cirkulationsplatsen i Norra delen som sammankopplas med Nydalavägen och avslutar i korsningen med Gymnasistgatan (Google Maps).

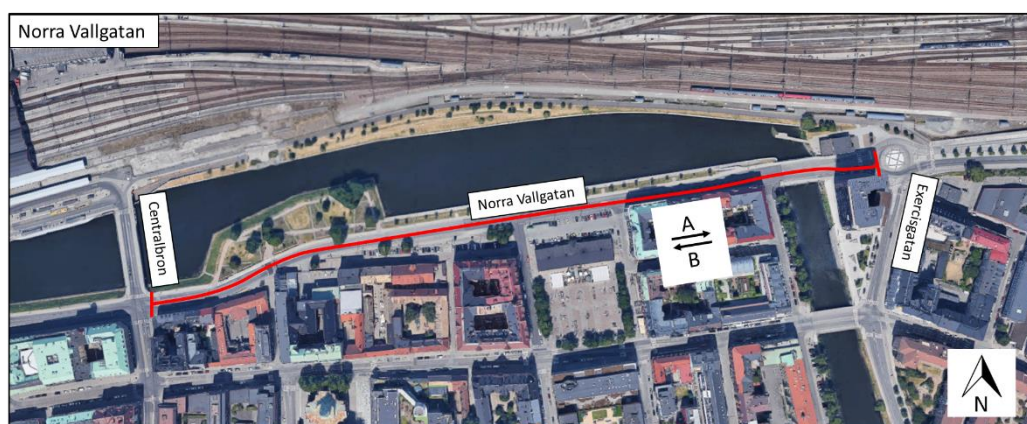


Figur 21. Eriksfältsgatans breda körfält och skador på asfaltbeläggningen som har lappats och lagats.

3.2 Norra Vallgatan

På Norra Vallgatan har ett 500 m långt avsnitt valts ut och redovisas som en röd linje i Figur 23. Norra Vallgatan består av två körfält, ett åt vardera håll med en körfältbredd som är 4,8 m på de breda partierna och 3,8 m där mittrefugen separerar körfälten. Både vid korsningen vid Centralbron och i anslutning till cirkulationsplatsen övergår vägen till två körfält med vardera 3,1 m körfältsbredd. Norra Vallgatan trafikeras av stadsbusslinje 4 som är en del av

MalmöExpressen (Skånetrafiken, u.å.). Bild på det breda partiet samt skador redovisas i Figur 24.



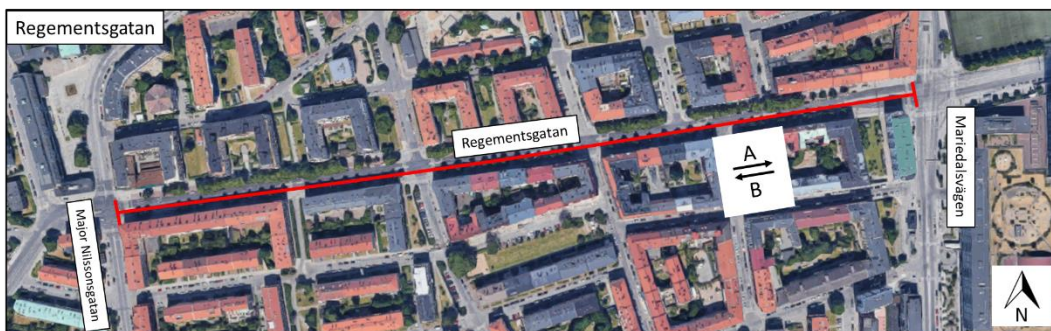
Figur 22. Illustration av vilken sträcka som avses i studien. Avsnittet börjar i korsningen med Centralbron till vänster i figuren och sträcker sig fram till cirkulationsplatsen där Exercisgatan sammankopplas (Google Maps).



Figur 23. Lokal stensläpp och slaghål av allvarlig karaktär på Norra Vallgatan

3.3 Regementsgatan

Det valda avsnittet på Regementsgatan är 700 m långt och har markerats med en röd linje i Figur 25. Regementsgatan består av ett körfält åt vardera håll med en körfältsbredd som är 3,7 m och som övergår till 3 m vid övergångsställena samt vid korsningen med Mariedalsvägen. På båda sidor om körbanan finns parkeringsplatser vilket kan åskådliggöras i Figur 26. Regementsgatan trafikeras av linje 4 som är en del av MalmöExpressen. Längst det valda avsnittet finns en busshållplats (Skånetrafiken, u.å.).



Figur 24. Visar vilken sträcka på Regementsgatan som avses i studien. Avsnittet sträcker sig mellan korsningen med Major Nilssonsgatan och Mariedalsvägen (Google Maps).



Figur 25. Regementsgatan med bilar parkerade på båda sidor.

3.4 Stora Varvsgatan

I Västra hamnen valdes ett 350 m långt avsnitt på Stora Varvsgatan att studeras och har markerats med en röd linje i Figur 27. Stora Varvsgatan består av två körfält i vardera riktningen. Körfältsbredden på Stora Varvsgatan i vardera riktningen och båda körfälten är 3 m. Längs sträckan finns en busshållplats som används av stadsbusslinje 3 (Skånetrafiken, u.å.).



Figur 26. Visar stråket på Stora Varvsgatan som omfattas i studien. Avsnitten sträcker sig från Västra Varvsgatan till cirkulationsplatsen vid Einar Hansens Esplanad (Google Maps).

3.5 Södra Bulltoftavägen

Avsnittet som studeras på Södra Bulltoftavägen är ca 700 m långt och är markerat med en röd linje i Figur 28. Södra Bulltoftavägen består av två körfält, en åt vardera riktningen. Körfältsbredden varierar mellan 3,3 och 3,5 m (tillgänglig bredd) och längs sträckan finns även ett parti med mittrefug där körfältsbredden är 3 m. Delar av sträckan har parkeringsplatser på båda sidorna av vägen. Hastigheten är begränsad till 30 km/h på Södra Bulltoftavägen då det ligger i anslutning till Bulltoftaskolan. En bild som är tagen vid refugerna på Bulltoftavägen redovisas i Figur 29.



Figur 27. Visar sträckan på Södra Bulltoftavägen som omfattas i studien. Avsnittet sträcker sig från korsningen med Musketörgatan fram till korsningen med Östra Fäladsgatan (Google Maps).



Figur 28. Vid det smala partiet på Södra Bulltoftavägen observerades spårbildning, krackelering och sprickor.

3.6 Linnégatan

På Linnégatan valdes ett cirka 800 m långt stråk som kan åskådliggöras i Figur 30 med en röd linje. Linnégatan är uppdelad i två körfält en i vardera riktningen där det breda partiet är 3,8 m brett och sedan finns det ett långt parti med en mittrefug där körfältsbredden är 3 m. Längst med gatan finns även många aktiviteter såsom affärer, kaféer osv men även parkeringsplatser stora delar av det studerade stråket. Hastigheten är begränsad till 40 km/h på sträckan förutom ett litet avsnitt vid Linnéskolan där hastigheten är satt till 30 km/h. Bild tagen på det smala partiet på Linnégatan redovisas i Figur 31.



Figur 29. Visar sträckan på Linnégatan som avses i studien. Avsnittet sträcker sig mellan korsningen vid Kalkbrottsgatan fram till cirkulationsplatsen som sammankopplas med Västanvägen (Google Maps).



Figur 30. Sträckan på Linnégatan med spårbildning och sprickor som har lagats.

4 Metod

Syftet med följande avsnitt är att beskriva det arbetssätt och de metoder som ligger till grund för studien. Metoderna som valts är vetenskapligt förankrade och avsedda att hjälpa till med att besvara studiens frågeställningar. Många av följande metoder har beskrivits i litteraturstudien och kommer att tillämpas i följande avsnitt.

4.1 Skador

4.1.1 Tillståndsbedömning - Malmö stad

Skador för de valda sträckorna i Malmö tas fram med hjälp av Malmö stads "Tillståndsbedömning av bussgator - Malmö Storstadspaketet" (2021). Tillståndsbedömningen bestod av vägytemätningar (spårdjup), skadeinventering, fallviktsmätning (bärighet) mm. som utfördes under första halvan av november 2020. Undersökningen gjordes separat för de olika riktningarna och körfälten på de valda sträckorna. I utredningen från Malmö stad kunde information som spårdjup, bärighet och ytskador för de valda sträckorna tas fram. För att hitta ett samband ritas spårdjup tillsammans med körfältsbredd längs sträckan på den valda vägen. Spårdjupet ritas för båda riktningar men att en av riktningarna inverteras så att den motsvarar samma position som den andra riktningen längs sträckan.

Åtgärdsintervallet på 15 mm för spårdjup ritas i samma figur för de gator där det var relevant så att det på ett enkelt sätt går att avläsa när avsnittet måste åtgärdas inom ett år (Sulejmani, 2021). På sträckan identifieras även vilket avsnitt som har sämre bärighet som i denna studie definieras vara under 300 MPa. Tillståndsbedömningen som Malmö stad har utfört består av ytskador som sprickor och krackeleringar samt ojämnheter. Ytskador och ojämnheter bedöms i en skala från 0–3, där 0 är inga eller ringa förekomst och 3 är omfattande ytskador.

4.1.2 PEDRO och ERAPave

För att kunna använda programmen PEDRO och ERAPave behövs diverse data för att kunna få ett resultat. I programmet PEDRO ska de bundna lagernas tjocklek och typ anges, medan i ERAPave anges samtliga lager i överbyggnaden. För gatorna i Malmö används Malmö stads "Överbyggnadstabell – riktlinjer" (2023a). Överbyggnadens lagerföljd presenteras i Tabell 13 för trafikklass 4 (gator inom tätort och städer) och asfaltbeläggning.

Tabell 13. Överbyggnadsriktlinjer för asfaltkörbana enligt Malmö stad (Malmö stad, 2023a).

| Lager | Lagertyp | Tjocklek (mm) |
|--------------------|------------------|---------------|
| Asfalt Slitlager | ABT 11 70/100 | 40 |
| Bundet Bindlager | ABb 22 | 70 |
| Bundet Bärlager | AG 22 70/100 | 50 |
| Bärlager | Samkross 0–40 mm | 80 |
| Förstärkningslager | Samkross 0–90 mm | 420 |
| Total | | 660 |

I PEDRO och ERAPave behövs även den tunga trafikens ÅDT för gatan matas in samt medelhastigheten. Malmö stad (2023b) har en offentlig databas med trafikmätningar för biltrafik på utvalda gator. Trafikflödena i databasen anges i medelvardagsdygn (MVD) och för att omvandla det till ÅDT multipliceras MVD med schablonfaktorn 0,91 (Malmö stad, 2023b). En sammanställning för antal tunga fordon som trafikerar de studerade gatorna och gatornas medelhastighet redovisas i Tabell 14.

Tabell 14. Sammanställda data från samtliga observerade objekt.

| | MVD* | ÅDT | Andel tung trafik (%) | Antal tung trafik | Medelhastighet (km/h) |
|----------------------|-------|------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| Eriksfältsgatan | 10500 | 9560 | 8 | 765 | 38 |
| Norra Vallgatan | 8800 | 8010 | 8 | 640 | 33 |
| Regementsgatan | 7800 | 7100 | 9 | 640 | 28 |
| Stora Varvsgatan | 8400 | 7700 | 9 | 690 | 33 |
| Södra Bulltoftavägen | 6500 | 5900 | 11 | 650 | 35 |
| Linnégatan | 8600 | 7800 | 8 | 625 | 25 |

*MVD står för medelvardagsdygn

Med PEDRO beräknas den teoretiska spårdjupsutvecklingen för samtliga valda gator med anledning att studera skillnaden mellan den teoretiska och verkliga utvecklingen. Medan i programmet ERAPave beräknas korrelationen mellan olika körfältsbredder och utmattningssprickor. I ERAPaves antogs generaliserade data för att enkelt kunna urskilja hur körfältsbredder påverkar utvecklingen av utmattningssprickor. Den data som antogs var ÅDT, andel tung trafik och medelhastighet. Dessa valdes till 10 000, 9% respektive 30 km/h.

I båda programmen anges sidolägesvariation i stället för körfältsbredd vilket innebär att omvandling från körfältsbredd till sidolägesvariation behöver genomföras. För körfältsbredder från 3 till och med 3,75 m finns det redan omvandlingar presenterade av Malmö stad enligt Tabell 15 nedan för tung trafik (Malmö stad, 2020b). För bredare körfält är det sidolägesvariationerna i Tabell 15 som beräkningarna PEDRO och ERAPave grundar sig på.

Tabell 15. Sidolägesvariation för tung trafik (Malmö stad, 2020b).

| Körfältsbredd [m] | Sidolägesvariation [mm] |
|-------------------|-------------------------|
| 3,75 | 325 |
| 3,50 | 300 |
| 3,25 | 270 |
| 3,00 | 240 |

I både PEDRO och ERAPave behövs även klimatdata väljas och i båda beräkningsprogrammen väljs en väderstation som finns lokaliserad i Norra Malmö som väljs direkt i programmet.

4.1.3 Standardaxlar

Standardaxlar beräknas med Ekvation (3), (4) och (5) i Kapitel 2.11.3 PMS objekt. För att beräkna B-faktorn behövs specifikationer för bussarna som trafikerar vägarna. En 2-axlig buss har en tillåten teknisk totalvikt på 19 ton (Volvobuses, u.å.). Totalvikten antas fördelas jämnt på de två axlarna så att det är 9,5 ton på varje axel. I Ekvation (4) ska justeringsfaktor för B användas enligt TRV INFRA. Justeringsfaktor f_a beror på vilken körfältsbredd och anges i Tabell 16 nedan för de olika vägarna. Justeringsfaktor f_b beror på vägtyp och valdes till pendlingsväg som är 0,95 för de vägar som valts i Malmö. Justeringsfaktor f_c beror på referenshastigheten och redovisas i Tabell 16 nedan. För att beräkna standardaxlar behövs även ÅDT och andel tunga fordon för de valda sträckorna i Malmö som också redovisas i Tabell 16.

Tabell 16. Samtliga in parametrar vid beräkning av standardaxlar (Malmö stad, 2023b; Trafikverket, 2023c).

| Gator | Körfältsbredd | f_a | Medelhastighet (km/h) | f_c | ÅDT | Andel tung trafik (%) | År |
|----------------------|---------------|-------|-----------------------|-------|------|-----------------------|----|
| Eriksfältsgatan | 5,8 | 0,75 | 38 | 1,2 | 9560 | 8 | 10 |
| Norra Vallgatan | 4,8 | 0,75 | 33 | 1,35 | 8010 | 11 | 4 |
| Regementsgatan | 3,7 | 1 | 28 | 1,35 | 7100 | 9 | 4 |
| Stora Varvsgatan | 3 | 1,3 | 33 | 1,35 | 7700 | 8 | 15 |
| Södra Bulltoftavägen | 3,5 | 1,1 | 35 | 1,2 | 5900 | 9 | 8 |
| Linnégatan | 3 | 1,3 | 25 | 1,35 | 7800 | 8 | 18 |

4.1.4 Regressionsanalys

Regressionsanalys är en statistisk analysmetod som används för att ta reda på vilka bakomliggande faktorer som styr sambandet. Genom att utföra regressionsanalysen kommer resultatet anges i tabeller där relevanta variabler väljs ut (SCB, u.å.). För att förklara hur starkt sambandet är mellan faktorerna används determinationskoefficienten R^2 som också

kallas förklaringsgrad. Determinationskoefficienten är ett mått på hur starkt sambandet är på en skala från 0 till 1, där 1 är 100%. Ju högre värdet är på determinationskoefficienten, desto starkare är sambandet. Regressionsanalysen anger även ett värde som kallas R justering, det är ett justerat mått som tar hänsyn till antalet oberoende variabler och justerar ner måttet (Frost, u.å.). I denna studie kommer värdet att ange om faktorerna standardaxlar, hastighet, körfältsbredd och ÅDT påverkar spårdjupet.

Resultatet av regressionsanalysen anges även i ett P-värde. P-värde används för att stödja eller förkasta nollhypotesen. Nollhypotesen innebär att det inte finns något samband mellan spårdjup och de andra faktorerna. Ju mindre värdet är på P desto starkare är beviset att förkasta nollhypotesen. Värdet på P jämförs med en sannolikhetsnivå som vanligtvis brukar tillämpas till 5% (0,05). Om P-värdet är mindre än 5% förkastas nollhypotesen och om det är högre än 5% innebär det att hypotesen är svagare och nollvärdet förkastas inte (Glen, 2020). P-värdet kommer i denna studie att anges för var och en av faktorerna standardaxlar, hastighet, körfältsbredd och ÅDT.

Regressionsanalysen görs även för att få fram predikterade värden på spårdjup. Med hjälp av de predikterade värden på spårdjup kan ett samband tas fram mellan verkliga och predikterade värden. Hur väl värdena stämmer överens kommer att undersökas med Line of equality. Line of equality är en linje med 45 graders lutning och som anger perfekt jämlik fördelning. Ju närmare spridningen är till linjen desto bättre överensstämmer de predikterade och verkliga värdena. Det uppmätta spårdjupet och det predikterade spårdjupet ställs mot varandra för att se jämlikheten (Ansari, 2021).

4.2 Framkomlighet

För att förstå hur framkomligheten påverkas kommer ett samband att tas fram mellan medelhastigheten och körfältsbredd för de valda gatorna. Den skyltade hastigheten på de valda gatorna är 40 km/h. För att få fram ett samband valdes det att använda den dominanta körfältsbredden för den valda gatan. Den dominanta körfältsbredden är den körfältsbredden som är förekommer mest på gatan och antogs för att underlätta beräkningarna. Medelhastighet och körfältsbredd för de olika gatorna anges i Tabell 17.

Tabell 17. Körfältsbredd och medelhastighet för de valda sträckorna i Malmö (Malmö stad, 2023b).

| Vägar | Körfältsbredd [m] | Medelhastighet [km/h] | År |
|----------------------|-------------------|-----------------------|------|
| Eriksfältsgatan | 5,8 | 38 | 2021 |
| Norra Vallgatan | 4,8 | 33 | 2021 |
| Regementsgatan | 3,7 | 28 | 2021 |
| Stora Varvsgatan | 3 | 33 | 2022 |
| Södra Bulltoftavägen | 3,5 | 35 | 2022 |
| Linnégatan | 3 | 25 | 2018 |

Efter att spridningen har tagits fram söks därefter ett linjärt samband med hjälp av en trendlinje. Trendlinje används även för att få fram räta linjens ekvation samt determinationskoefficienten, R^2 . Mer information om determinationskoefficienten finns i Kapitel 4.1.4 *Regressionsanalys*. Resultatet ritas i en graf som visar sambandet mellan hastighet och körfältsbredd.

4.3 Olycksstatistik

För de valda sträckorna i Malmö gjordes uttag från databasen STRADA med hjälp från Malmö stad. Olycksdata valdes för de senaste 9 åren, från 2013 till 2022 då utdraget från STRADA sträcker sig mellan dessa årtal. Data som eftersöktes var olyckor med skadegrad död, allvarlig, måttlig och lindrigt skadad. Olyckstypen som eftersöks var främst interaktioner med motorfordon. Ett diagram tas fram för det totala antalet olyckor som sker där motorfordon är inblandade fördelat på de olika gatorna. Det togs även fram ett diagram där olyckorna är fördelade på olyckstyp för de valda gatorna.

4.4 Buller och Luftföroreningar

4.4.1 Bullerberäkningar

Ekvationerna som ligger till grund för bullerberäkningarna presenteras i Avsnitt 2.10.2 *Buller*. Det genomfördes två separata beräkningar, en med hastigheten 40 km/h och den andra på 30 km/h. De olika körfältsbredderna som valdes att studera är 3,75, 3,5 och 3 m och dessa valdes för att få en variation på data och se om ett signifikant samband kan urskiljas mellan olika körfältsbredder. För att få ett jämförbart resultat krävs det att båda beräkningsfall utgår från samma grunddata. Den data som antogs var ÅDT och andel tunga fordon. Ett rimligt antagande som efterliknar de studerade gatorna gjordes för ÅDTn och andel tunga fordon där ÅDTn antogs till 10 000 fordon/dygn och andel tunga fordon till 10 %. För principen spelar det ingen roll vilken ÅDT som väljs men utgångsvärdena förändras beroende på om ÅDTn är lägre eller högre. Samtliga beräkningar genomfördes i Excel och presenteras mer i detalj i Bilaga 2.

4.4.2 Luftföroreningar

I Malmö stads kartvy kan platser där mätningar för luftföroreningar med en mobil mätstation ses. För gatorna som valts att studera i denna studie hittades inga aktuella mätningar på luftföroreningar. Utifrån de mätningar som var tillgängliga valdes i stället tre gator som efterliknar de studerade gatorna så gott som möjligt. De uppmätta värdena för luftföroreningarna ges både i årsmedelvärde och dygnsmedelvärde. Men då de uppmätta halterna av $PM_{2,5}$ endast angavs i årsmedelvärde kommer resultatet likaså ges för årsmedelvärdet. Nedan presenteras grundlig information om de valda gatorna samt en orienteringskarta i Figur 32.

Nobellvägen i anslutning till rondellen vid Södra Bulltoftavägen och Hornsgatan.

Mätningarna från kartvyn genomfördes mellan 2016 och 2017 under 1 års tid. Veckodygnstrafiken under perioden var 21 000 fordon/dygn. Gatans bredd uppmättes till cirka 33 m och omges av höga byggnader på båda sidor om gatan (4–5 våningar). Körfältsbredden på gatan är 3 m och på vardera sida löper dubbla körfält.

Stora Varvsgatan avsnittet mellan Hallenborgsgatan och Isbergsgatan

Luftföroreningsmätningarna på Stora Varvsgatan genomfördes mellan åren 2017 och 2018, totalt 1 år. Det löper dubbla körfält i vardera riktningen där det högra i respektive riktning är ett bussfält. Samtliga körfält i båda riktningarna har bredden 3,8 m. Veckodygnstrafiken under den angivna perioden uppgavs till 10 000. Gatan är totalt 31 m bred och på båda sidorna omges gatan av höga byggnader, uppemot 5 våningar.

Trelleborgsvägen utanför Mobilia

Mätningarna på Trelleborgsvägen utanför Mobilia utfördes under perioden 2015 och 2016. Gatan är bred och "öppen", omfattas inte i direkt anslutning av höga byggnader. Det finns dubbla körfält i båda riktningarna och körfältsbredderna uppmättes till cirka 3,25 m. Veckodygnstrafiken på gatan under perioden som mätningarna genomfördes var 17 000.



Figur 31. Orienteringskarta var de valda gatorna finns samt ett rött kryss som beskriver vart mätstationen var placerad under mätningarna.

4.5 Samhällskostnader

4.5.1 Drift och underhåll

Kostnader för drift och underhåll beräknas med ekvationen i avsnitt 2.13.1 *Drift och underhållskostnader*. ÅDT för de valda sträckorna tillsammans med värden från Tabell 6.3 och 6.5 i ASEK Kapitel 6 (2023c) användes i ekvationen. Konstanten för vinterväghållning valdes utifrån ÅDT på de olika vägarna i Tabell 6.3 i ASEK enligt Tabell 18. Värden på koefficienterna SF och PS är fasta till 1,3 och 1,06 och anges i Tabell 19. Vägtyp valdes i Tabell 6.5 i ASEK till tätort, 2 körfält, landsväg och normal (6,7–11,5 m). Till denna vägtyp tillkom konstanterna enligt tabell 19 (Trafikverket, 2023c).

Tabell 18. Körfältsbredd och ÅDT för de valda sträckorna i Malmö samt värdet på koefficienterna (K0V) för kostnad för vinterväghållning (Malmö stad, 2023b; Trafikverket, 2023c).

| Gator | Körfältsbredd | ÅDT | K0V |
|----------------------|---------------|------|-----|
| Eriksfältsgatan | 5,8 | 9560 | 27 |
| Norra Vallgatan | 4,8 | 8010 | 27 |
| Regementsgatan | 3,7 | 7100 | 22 |
| Stora Varvsgatan | 3 | 7700 | 22 |
| Södra Bulltoftavägen | 3,5 | 5900 | 16 |
| Linnégatan | 3 | 7800 | 22 |

Tabell 19. Samtliga konstanter för vald vägtyp enligt ASEK. Där K är kostnaden i kr/m och år, K-väg är vägkonstruktion, SF är skattefaktor och PS är produktionsstöd, K1, K2, K3 är koefficienter för vägtyp där v är vinterväghållning, bel är beläggningsunderhåll och ö är övrigt (Trafikverket, 2023c).

| Vägtyp | K-väg | K1v | K0bel | K1bel | K2bel | K0Ö | K1Ö | K2Ö | SF | PS |
|--|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|
| 2 körfält, landsväg, normal (6,7–11,5 m) | 1 | 1 | 13 | 0,016 | 1 | 48 | 0,2 | 1 | 1,3 | 1,06 |

När kostnaden för drift och underhåll har beräknats analyseras sedan sambandet mellan drift och underhåll och körfältsbredd. Efter att spridningen har tagits fram söks därefter ett linjärt samband med hjälp av en trendlinje. Trendlinjen används för att få fram räta linjens ekvation samt determinationskoefficienten, R^2 . Resultatet ritas i en graf som visar sambandet mellan kostnaden för drift och underhåll och körfältsbredd.

4.5.2 Framkomlighet

För att beräkna samhällskostnaden för framkomlighet används medelhastigheten och skyltad hastighet för att jämföra de studerade vägarnas körfältsbredd. Den skyltade hastigheten på de valda sträckorna är 40 km/h. Förseningen på de olika gatorna beräknas med en teoretisk sträcka på 1 km. För att kunna få fram kostnaden behövde de valda sträckorna förenklas

genom att välja den körfältsbredd som var dominant på sträckan och som mest antogs efterlikna medelhastigheten. Indata som används finns i Tabell 17 i Kapitel

4.2 Framkomlighet.

Förseningen beräknas med Ekvation (19) nedan där tiden är faktorn som eftersöks.

$$s = v \cdot t \quad (19)$$

Där s är sträcka (m), v är hastighet (km/h) och t är tid (h).

Tiden beräknas för både skyltad hastighet och medelhastighet för att därefter få fram förseningen genom att beräkna skillnaden. Skillnaden värderas då upp enligt Tabell 6 i Kapitel 2.13.2 *Trängsel och förseningar*. Den värderade tidsskillnaden multipliceras med värdena i Tabell 7 för buss så att kostnaden för de olika körfältsbredderna kan beräknas.

När kostnaden har beräknats används programmet Excel för att analysera sambandet mellan variablerna. Efter att spridningen har tagits fram söks ett linjärt samband med hjälp av en trendlinje samt determinationskoefficienten, R^2 . Resultatet ritas i en graf som visar sambandet mellan kostnad och körfältsbredd.

4.5.3 Trafiksäkerhet

För att beräkna olyckskostnaden för de olika gatorna används ASEK som beskrivs i Kapitel 2.13.3 *Trafiksäkerhet och olyckskostnader*. Klassificeringen av skadegrad i STRADA görs utifrån dödsfall, allvarlig-, måttlig- och lindrigt skadad. I ASEK används klassificeringen dödsfall, mycket allvarligt-, allvarligt- och ej allvarligt skadad. Antaganden på hur klassificeringen omvandlas anges i Tabell 20 nedan.

Tabell 20. Transformation av klassificeringen mellan ASEK och STRADA.

| ASEK | STRADA |
|--------------------------|------------|
| Dödsfall | Dödsfall |
| Mycket allvarligt skadad | Allvarliga |
| Allvarligt skadad | Måttliga |
| Ej allvarligt skadad | Lindriga |

Eftersom informationen från STRADA inte anger vilka olyckstyper som hör till vilken skadegrad eller position på gatan fick antaganden göras. I informationen från STRADA anges hur många av de totala olyckorna som är av allvarlig (mycket allvarlig) karaktär. För ASEK har antalet olyckor som inte är mycket allvarligt skadade fördelats på hälften till allvarligt och ej allvarligt skadade. Kostnaden beräknas sedan med tabellvärdena från Tabell 8 och 9 i Avsnitt 2.13.3 *Trafiksäkerhet och olyckskostnader*. Kostnaden för skadade eller dödsfall beräknas genom att addera riskvärdering till materiella kostnader och sedan multiplicera med uppräkningsfaktorn.

4.5.4 Buller

Kostnader för buller tas fram med hjälp av kalkylvärden i ASEK-rapporten som presenteras mer i detalj under avsnittet *2.13.4 Buller*. För varje heltal som ljudnivån ändras, exempelvis 60, 61 dBA, så ges det i ASEK-rapporten en kostnad uttryckt i kronor per person och år. Med hjälp av multiplikation kunde kostnaden för de olika ljudnivåerna tas fram och presenteras i ett stapeldiagram. För de beräknade ljudnivåerna med decimaler krävdes att en interpolering genomfördes mellan två kända heltalsvärden.

4.5.5 Luftföroreningar

För att beräkna samhällskostnaden för luftföroreningar används de kalkylvärden som ges i ASEK-rapporten och dessa finns presenterade under Avsnitt *2.13.5 Luftföroreningar*. I ASEK-rapporten ges kostnaden i termen kr per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och person. Uppmätta partikelvärden $\mu\text{g}/\text{m}^3$ multipliceras med kostnaden och redovisas i ett diagram. Både årsmedelvärde och dygnsmedelvärde för luftföroreningarna fanns uppmätta på de tre utvalda gatorna, men det är endast resultat för årsmedelvärdet som redovisas i resultatet eftersom samma mönster hade synts för dygnsmedelvärdet.

4.5.6 Underhållskostnader enligt Malmö stad

Malmö stad har gjort en känslighetsanalys för att bedöma körfältsbreddens inverkan på spårdjupsutvecklingen. Undersökningen genomfördes för en bussgata i Malmö med standardkonstruktion vid trafikclass 5 (enskilda vägar). Bussgatan har en hastighet på 20 km/h, ÅDT 300 och 100 % tung trafik och B-faktorn valdes till 2,1. För att bedöma spårbildning i beläggningen använde Malmö stad programmet PEDRO, verktyget beskrivs noggrannare i Avsnitt *2.11.1 PEDRO*. Vägen anses vara i behov av beläggningsåtgärd när spårdjupet har nått 15 mm. Samma sidolägesvariation valdes som i Avsnitt *4.1.2 PEDRO och ERAPave* (Malmö stad, 2020b).

Spårdjupet åtgärdas genom att slitlagret och bindlagret fräses bort för att sedan lägga på nytt. Kostnaden för att åtgärda spåren är baserat på empiriska underlag gällande Malmö stads beläggningskostnader. Den direkta kostnaden för åtgärden redovisas i Tabell 21. Det finns andra kostnader såsom målning, avstängning och störning som inte tas hänsyn till i detta fall (Malmö stad, 2020b).

Tabell 21. Direkta kostnader för att åtgärda spår i Malmö stad (Malmö stad, 2020b).

| Arbetsmoment | Pris (kr/m ²) |
|----------------------|---------------------------|
| Fräsning, 110 mm | 150 |
| Bindlager ABb, 70 mm | 170 |
| Slitlager ABS, 40 mm | 150 |



5 Resultat

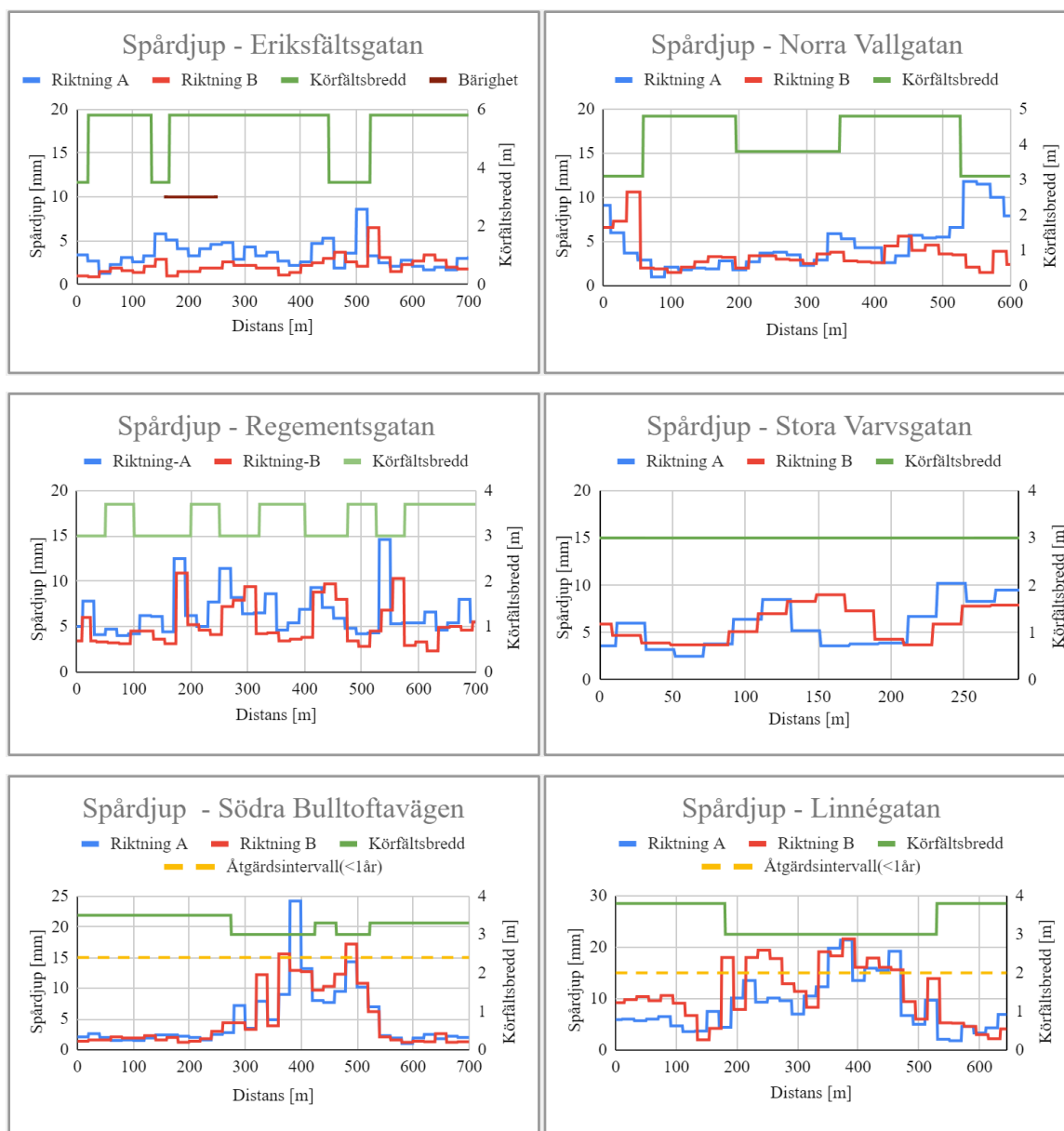
Följande avsnitt inleds med att presentera resultatet från skadeinventeringen för de valda gatorna i Malmö. Därefter presenteras resultaten från bullerberäkningen och luftföroreningar samt resultatet av det utdrag som gjordes från databasen STRADA. Resultatet avslutas med att presentera kostnadsberäkningar för parametrarna framkomlighet, trafiksäkerhet, drift och underhåll, buller och luftföroreningar.

5.1 Skador

5.1.1 Skadeinventering

5.1.1.1 Spårdjup

För de valda sträckorna i Malmö redovisas spårdjupet längst sträckan tillsammans med körfältsbredden i Figur 33. I figuren redovisas även de olika riktningarna och benämns som riktning A och B. För Eriksfältsgatan redovisas även bärigheten eftersom den på ett markerat avsnitt understiger 300 MPa och har då åtgärdsintervall på mindre än 1 år. En linje för spårdjupets åtgärdsintervall redovisas för Södra Bulltoftavägen och Linnégatan eftersom spåren passerar ett djup på 15 mm som innebär att de ska åtgärdas inom 1 år.

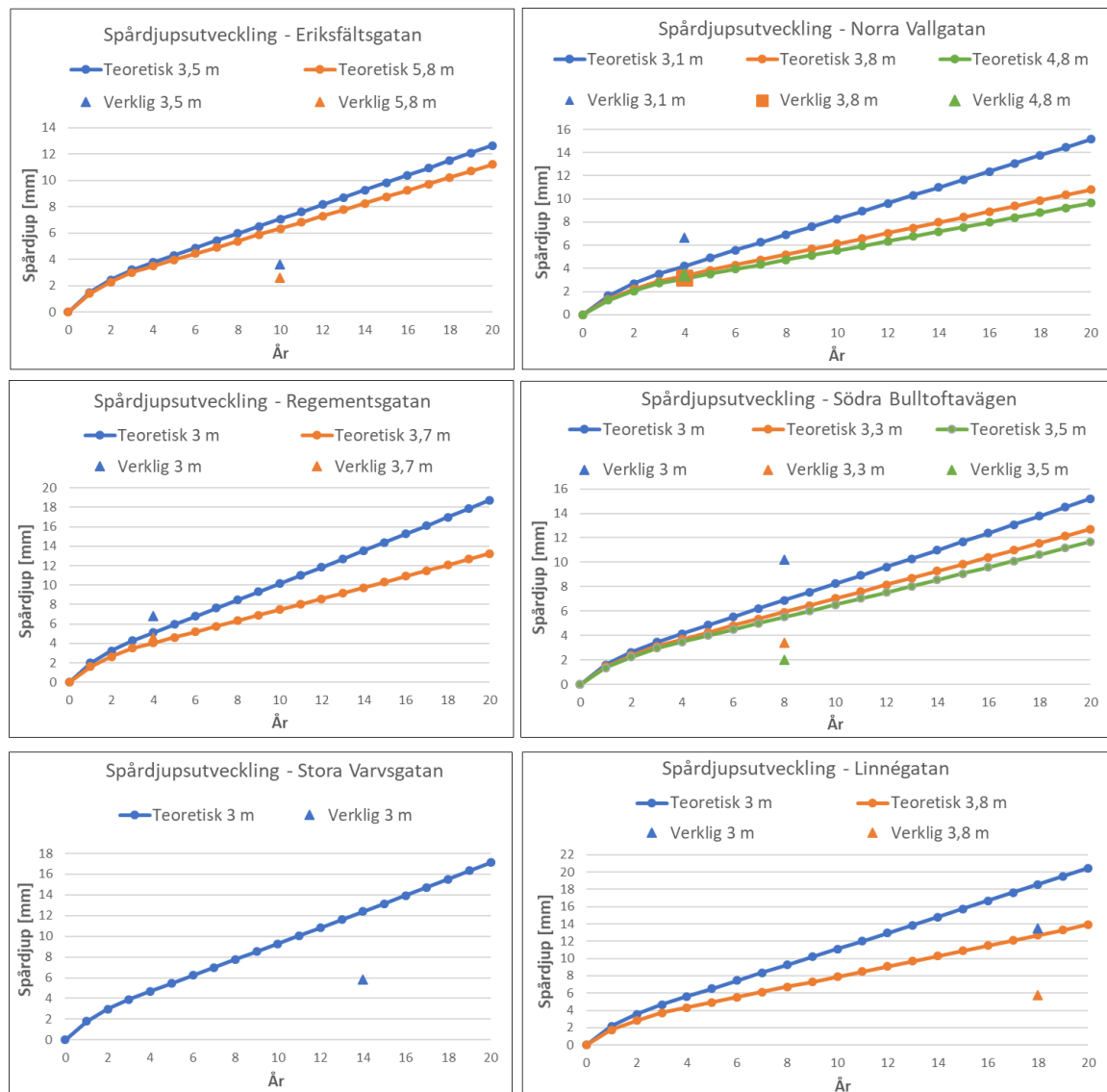


Figur 32. Spårdjup för de undersökta gatorna i Malmö.

I figuren går det att identifiera ett samband mellan spår och körfältsbredd. Där det blir smalt stiger spårdjupet generellt och där det återgår till ett bredare körfält sjunker spårdjupet. Hur djupa spåren blir varierar på de olika sträckorna men att spårdjupet ökar där körfältet blir smalare kan konstateras.

5.1.1.2 Spårdjupsutveckling

Resultatet från programmet PEDRO och den verkliga spårdjupsutvecklingen presenteras i Figur 34 för de valda gatorna i Malmö. Eftersom en del av de valda gatorna består av fler än ett körfält kommer resultat för alla de olika körfältsbredderna att presenteras.



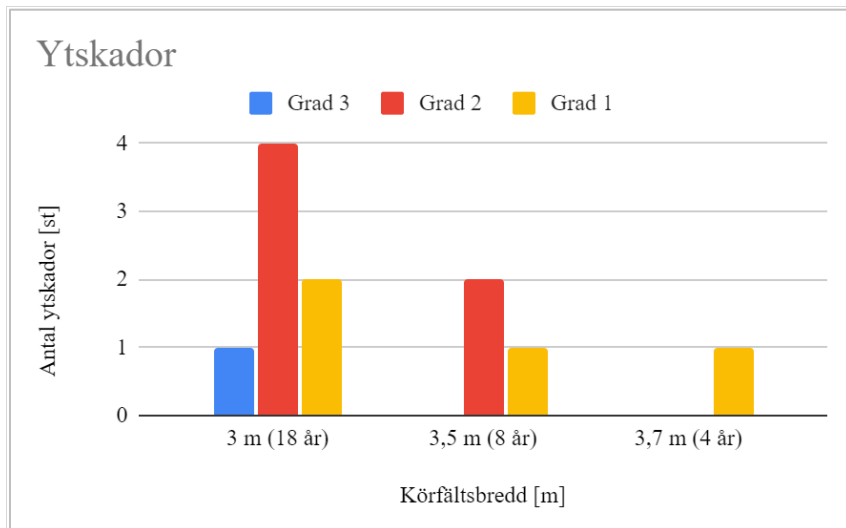
Figur 33. Den teoretiska spårdjupsutvecklingen med olika färger för olika körfältsbredder. De motsvarande verkliga värdena redovisas med andra symboler av samma färg.

Efter att ritat den teoretiska spårdjupsutvecklingen över 20 år och den verkliga i samma diagram kan ett varierat resultat ses enligt Figur 34. Det är endast resultaten från Norra Vallgatan och Regementsgatan som de teoretiska överensstämmer någorlunda med de verkliga spårdjupen. Värt att poängtera är att för båda gatorna uppmättes de verkliga värdet i ett tidigt skede, endast 4 år efter att beläggningen applicerats på vägbanan. Det de teoretiska och verkliga värdena har gemensamt är att ett smalare körfält genererar ett högre värde på spårdjupet, vilket kan ses i samtliga fall.

Avståndet mellan de verkliga uppmätta spårdjupen för olika körfältsbredder (från mätpunkt till mätpunkt) är ungefär lika stor som avståndet för de teoretiska punkterna. Dvs avståndsförhållandet mellan mätpunkterna är snarlika för både de verkliga och teoretiska spårdjupen, vilket syns tydligast på Linnégatan och Eriksfältsgatan. Det som också tydlig framgår av resultatet är att de smala körfälten har en brantare lutning, vilket innebär att spårdjupsutvecklingen sker fortare jämfört med ett brett körfält.

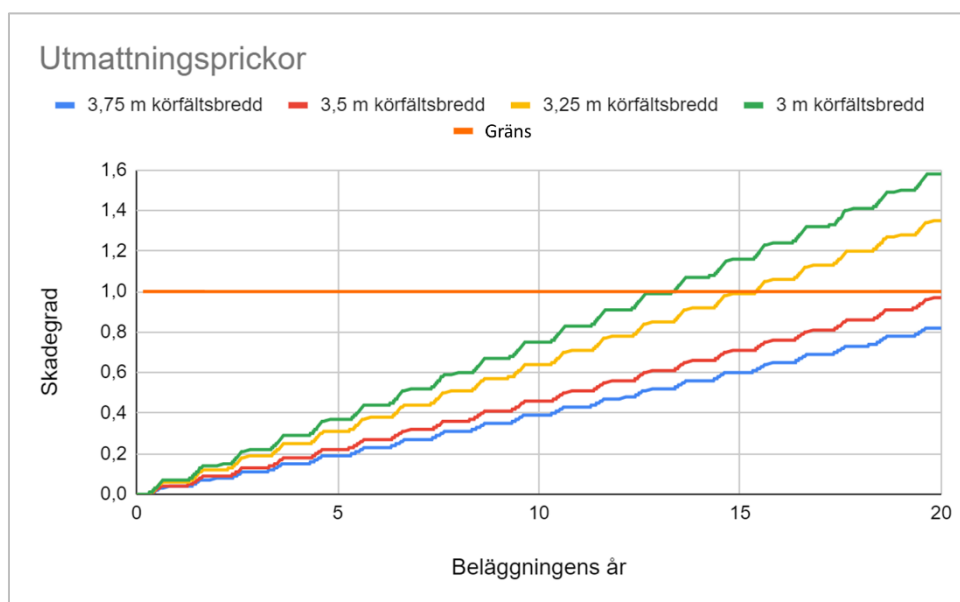
5.1.2 Ytskador

De skador som observerats enligt skadeinventeringen på de studerade gatorna redovisas för körfältsbredderna 3, 3,5 och 3,7 m i Figur 35. Resultatet visar en trend på att mängden skador och skadegrad blir mindre med ett bredare körfält. Dock är beläggningen 18 år för den smala gatan och betydligt äldre än beläggningen på de andra gatorna.



Figur 34. Sambandet mellan körfältsbredd, skadegrad och beläggningens ålder.

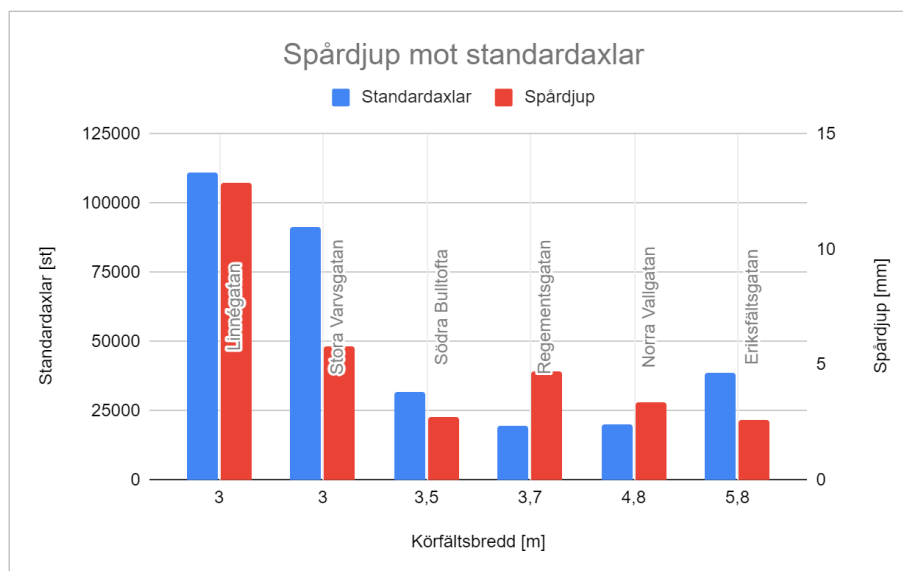
Från programmet ERAPave redovisas resultatet för hur skadegraden av utmattningssprickor varierar för olika körfältsbredder. Resultatet från programmet redovisas i Figur 36. Resultatet visar att skadegraden för utmattningssprickor ökar när körfältsbredden sjunker. Det innebär att ett smalt körfält är mer benäget att ha fler utmattningssprickor än ett bredare körfält. Om skadegraden är högre än 1 har beläggningen nått sin maximala kapacitet och kan inte längre upprätthålla sin funktion. Det smalaste körfältet når först upp till gränsen(limit) på 13 år för skadegrad medan det för körfältsbredden 3,5 m tar det 20 år.



Figur 35. Hur utmattningssprickor förändras över år beroende på körfältsbredd.

5.1.3 Standardaxlar

Sambandet mellan standardaxlar och spårdjup redovisas i Figur 37 för de valda vägarna i Malmö. Vägarna med ett smalare körfält har ett högre värde på standardaxlar och spårdjup samtidigt som värdet på spårdjupet och standardaxlar är lägre för de breda vägarna.



Figur 36. Samband mellan spårdjup och standardaxlar för de valda vägarna.

5.1.4 Regressionsanalys

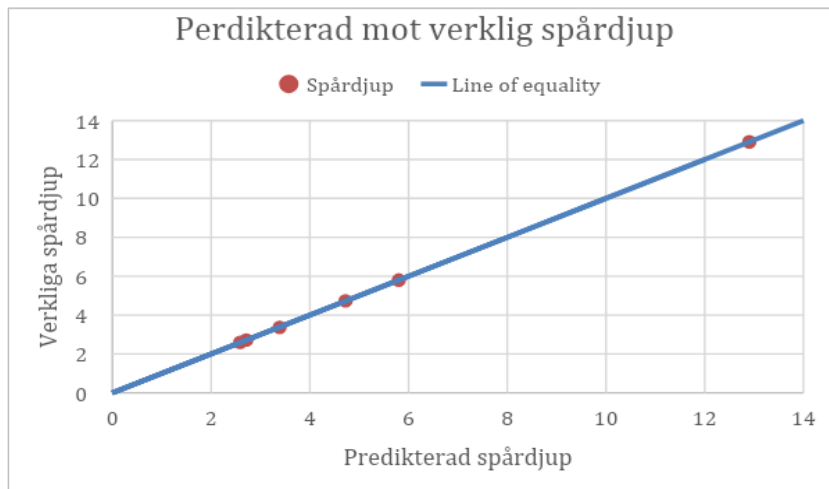
Sambandet mellan spårdjup och faktorerna standardaxlar, hastighet, ÅDT och körfältsbredd gav en determinationskoefficienten, R^2 , på 99,9 % och det justerade värdet på 99,9 %. Att determinationskoefficienten är hög visar att det finns ett samband mellan spårdjup och faktorerna standardaxlar, hastighet, ÅDT och körfältsbredd. P-värdet för de olika faktorerna redovisas i Tabell 22. Genom att jämföra P-värdena med sannolikhetsnivå på 5% går det att identifiera att alla faktorerna har ett samband till spårdjup och att det finns bevis för att förkasta nollhypotesen för faktorerna. Koefficienterna för standardaxlar och ÅDT har ett lågt värde vilket innebär att de inte har en stor påverkan på spårdjupet. Körfältsbredd har ett positivt värde på koefficienten vilket innebär att ju bredare körfältet är desto djupare blir spåren. Detta kan bero på att parametrarna körfältsbredd och ÅDT samvarierar.

Tabell 22. P-värdet för standardaxlar, hastighet och körfältsbredd samt koefficienten.

| Faktorer | P-värde | Koefficient |
|---------------|---------|-------------|
| Standardaxlar | 0,0039 | 0,00010 |
| Hastighet | 0,0028 | -0,65 |
| Körfältsbredd | 0,0073 | 3,02 |
| ÅDT | 0,0095 | -0,0016 |

Från regressionsanalysen togs ett samband fram mellan det predikterade och verkliga värdet för spårdjup som redovisas i Figur 38. Att spridningen för spårdjup ligger nära och följer

linjen innebär att de predikterade värdena och de verkliga värdena har ett samband och är nära jämlika.

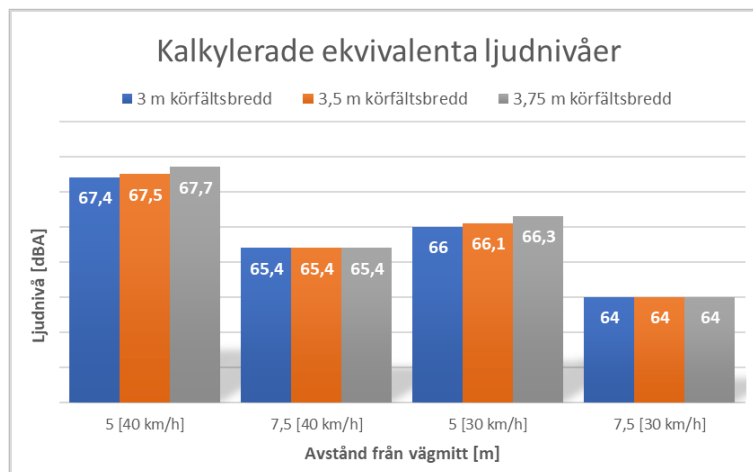


Figur 37. Förhållandet mellan predikterade och verkliga värden.

5.2 Buller och Luftföroreningar

5.2.1 Bullerberäkningar

Hur ljudnivån ändras i relation till olika körfältsbredder, avstånd från vägmitt och hastighet har beräknats utifrån den nordiska beräkningsmodellen. Resultatet är uppdelat i två hastigheter, 40 km/h respektive 30 km/h i Figur 39 nedan. Avstånd från vägmitt beskrivs som avståndet mellan vägens mittpunkt och mottagare.



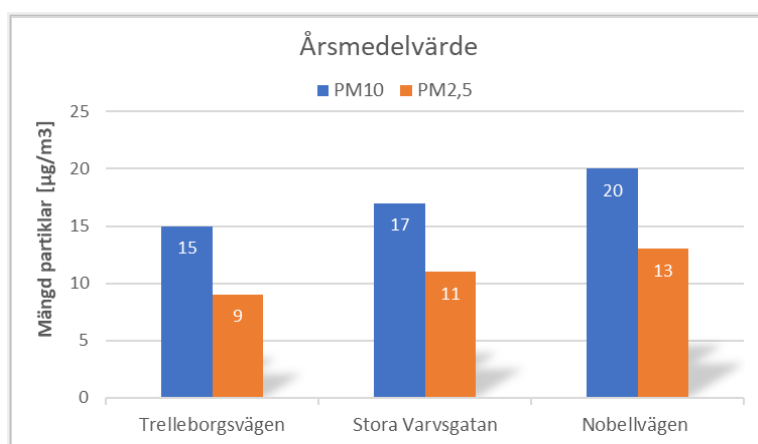
Figur 38. Illustrerar hur ljudnivån varierar i relation till körfältsbredd, avstånd från vägmitt och hastighet.

Resultatet visar att en ljudnivåskillnad endast kan åskådliggöras när avståndet från vägmitt är 5 m. Då är det en skillnad på 0,3 decibel mellan körfältsbredderna 3,75 m och 3 m för båda hastigheterna. Ljudnivån minskar sedan med avståndet från vägmitt och redan vid 7,5 m finns det ingen korrelation mellan körfältsbredd och ljudnivån. Däremot om en sänkning av hastigheten på 10 km/h genomförs blir förändringen 1,4 dBA både relaterat till körfältsbredd och avstånd till vägmitt, vilket kan ses i Figur 39. Det är således endast

utgångsvärdet som förändras vid en hastighetsminskning. Riktvärdet för buller vid fasad enligt den nya förordningen (2015:216) är 60 dBA. Detta riktvärde nås varken vid 5 eller 7,5 m från vägmitt för båda hastigheterna.

5.2.2 Luftföroreningar

Då inga mätningar av luftföroreningar har genomförts på de utvalda gatorna valdes i stället tre gator som anses vara likvärdiga tidigare valda gator samt med tillgängliga data. Mer bakgrundsdata kring dessa tre gator presenteras under Avsnitt 4.5.5 *Luftföroreningar*. Den uppmätta data som ges i årsmedelvärde redovisas i Figur 40 nedan.

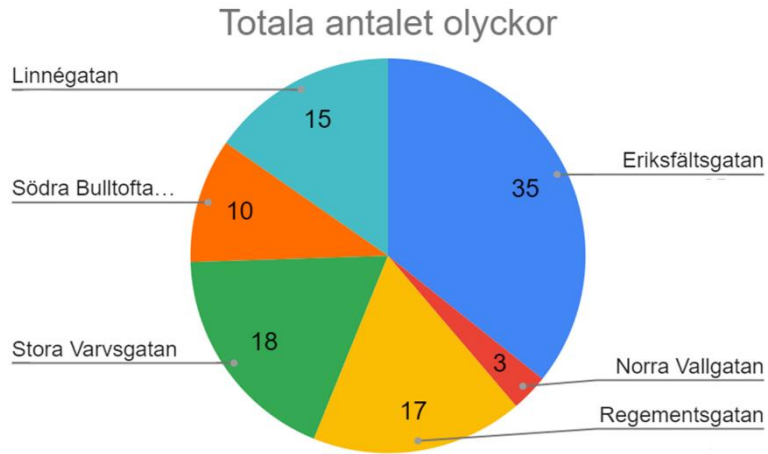


Figur 39. Visar hur årsmedelvärdet för partiklar PM₁₀ och PM_{2,5} varierar för respektive gata.

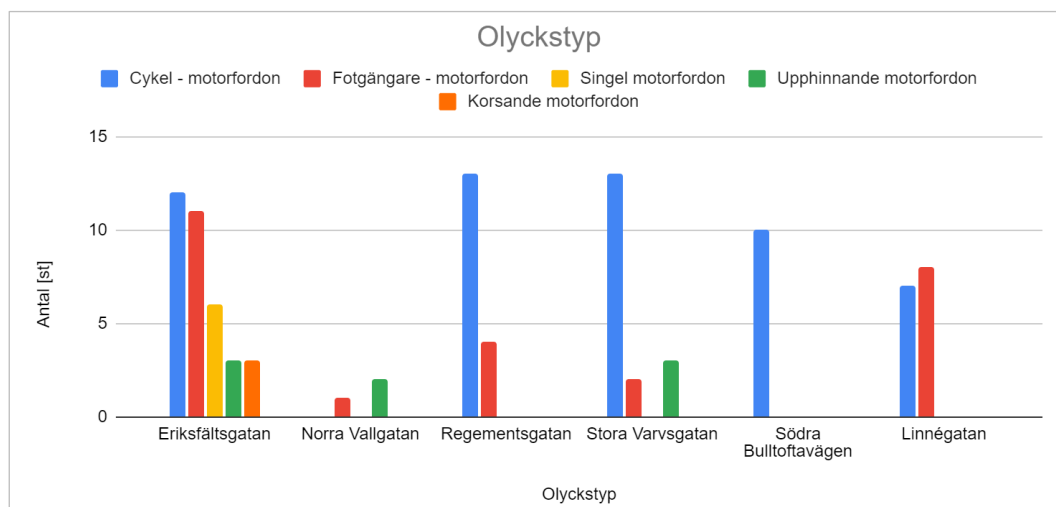
De uppmätta årsmedelvärdena som kan visualiseras i Figur 40 visar att de lägsta halterna påträffas på Trelleborgsvägen som är en mer allmänt bredare gata och mer "öppen" jämfört med Nobellvägen. PM₁₀ partiklarna som uppkommer från slitage av däck, vägbana mm har en högre koncentration jämfört med PM_{2,5} som kommer ursprungligen från förbränning. Gränsvärdesnorm sett till årsmedelvärdet är 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för PM₁₀ och 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för PM_{2,5} partiklar. För samtliga tre gator överskrids varken gränsvärdesnormen för PM₁₀ eller PM_{2,5}.

5.3 Olycksdata

Antalet olyckor som inträffat under de senaste nio åren för de olika sträckorna redovisas i Figur 41. Denna sammanställning gäller endast de olyckor där motorfordon är inblandade. I figuren går det att avläsa att det sker flest olyckor på Eriksfältsgatan. De resterande breda gatorna, Norra Vallgatan, Regementsgatan och Södra Bulltoftavägen har en stor spridning i antal olyckor. För gator med smala körfält som Linnégatan och Stora Varvsgatan, är också spridningen stor men lägre än de breda förutom Norra Vallgatan. I Figur 42 är olyckorna fördelade på olyckstyp för de olika gatorna. I figuren går det att avläsa att olyckstypen cykel - motorfordon är den som inträffar mest på de valda gatorna förutom för Norra Vallgatan. Olyckor av typen fotgängare och motorfordon har också inträffat många gånger under de senaste nio åren.



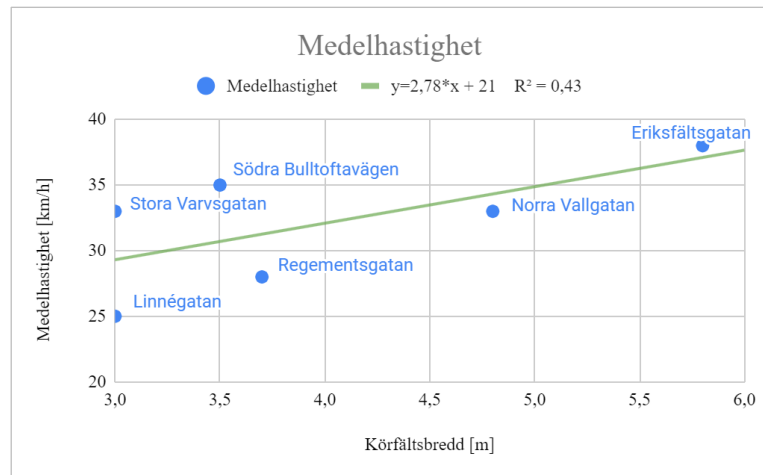
Figur 40. Olyckor fördelat på olyckstyp för de olika sträckorna enligt databasen STRADA.



Figur 41. Olyckor fördelat på olyckstyp för de olika sträckorna enligt databasen STRADA.

5.4 Framkomlighet

Förhållandet mellan medelhastighet och körfältsbredd redovisas i Figur 43 för de olika sträckorna i Malmö. Spridningen av medelhastigheten beskrivs av trendlinjen som har en positiv lutning. Den positiva lutningen på linjen visar att med en ökad körfältsbredd ökar även hastigheten. Att determinationskoefficienten, R^2 har ett värde på 0,43 innebär att 43% av resultatet förklaras av sambandet mellan medelhastighet och körfältsbredd.

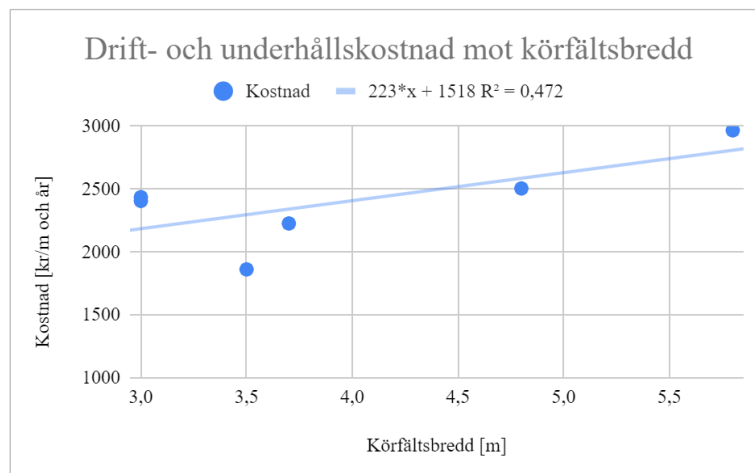


Figur 42. Förhållande mellan medelhastighet och körfältsbredd för de valda sträckorna samt trendlinje.

5.5 Samhällskostnader

5.5.1 Drift och underhåll

Sambandet mellan drift- och underhåll och körfältsbredd redovisas i Figur 44. Trendlinjen som redovisas har en positiv lutning. Den positiva lutningen innebär att ju bredare körfältet är desto högre blir kostnaden för drift- och underhåll. Determinationskoefficienten, R^2 har ett värde på 0,472 vilket innebär att 47,2 % av resultatet förklaras av sambandet mellan kostnad och körfältsbredd.

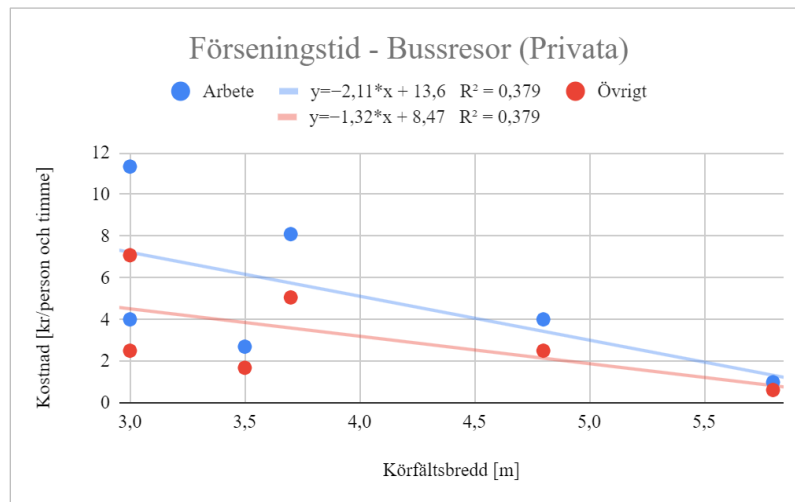


Figur 43. Förhållande mellan drift- och underhållskostnader och körfältsbredd.

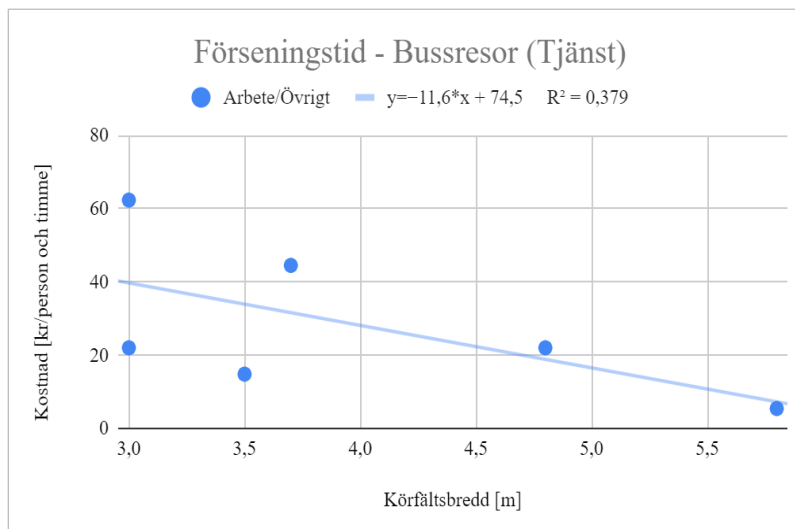
5.5.2 Framkomlighet

Sambandet mellan kostnad och körfältsbredd med förseningstid som utgångspunkt för kollektivtrafiken redovisas i Figur 45 och 46. Sambandet ger en negativ lutning på trendlinjen vilket även linjens ekvation visar. Detta innebär att ju bredare körfältet blir desto mindre blir kostnaden för förseningen. Determinationskoefficienten, R^2 har ett värde på 0,379 vilket innebär att 37,9 % av resultatet förklaras av sambandet mellan kostnad och

körfältsbredd. Skillnaden i resultat beror på att tjänsteresor värderas högre än privata resor enligt ASEK.



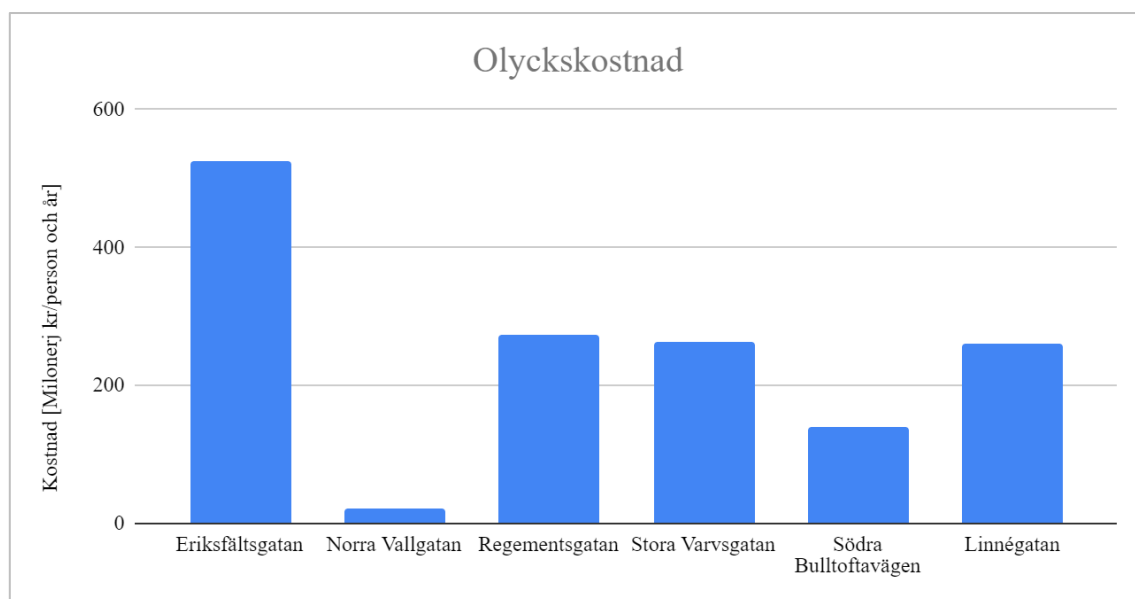
Figur 44. Förhållande mellan kostnad och körfältsbredd baserat på förseningstid för de valda sträckorna samt trendlinje för privata arbetsresor och övriga resor med buss.



Figur 45. Förhållande mellan kostnad och körfältsbredd baserat på förseningstid för de valda sträckorna samt trendlinje för arbets- och övriga resor i tjänst med buss.

5.5.3 Trafiksäkerhet

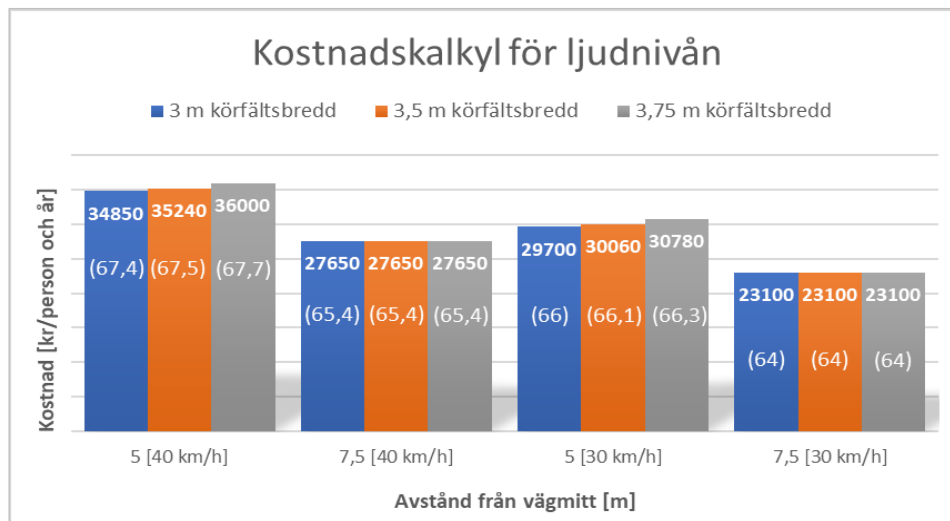
Olyckskostnaden för de olika gatorna redovisas i Figur 47. Kostnaden var högst för Eriksfältsgatan som är en bred gata och där det har inträffat flest olyckor. Regementsgatan som kom näst är den enda av de valda gatorna där det inträffat en dödsolycka under de senaste 9 åren. Norra Vallgatan har lägst kostnad och där har det endast inträffat tre olyckor under de senaste åren som involverar motorfordon.



Figur 46. Olyckskostnaden för de valda gatorna i Malmö.

5.5.4 Buller

För de beräknade ljudnivåerna som genomförts i Avsnitt 5.2.1 *Bullerberäkningar* har samhällskostnaden för samtliga ljudnivåer även beräknats enligt kalkylvärdena som ges i ASEK-rapporten. Resultatet redovisas i ett stapeldiagram nedan i Figur 48 för utgångshastigheten 40 km/h respektive 30 km/h.



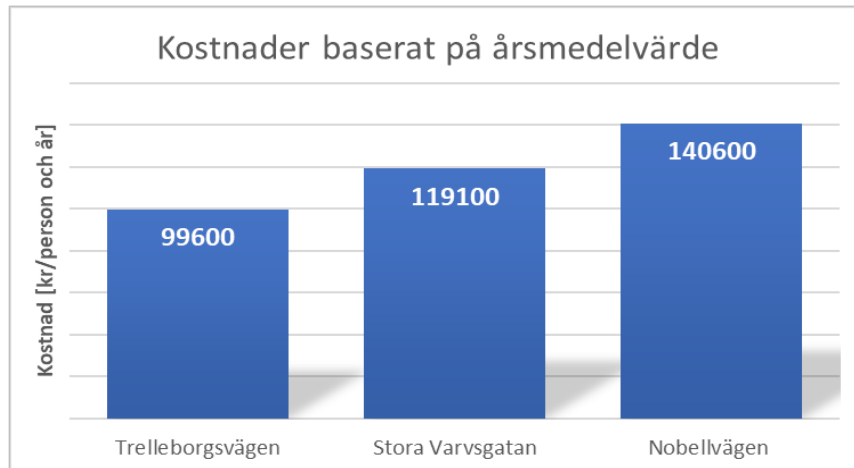
Figur 47. Samhällskostnad för samtliga beräknade ljudnivåer (ljudnivån presenteras i parenteserna) både för utgångshastigheten 40 km/h och 30 km/h.

Då samhällskostnaden tas fram för de beräknade ljudnivåerna som genomförts i Avsnitt 5.2.1 *Bullerberäkningar* kan samma mönster ses. Att en kostnadsskillnad endast kan ses mellan körfältsbredderna då avståndet från vägmitt är 5 m. Skillnaden i kostnad, kr/person och år, blir som mest 1150 kr mellan körfältsbredderna 3,75 m och 3 m vid en hastighet på 40 km/h. För hastigheten 30 km/h blir skillnaden i stället 1080 kr. Det syns i Figur 48 att desto längre från vägmitt resulterar i att ljudnivån minskar och likaså samhällskostnaden. Sambandet mellan buller och hastighet visar tecken på större skillnader än själva

körfältsbredden. En hastighetsänkning från 40 km/h till 30 km/h innebär en minskning av ljudnivån på 1,4 dBA, vilket även speglas i samhällskostnaderna som blir lägre.

5.5.5 Luftföroreningar

För de beräknade partikelhalterna som genomförts i Avsnitt 5.2.2 *Luftföroreningar* har samhällskostnaden för samtliga halter även beräknats enligt kalkylvärdena som ges i ASEK-rapporten. Resultatet redovisas i ett stapeldiagram i Figur 49 för årsmedelvärdena.

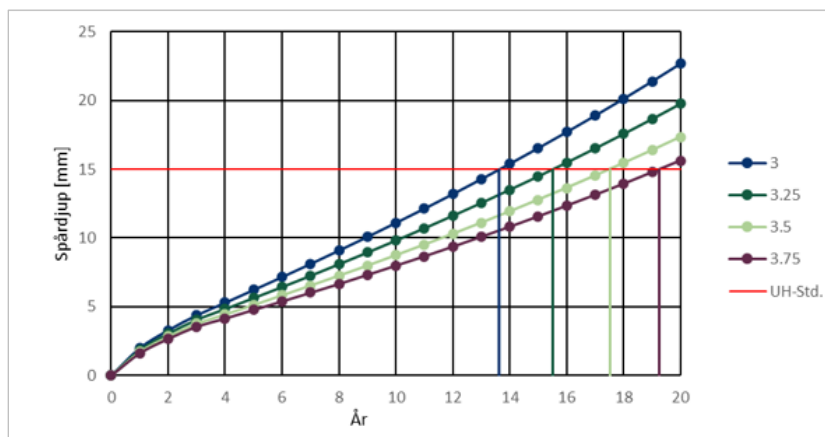


Figur 48. Beräknade samhällskostnader för respektive gata (både PM_{10} och $PM_{2.5}$ inräknat) baserat på årsmedelvärden.

Enligt figuren syns det att högsta kostnaden, kr/person och år, uppgavs på Nobellvägen medan den lägsta på Trelleborgsvägen. Kostnadsskillnaden mellan de två gatorna blev 48 800 kr.

5.5.6 Underhållskostnader enligt Malmö stad

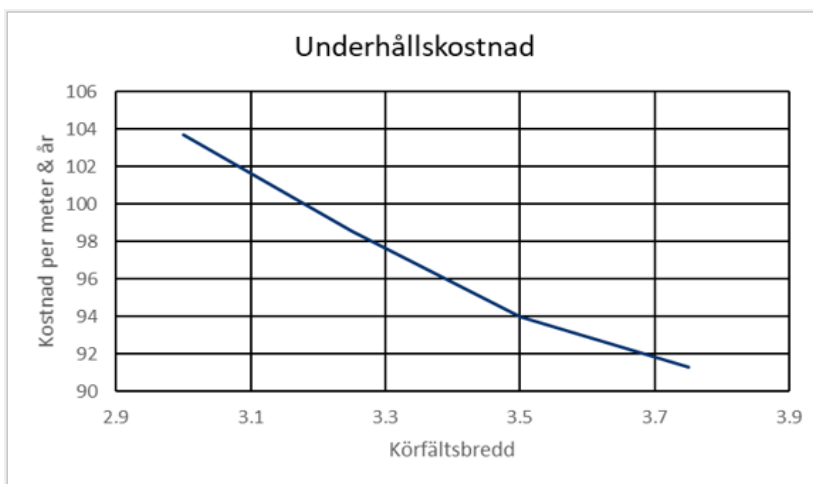
De resultat som Malmö stad fått för spårdjupsutvecklingen från programmet PEDRO redovisas i Figur 50 nedan.



Figur 49. Spårdjupet för olika körfältsbredder samt gräns för underhåll (Malmö stad, 2020b).

Resultatet visar att ju bredare vägen är desto längre blir livslängden, dvs när spår djupet når upp till ett värde på 15 mm (den röda linjen i Figur 50) är vägen i behov av en åtgärd där ett beläggningsbyte genomförs.

Utifrån beläggningsens livslängd som beräknats ovan i Figur 50 har Malmö stad tagit fram underhållskostnaden beroende på körfältsbredd. Resultatet i Figur 51 indikerar att underhållskostnaden ökar desto smalare körfältet är.



Figur 50. Underhållskostnader för olika körfältsbredder (Malmö stad, 2020b).



6 Diskussion

I detta avsnitt kommer de olika delarna av rapporten kopplas samman och diskuteras utifrån rapportens frågeställningar. Därefter kommer de valda metoderna som använts diskuteras utifrån resultatet.

6.1 Resultatdiskussion

6.1.1 Livslängd

Resultatet av tillståndsbedömningen visar att på de flesta valda sträckorna där djupare spår påträffas har gatan smalare körfältsbredd, vilket även stämmer överens med litteraturen. Hur gatumiljön ser ut är viktigt att ta hänsyn till vid analysen om vad som påverkar spårbildningen. På Regementsgatan sker exempelvis avsmalningen i kombination med farthinder och övergångsställen kontinuerligt längs med sträckan. Faktorer som påverkar utvecklingen av spårbildning kan då bero på låga hastigheter, smala körfält, accelerationer, retardationer och dynamiska rörelser (d.v.s. när fordonet sätts i gungning efter ett farthinder). Därför är det svårt att påvisa att just avsmalning har någon koppling till en ökad spårbildning. I tidigare studier har observationer genomförts på landsvägar där resultatet visar att när avsmalning är den enda faktorn som ändras ökar spårbildningen på grund av spårbundenhet.

Vägar med ett bredare körfält, som exempelvis Eriksfältsgatan, visade sig ha lägre spår djup vilket kan bero på flera faktorer såsom hastigheten och sidolägesvariationen. Enligt resultaten från de undersökta gatorna ökar medelhastigheten med en ökad körfältsbredd vilket även är i linje med tidigare studier som tagits upp i litteraturstudien. Var gatan finns lokaliserad har också en betydande roll. Eriksfältsgatan som ligger i utkanten av Malmö nära inre ringvägen (motorväg) kan påverka trafikanternas beteende och ge en känsla av att det börjar närma sig en väg med högre hastighet och därmed automatiskt ökar hastigheten. Litteraturen anger dessutom att sidolägesvariationen är större på breda vägar och därmed blir spåren inte lika djupa som för de smala vägarna med mer spårbunden trafik.

Enligt litteraturen orsakas spårbildning antingen av nötning på grund av dubbdäck, plastiska deformationer i form av omlagring och efterpackning eller bärighetsspår. I Malmö är andelen som kör med dubbdäck cirka 18% vilket är anledningen till att spårbildning på grund av dubbdäcksslitage inte har ingått i studien (Trafikverket, 2022i). Däremot är det svårt att se skillnad på plastiska- och bärighetsberoende spår. De plastiska är mer koncentrerade över en mindre yta och ger därför oftast djupare spår. På Eriksfältsgatan finns ett avsnitt där bärigheten är lägre än 300MPa. Det är dock svårt att avgöra med enbart blotta öga om spårbildningen på detta parti har påverkats av bärighetsproblem eller plastiska deformationer i beläggningen.

Resultatet av spårdjupsutvecklingen visade på ett varierande resultat. Det var endast för två av sex gator som de teoretiska överensstämmer någorlunda med de verkliga spårdjupen. Att de verkliga värdena för de två gatorna uppmättes 4 år efter att beläggningen appliceras är ett intressant resultat, detta tyder på att ju äldre beläggningen är desto osäkrare blir den predikade spårbildningen från PEDRO. På andra gator blir resultatet från PEDRO endast en uppskattning då ingen gata är den andra lik. I själva programmet fanns många olika indata som kunde matas in. De mest essentiella parametrarna som ändrades var ÅDT, B-faktorn, hastighet, sidolägevariation och klimatdata. Andra parametrar som olika materialparametrar, viskositet o.s.v. ändrades inte utan de förinställda värdena utnyttjades i stället, vilket kan ha påverkat resultatet något.

Tidigare forskning som denna studie grundar sidolägesvariationen på är baserad på landsvägar och ingen ny forskning finns att tillhandahålla för sidolägesvariationer på gator i städer. Den nuvarande studien har dessutom endast tagit fram variationen i sidled för körfältsbredder från 3 m upp till 3,75 m. Detta medför att för bredare körfält blir den teoretiska spårbildningen inte korrekt bedömd, vilket kan ses främst på Eriksfältsgatan där det verkliga spårdjupet ligger lägre än det teoretiska. Andra faktorer än bara körfältsbredden som kan ha påverkat resultatet är gatumiljön kring gatan, exempelvis avstängningar, farthinder, omledningar o.s.v. Tex har Stora Varvsgatan som är fördelad i två körfält i vardera riktning har en lägre verkliga värden på spårdjup. Med vetskap att endast det högra busskörfältet har studerats och att det har skett mycket ombyggnationer, omledningar och avstängningar de senaste åren, kan det ha resulterat i en lägre spårdjupsutveckling på grund av begränsad trafik under en längre period.

Enligt litteraturen är de två vanligaste nedbrytningsformerna spårbildning och utmattningssprickor eftersom det vanligen är de som uppträder först och därför är dimensionerande. Spår kategoriseras som funktionell skada då det inte upplevs säkert att framföras på samtidigt som risken för vattenplaning ökar. Utmattningssprickor kategoriseras i stället som strukturell skada då en spricka kan leda till att vatten tränger ner i konstruktionen och bryter ner vägen fortare. Tidigare studier beskriver att ett smalare körfält påskyndar nedbrytningen av vägen, vilket leder till att livslängden förkortas. Detta konstateras även av resultatet från ERAPave. Många kommuner har 3,5 m som standard körfältsbredd och enligt ERAPave når beläggningen sin maximala kapacitet efter 20 år och kan inte längre uppnå sin fulla funktion, det vill säga beläggningen har uppnått sin livslängd.

De smala gatorna, Linnégatan och Södra Bulltoftavägen var de gator med flest skador på beläggningen, både ytskador upp till grad 3 samt ojämnheter upp till grad 2. Det bör inte uppträda några sprickor på Södra Bulltoftavägen enligt resultatet från ERAPave då den nuvarande beläggningen endast är 8 år gammal. Ett möjligt scenario kan vara att vägen är underdimensionerad och att beläggningen då i stället är mer styvare vilket påskyndar framträdandet av sprickor. En beläggning som är mer spårbenägen har oftast färre sprickor. För en beläggning som är styvare är det tvärtom, det vill säga sprickor förekommer i större utsträckning än spårbildning. Det är svårt att avgöra om resultat från ERAPave kan förlitas på då det är svårbedömt vad skadegraden motsvarar i verkligheten.

Regressionsanalysen utfördes för faktorerna standardaxlar, hastighet, körfältsbredd och ÅDT. Resultatet visade att det fanns ett starkt samband för samtliga faktorer. Studeras koefficienterna närmre syns det att faktorn körfältsbredd får en positiv koefficient vilket

innebär att ju bredare körfältsbredden blir leder det till att spårbildningen ökar samt att den var större. Dock säger litteraturen tvärtemot att det är snarare när körfältsbredden minskar som spårbildningen ökar eftersom då blir trafiken mer spårbunden. Resultatet är icke intuitivt det vill säga tvärtom av vad det egentligen borde vara och kan bero på att faktorerna körfältsbred och ÅDT kan samvariera. Där ÅDTn är hög är även körfälten bredare och där det är mer trafik blir spåren djupare, det vill säga med bredare körfält fås dessutom mer spår vilket inte beror på att körfälten är bredare utan snarare att det är mer trafik. Osäkerheten av resultatet ökar eftersom samband mellan faktorerna finns. Andra statistiska metoder krävs för att kunna skilja faktorerna åt, exempelvis faktoranalys.

De osäkerheter och felaktigheter som finns i mätdatan innebär att ännu bättre anpassning kan fås genom att koefficienten för faktorerna anpassas till regressionsmodellen (teckenvariation exempelvis) och då kan orimliga värden uppstå vilket inte går att göra någonting åt. Dessa resultat är oanvändbara i verkligheten men kan ändå vara intressanta att få.

6.1.2 Samhällskostnad

Kostnaden för drift och underhåll ökar med ökad körfältsbredd enligt resultatet. Detta resultat bygger på de beräkningar som gjorts enligt ASEK. Enligt litteraturstudien är ett smalare körfält mer kostsamt för samhället. Snöröjning för smala körfält kan kräva extra resurser som mindre maskinparker, kantstenar kan plogas sönder, snövallar gör det smalare så att framkomligheten försämras och om det är för trångt för att snöröjas med plog kan det trånga utrymmet bli isigt och orsaka olyckor. Enligt litteraturstudien så ingår både mindre reparationer och lagning till underhållet och det styrs bland annat av priset på bitumen. Det finns ett stort behov av underhåll och allt som är i akut behov men ännu inte åtgärdats hamnar i underhållsskulden. Ett smalare körfält kräver mer frekvent underhåll än ett bredare körfält vilket resulterar i högre kostnader för ett smalare körfält. Detta kan jämföras med resultatet från Malmö stads studie där underhållskostnaden blev lägre med ökad körfältsbredd (Malmö stad, 2020b). Resultatet som Malmö stad har fått fram går mer ihop med det som beskrivs i litteraturstudien. Dock tittar Malmö stad endast på underhållet och tar inte hänsyn till driften som ASEK gör.

Kostnaden för framkomligheten minskar när körfältsbredden ökar. Detta beror på att hastigheten ökar när körfältsbredden ökar enligt de resultat som framgått i studien. Detta stärks även av litteraturen som framför allt lyfter hastighetsdämpning orsakad av farthinder men att även ett smalare körfält indikerar på samma. De gator som fått en hög kostnad är Regementsgatan och Linnégatan. Det kan bero på att på båda gatorna finns det många avsmalnande partier samt i kombination med farthinder och övergångsställen. Kombinationen av dessa element förhindrar flödet av bilar att hålla en hastighet nära skyltad hastighet samt att de innebär många retardationer och accelerationer. Eriksfältsgatan däremot, med ett bredare körfält och långa avstånd mellan övergångsställen som i vissa fall inte är kombinerade med farthinder har lägre kostnad när det gäller förseningstid.

Resultatet från olycksdata visar att de flesta olyckorna inträffar på Eriksfältsgatan och har därför också högst olyckskostnad av samtliga gator. Eriksfältsgatan är en bred gata där det hålls en hög medelhastighet till skillnad från de andra. Enligt litteraturstudien resulterar ett

bredare körfält ofta till högre hastigheter. De höga hastigheterna ökar inte bara risken för en olycka utan ökar även skadegraden vid en olycka. Olyckstypen som främst förekommer på gatan är motorfordon och cyklister och motorfordon och gående. På Eriksfältsgatan är det inte separerat för cykel och motorfordon utan det är blandtrafik och kan tillsammans med den höga hastigheten vara orsaken till olyckorna. Krockvårdskurvan i litteraturstudien visar att ju högre hastigheten är desto högre är risken för dödsfall vid kollision mellan motorfordon och oskyddade trafikanter. I och med en högre medelhastighet på gatan kan det leda till att skadegraden ökar och på så vis kostar det samhället mer pengar. De flesta av olyckorna som involverar motorfordon och gående tros ske vid övergångsställena där det på en del saknas farthinder som hjälper till att sänka hastigheten. På de smala gatorna är olyckskostnaden lägre och färre olyckor har inträffat. Den dominerande olyckstypen på dessa gator är mellan motorfordon och cykel. Merparten av denna typ av olycka har med störst sannolikhet orsakats vid högersvängande fordon.

Bullerberäkningarna tyder på att ett smalare körfält kommer inte att påverka bullernivån direkt. Det blir en minimal skillnad då avståndet från vägmitt är 5 m på 0,3 decibel. När avståndet är mer än 7,5 m påverkar skillnaden i körfältsbredd inte ljudnivån. Ett smalare körfält leder till att avståndet från mätpunkten blir något längre och därmed kan ljudnivån minska några decimaler nära inpå vägen. Indirekt påverkar ett smalare körfält bullernivån genom att det resulterar i lägre hastigheter vilket i sin tur genererar lägre buller. Således förändras bullernivån mer av hastigheten än av avståndet mellan vägmitt och mätpunkt, men båda parametrarna hänger ihop. Det finns studier som visar att buskage och grönytor kan reducera bullernivån något. Ett buskage som är minst 2 m brett kan reducera bullernivån upp till 2 dB. Att då genomföra en körfältsförminskning ger det rum för att implementera träd, buskar, gräs och annat vilket kan bidra till en reduktion av ljudnivån. Sett till samhällskostnaden så följs det i takt med hur ljudnivån förändras, det vill säga ett högre värde på ljudnivån genererar en högre samhällskostnad och vice versa.

Ingen har tidigare studerat om ett smalare körfält påverkar koncentrationen av partiklar. Enligt resultatet är det svårt att bedöma om just körfältsbredden har någon påverkan. När det kommer till luftföroreningar är det främst hur begränsad och omfattande gatan är av höga byggnader som har stor betydelse på mängden luftföroreningar i gaturummet. Enligt tidigare studier visat så sker det en omblandning av luften, d.v.s. att den förorenade luften ventileras bort och ny ersätts, på mer "öppna" breda gator jämfört med en smal gata som omfattas av höga byggnader. Detta kan urskiljas från resultatet där gatan på Trelleborgsvägen är delvis till helt öppen på båda sidor, medan gatan på Nobelvägen omfattas av 4–5 våningar på bägge sidor. Trots en märkbar skillnad sett till halten partiklar så överskrids varken gränsvärdesnormen för PM_{10} eller $PM_{2,5}$. Tidigare forskning har visat att vegetation kan fungera som luftrenare, dock endast under vår-/sommarhalvåret när bladen har slagit ut. I takt med att ett körfält blir mindre finns det mer plats till att implementera vegetation i gaturummet och då samtidigt förbättra den omgivande luften. Mängden trafik är också något som påverkar halterna av partiklar där mer trafik bidrar till mer slitagepartiklar. Smalare körfältsbredder kan leda till att trafikflödet blir sämre och i sin tur att trafiken minskar, vilket minskar halten av partiklar. När det kommer till samhällskostnad så följer den med hur halten av partiklar förändras, det vill säga högre partikelhalter genererar en högre samhällskostnad och vice versa.

6.2 Metoddiskussion

6.2.1 Livslängd

Resultatet hade kunnat se annorlunda ut om valet av gator var annorlunda. De valda gatorna valdes utifrån var tillståndsbedömning hade genomförts på de busslinjer som ingår i storstadspaketet. För att få ett så rättvist resultat som möjligt skulle gatornas miljö och karaktär varit likartat och att endast körfältsbredden varit den parameter som varierar. Regementsgatan som valdes hade flera farthinder längs den valda sträckan vilket kan ha påverkat resultatet. Att avsmalningen sker i kombination med farthinder och övergångsställe gör det inte möjligt att bevisa att spårbildning påverkas av endast avsmalningen. Före och efter ett farthinder rör det sig ofta om retardationer, accelerationer, låga hastigheter och dynamiska rörelser som har stor inverkan på just spårbildning. Därför är det svårt att avgöra körfältets inverkan på spårbildningen på de berörda gatorna. På Stora Varvsgatan finns två körfält i vardera riktning till skillnad från de andra gatorna vilket gör det svårt att avgöra fördelning av trafiken. Det vill säga att den angivna ÅDTn gavs som ett samlat värde för vardera riktning men inte hur trafiken fördelades på de två körfälten, vilket kan ha lett till att resultatet avvek från det teoretiska.

Det mest optimala för att uppnå syftet hade varit att observera Davidshallsgatan som har genomgått en avsmalning för att få plats med cykelbana. Då hade resultatet både före och efter avsmalningen varit i samma gatumiljö. Eftersom ombyggnationen genomfördes 1–2 år sedan finns det inte tillräckligt med indata för att bedöma skador som t.ex. spårdjup.

I programmet PEDRO som användes för att ta fram spårdjupsutveckling och ERAPave för utmattningssprickor angavs inte körfältsbredd utan i stället sidolägesvariation. Omvandling från körfältsbredd till sidolägesvariation finns endast för körfältsbredderna från 3 m till 3,75 m. För de gator med ett bredare körfält antogs samma omvandling som för körfältsbredden 3,75 m. Därför måste resultatet från programmen för de breda körfälten tolkas med försiktighet då körfälten som är bredare än 3,75 m motsvarar samma värde. Resultatet som togs fram med PEDRO jämfördes med det verkliga värdet på spårdjupet. Det verkliga värdet är ett medelvärde av spårdjupet längst sträckan med samma körfältsbredd. Även extremvärden såsom före och efter ett farthinder räknades med i medelvärdet vilket kanske inte representerar sträckan fullt ut. Medelvärdet planar ut toppar och botten och är kanske inte det mest optimala tillvägagångssättet. Möjligtvis att ett max, troligt och minimivärde hade varit att föredra i detta fall. De mest utsatta ytorna före och efter farthinder, cirkulationsplatser och korsningar där spårbildningen oftast är större borde troligtvis inte ingå i analysen, då dessa spår kan bero på andra orsaker såsom acceleration, retardation, dynamiska rörelser med mera.

För att utföra regressionsanalys, beräkna standardaxlar och samhällskostnader för de valda gatorna behövdes förenklingar göras. Den dominanta körfältsbredden valdes för samtliga gator då det antogs att den speglar den uppmätta hastigheten bäst. Om uppmätta hastigheter funnits tillgängliga för de olika körfältsbredderna på samma gatuavsnitt, hade resultatet kanske sett annorlunda ut.

För att beräkna standardaxlar fick antagandet som fördelning av last göras. Skånetrafiken använder olika typer av bussar, normalbussar, ledbussar och dubbelledbuss. Det beräknades endast för 2-axliga bussar och endast jämn fördelning mellan axlarna. Att räkna för ledbussar hade gett ett lägre värde på standardaxlar och samma gäller även fördelningen av lasten. Om det inte hade varit jämn fördelning hade värdet för standardaxlar varit högre. B-faktorn justerades för vägtyp, referenshastighet och körfältsbredd där vissa antaganden fick göras för samtliga gator vilket kan ha påverkat resultatet. Hur många standardaxlar som passerat beläggning sedan beläggningen var ny baseras på ÅDTn. En felkälla här är att ÅDTn endast är känd för ett angivet år och därför antogs ÅDTn vara samma under de resterande åren. Detta stämmer troligtvis inte med verkligheten, då ÅDTn varierar från år till år och därför kan antalet antagna standardaxlar avvika från det verkliga.

Regressionsanalysen utfördes endast för en kombination med samtliga fyra faktorer, standardaxlar, hastighet, körfältsbredd och ÅDT kombinerat. Genom att testa andra faktorer i flera möjliga kombinationer hade ett annat resultat erhållits. Möjlig samvariation bedöms uppstå mellan ÅDT och körfältsbredd. Därför skulle detta resultat behövs valideras med faktoranalys som är en metod för att beskriva samvariationen mellan två eller flera variabler genom att mäta bakomliggande faktorer. Antalet datapunkter som regressionen utfärdats på är få. Det kan medföra att modellen får svårt att finna några signifikanta samband mellan de olika variablerna och därmed påverka resultatet.

6.2.2 Samhällskostnader

Kostnaden för drift och underhåll beräknas med en formel enligt ASEK. Denna formel tar hänsyn till län, vägtyp, vägbredd, beläggning och ÅDT. Vägtypen valdes till tätort och den smalaste som fanns var 2 körfält, landsväg med körfältsbredd 6,7–11,5 m. Konsekvensen av att välja denna vägtyp är att värderingen blir högre än vad det egentligen borde bli. Samma vägtyp har metodiskt valts för samtliga observerade gator. Resultatet från ASEK styrs helt och hållet av ÅDTn vilket medför per automatik att gator med hög ÅDT resulterar i en högre underhållskostnad. Om ASEK hade tagit hänsyn till körfältsbredden hade resultatet sett annorlunda ut. Malmö stad beräknar underhållet genom att utgå från de direkta kostnaderna på beläggningen, beläggningens livslängd och körfältsbredd. Genom att räkna som Malmö stad har gjort för underhåll blir det tydligt att när körfältsbredd tas i beaktande blir kostnaden högre för smala körfält, vilket beror på att beläggningen behöver underhållas mer frekvent. Att tillämpa ASEK-metoden för gator i tätort är kanske inte det mest optimala, eftersom det är Trafikverket som tagit fram metoden är den troligtvis mer lämpad för det statliga vägnätet.

Framkomligheten beräknades genom att jämföra den skyltade hastigheten och medelhastigheten för att sedan finna ett samband med körfältsbredden. Hastigheten längs gatan varierar med utformningen och var på sträckan som medelhastigheten är uppmätt på går inte att bedöma. Den dominanta körfältsbredden antogs i detta fall och att medelhastigheten representerar just den valda gatans körfältsbredd går inte att bedöma. Exempelvis varierar körfältsbredden på Eriksfältsgatan mellan 3,5 m och 5,8 m. När då den uppmätta medelhastigheten är 38 km/h kan inte den specifika hastigheten för respektive körfältsbredd identifieras, vilket medför en viss felkälla. För att komma runt detta problem

hade det varit bättre att gå ut med en radarmätare och göra kompletterande mätningar på egen hand.

För att beräkna olyckskostnaden användes ett utdrag från STRADA tillsammans med kalkylvärdena från ASEK. ASEK och STRADA definierar sina kategorier olika, antaganden fick göras för att para ihop dem och konsekvensen av detta blir att olyckorna kan få fel värdering. I utdraget från STRADA var kopplingen mellan skadegrad, olyckstyp och var olyckan har inträffat sekretessbelagd. Det anges hur många olyckor som är av mycket allvarlig grad och resterande fördelas på allvarliga och ej allvarliga olyckor. Konsekvensen av denna fördelning är att de värderas fel och resultatet hade sett annorlunda ut med mer detaljerad information från STRADA. Att inte veta vart olyckan inträffar innebär att det inte finns möjlighet att koppla samman olyckstyp med plats. I stället har antaganden gjorts som baseras på litteraturstudien som till exempel att olyckor mellan oskyddade och motorfordon inträffar vanligtvis vid övergångsställen och högersväng.

Metoden som användes vid beräkning av buller följer den Nordiska beräkningsmodellen. Modellen är gammal och reviderades senast år 1996. Trots sin ålder är det främsta verktyget som används i branschen där bland annat Trivektor har gjort ett eget beräkningsprogram utifrån modellen. Att bullernivån inte beräknades utifrån de gator som ingår i studien beror på att det är så många andra parametrar som påverkar att det blir svårt att avgöra huruvida bullernivån förändras av körfältsbredden. I stället genomfördes två separata beräkningar där hastigheten är 40 km/h och 30 km/h för att studera hur olika körfältsbredder påverkar bullernivån. Ett annat tillvägagångssätt hade varit om egna mätningar genomförts på samtliga gator. Det hade krävts mer tid och resurser i form av mätinstrument bland annat.

Mätvärdena för partikelhalterna togs fram med hjälp av Malmö stads kartvy för tre utvalda gator där det fanns tillgängliga mätningar. Ett mer relevant resultat hade varit om mätningar kopplat till de studerade gatorna funnits till hands. Dock hade det blivit lika svårt att bevisa om korrelation finns mellan körfältsbredd och partikelhalt då andra variabler såsom gatans öppenhet och gatubredd varierar samtidigt. Att det dessutom inte finns några tidigare studier inom detta gör saken ännu svårare. Det bästa hade varit om egna mätningar genomförts på gatorna med en stationär mätstation eller med andra modeller exempelvis SIMAIR, men både tidsmässigt och kostnadmässigt är det inte möjligt.



7. Slutsatser

I följande avsnitt presenteras studiens slutsatser. Därefter presenteras rekommendationer för vidare studier.

7.1 Livslängd

Hur kommer livslängden att påverkas av en avsmalning och vilka skador kan en avsmalning medföra?

- Ett smalare körfält medför lägre hastighet och högre spårbundenhet som resulterar i djupare spår.
- Där belägningen är av mer styv karaktär, förekommer skador som sprickor i stället. Sprickor kan leda till att vatten tränger ner i konstruktionen som påskyndar nedbrytningen och förkortar vägens livslängd.
- Vid prognostisering av spårdjup med programmet PEDRO bedömdes modellen efterlikna det verkliga spårdjupet de första åren men tenderar till att bli mer avvikande på längre sikt.
- Programmet ERAPave som användes för att prognostisera utmattningssprickor upplevdes svårbedömt då skadegraden saknade förklaring och fick tolkas utifrån egna erfarenheter.
- Hur mycket kortare livslängden kommer att bli för ett smalt körfält beror således på olika faktorer såsom beläggningstyp, andel tung trafik och hastighet.

7.2 Samhällskostnader

Hur påverkas samhällskostnaden av drift och underhåll, framkomlighet, trafiksäkerhet och miljö?

- Resultatet för drift- och underhållskostnader visade att det är dyrare med smalare körfält enligt tidigare studier och Malmö stads kostnadsbedömning.
- Med smalare körfält påskyndas utvecklingen av skador som spårbildning och sprickor vilket resulterar i mer frekvent underhåll som kostar kommunerna mer.
- Ett smalare körfält medför lägre hastighet vilket resulterar i förlängda restider, alltså kommer kostnaden för framkomligheten att öka när körfältsbredden minskar.
- Ett bredare körfält resulterar i högre hastighet som både ökar risken för att en olycka inträffar och att skadegraden blir högre. Följaktligen blir kostnaden för trafiksäkerheten högre när körfältsbredden ökar.

-
- När det gäller buller och luftföroreningar tyder resultatet på att det inte finns någon direkt koppling till körfältsbredd. Däremot leder ett smalare körfält till lägre hastighet som då indirekt minskar buller- och partikelhalterna. För luftföroreningar är det snarare gatans karaktär (hur instängd gatan är), klimat och trafiken än körfältsbredden som påverkar partikelhalterna.

7.3 Rekommendationer för vidare studier

I denna studie valdes sex gator i Malmö som är en del av MEX-projektet. De valda gatorna hade varierande körfältsbredd, en del breda och en del smala. För framtida studier hade det varit intressant om gatorna som ska studeras hade varit breda gator som byggts om till smala för att göra mer plats till de hållbara alternativen. I denna studie var det inte möjligt då dessa ombyggnationer skett för ett år sen och tillräckligt med data finns ännu inte för att kunna studera gatorna. Därför hade en gata som till exempel Davidshallsgatan varit optimal att studera. Då förändras inte gatumiljön utan endast körfältsbredden. Det hade även varit mer fördelaktigt att studera fler än sex gator då resultatet hade varit mer trovärdigt och tillförlitligt med fler platser.

I denna studie användes plattformen ASEK för att bedöma samhällskostnaderna för faktorerna drift och underhåll, framkomlighet, trafiksäkerhet och miljö. I framtida studier rekommenderas det att använda andra metoder än ASEK för att bedöma samhällskostnaderna. ASEK är ett verktyg som Trafikverket har tagit fram för att bedöma samhällskostnaden och om det är kommunala vägar som ska bedömas hade varit lämpligt med andra metoder. Här kan även andra faktorer studeras som påverkas av att gatan blir smalare än de som står ovan.

Samtliga sex gatuavsnitt som studerats har delats in i sträckor med varierande längd. Alla hinder längst med sträckorna har beaktats men ej studerats såsom farthinder, övergångsställen, korsningar etc. I en fortsatt studie är rekommendationen att frångår dessa parametrar vilket möjliggör att endast körfältsbreddens påverkan på livslängd och samhällskostnad studeras.

Det finns ett nytt tillvägagångssätt i Malmö för att integrera cyklister med bussar. Vid smala gator är utrymmet begränsat och därför får vissa trafikanter samsas om platsen. På Davidshallsgatan ska cyklisterna lämna företräde för bussarna när integration sker, vilket är ett helt nytt koncept för Malmö. I en fortsatt studie kan cyklister åsikter om detta nya sätt som implementerats i Malmö studeras.



8. Referenser

Achten, p., & Timmers, V. (2016). *Non-exhaust PM emissions from electric vehicles*. Atmos Environ. 2016;134(C):10–7.

Agardh, S. & Parhamifar, E (2014). *Vägbyggnad*. 1 uppl. Stockholm: Liber AB

Ahlberg, J. (2015). *Kostnader för störningar i infrastrukturen - Metodik och fallstudier på väg och järnväg*. Myndighet för samhällsskydd och beredskap (MSB). VTI. Publikationsnummer MSB907. Karlstad (2023-05-01)

Ahlstöm, K. (2018). *En rättvis fördelning av gatuutrymmet*. Institutionen för Teknik och Samhälle. Lunds Tekniska Högskola. Tryckt av Media-Tryck.

Ahmed, A. (2014). *Mechanistic-Empirical Modelling of Flexible Pavement Performance: Verifications Using APT Measurements*. TRITA-TSC-PHD 14-003. Division of highway and Railway Engineering.

Ahmed, A., & Erlingsson, S. (u.å.). *ERAPave PP/VegDim User's Guide*. VTI publikation xx. Linköping VTI.

Andersson, E., & Rödin, A. (2017). *Implementation of the permanent deformation model PEDRO for pavement structures*. Göteborg: Chalmers University Of Technology.

Andersson, Y., Gustafsson, M., Järllskog, I., Johannesson, M., Lithner, D., Polukarova, M., & Strömvall A. (2020). *Mikroplaster från däck- och vägslitage*. VTI rapport 1028.

Ansari, S. (2021). *The Lorenz Curve*. (Elektronisk) Tillgänglig: [The Lorenz Curve \(economicsonline.co.uk\)](https://economicsonline.co.uk) (2023-06-21)

Arts L. & Schagen I.V., (2006). *Driving speed and the risk of road crashes: A review*. Nederländerna. Institute for Road Safety Research SWOV.

Balgård, S. (1994). *Den goda stadsgatan*. Bokförlag Carlsson. Publicerat Stockholm.

Bjerkemo, S., & Knutson, Å. (2008). *Trafiken i den hållbara staden*. Upplaga 1:1. I Hyden, C. (Red.). Lund: Studentlitteratur AB.

Björk, C., Nordling, L., & Reppen, L. (2018). *Så byggdes staden*. Upplaga 4. Förlag: Svenska Byggtjänst.

Boverket. (2020). *Regler och riktvärden för buller*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Regler och riktvärden för buller - PBL kunskapsbanken - Boverket](#) (2023-05-11)

-
- Boverket. (2014). *Definitioner och begrepp för buller*. (Elektronisk) Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planeringsfragor/information-om-buller-och-goda-ljudmiljoer/ljud-och-buller/definitioner-och-begrepp-for-buller/> (2023-01-03)
- Berntman, M., Jonsson, T., Anna, A., Ekdahl, P., & Harmannus, M. (2012). *Dimensionerade körfältsbredder - Slutrapport*. Lund, Institutionen för Teknik och samhälle, Trafik och väg, Bulletin 271- Lunds Universitet, Tekniska högskolan i Lund, Institutionen för teknik och samhälle (2023-05-24)
- Buiter R., Cortenraad W.M.H., van Eck A.C., Van Rij H. (1989). Effects of transverse distribution of heavy vehicles on thickness design of full-depth asphalt pavements. *Transportation Research Record*, Vol. 1227.
- Carlson, A., Janhäll, S., & Larsson, P. (2017). *Uppdatering EVA-kalkylen, Nya emissionsfaktorer beräknade med PHEM*. VTI rapport 918. Linköping: VTI.
- Denscombe, M. (2010). *The Good Research Guide: For Small-scale Research Project*. Upplaga 5. Maidenhead, Berkshire: McGraw-Hill Education.
- Erlingsson, S. Ahmed, A. (2023). *Dimensioneringsmodeller*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Dimensioneringsmodeller - vti.se](https://vti.se/dimensioneringsmodeller) (2023-04-13).
- Forsberg, B., Gustafsson, M., Johansson, E., Linden, J., & Åström, S. (2019). *Quantification of population exposure to NO₂, PM₁₀ and PM_{2,5}, and estimated health impact 2019*. Report number: B 2446.
- Fredriksson, R. (2009) Svevia. *Spår på smala körfält*. Slideshare. (Elektronisk) Tillgänglig: [Session 71 Rune Fredriksson \(slideshare.net\)](https://www.slideshare.net/RuneFredriksson) (2023-05-09).
- Fost, 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/probability-and-statistics/statistics-definitions/p-value/) (2023-06-28).
- Gehl, J. (2006). *New City Life*. Utgivare: Danish Architectural Press, 2006.
- Glen, s. (2020). *P-Value in Statistical Hypothesis Tests: What is it?*. *StatisticsHowTo* (Elektronisk) Tillgänglig: <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/statistics-definitions/p-value/> (2023-06-21).
- Globala målen (2022). *Mål 11: Hållbara städer och samhällen*. (Elektronisk) Tillgänglig: <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-11-hallbara-stader-och-samhallen/> (2023-03-28).
- Gustafsson, M., & Järskog, I. (2023). *Luft & miljö - Om luftmiljö och svensk luftövervakning 2023*.
- Granlund, J. (2016). *PM underlag för val av körfältsbredd*. WSP. Borlänge
- Göteborg stad (u.å.). *Skötsel och underhåll av gator och vägar*. Göteborg Stad Stadsmiljöförvaltningen. *Teknisk handbok*. Tillgänglig: [Skötsel och underhåll av gator och vägar - Göteborgs Stad \(goteborg.se\)](https://www.goteborg.se/skotsel-och-underhall-av-gator-och-vaegar) (2023-04-28)
- Göteborg stad (2019). *12BF Dimensionering av busshållplatser och bussterminaler*. Göteborg Stad Stadsmiljöförvaltningen. *Teknisk handbok*. Tillgänglig: [12BF Dimensionering av busshållplatser och bussterminaler – Teknisk Handbok \(goteborg.se\)](https://www.goteborg.se/12bf-dimensionering-av-busshallplatser-och-bussterminaler) (2023-04-21)

-
- Göteborg stad (2020). *3CD1 Utrymme, bredd*. Göteborg Stad Stadsmiljöförvaltningen. *Teknisk handbok*. Tillgänglig: [3CD1 Utrymme, bredd – Teknisk Handbok \(goteborg.se\)](#) (2023-03-30)
- Göteborg stad (2021). *3EC Avsmalningar/Portar*. Göteborg Stad Stadsmiljöförvaltningen. *Teknisk handbok*. Tillgänglig: [3 Utformning – Teknisk Handbok \(goteborg.se\)](#) (2023-03-30)
- Göteborg stad (2023a). *14BA Vinterväghållning*. Göteborg Stad Stadsmiljöförvaltningen. *Teknisk handbok*. Tillgänglig: [14BA Vinterväghållning – Teknisk Handbok \(goteborg.se\)](#) (2023-04-21)
- Göteborg stad (2023b). Stadsmiljöförvaltningens krav för Arbete på gata - APG krav.
- Göteborg stad (2023c). Stadsmiljö förvaltningens regler för Arbete på gata - APG råd. Version: 3.0.
- Göteborg stad (u.å.a). *Snöröjning och halkbekämpning*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Snöröjning och halkbekämpning - Göteborgs Stad \(goteborg.se\)](#) (2023-04-21)
- Göteborg stad (u.å.b). *Vanliga frågor om snöröjning*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Vanliga frågor om snöröjning - Göteborgs Stad \(goteborg.se\)](#) (2023-04-26)
- Högman H. (2022). *Svensk väghistoria (1)*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Svensk historia - Hans Högman \(hhogman.se\)](#) (2023-05-15)
- HSY. (2022). *Avståndets och höjdens effekt på luftkvaliteten*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Avståndets och höjdens effekt på luftkvaliteten - HSY](#) (2023-05-12)
- HSY. (2015). *Kasvillisuuden ja melusteiden vaikutus ilmanlaatuun liikenneympäristöissä*. Puhelin 0915611. Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä.
- Höst, M., Regnell, B., & Runeson, P. (2006). *Att genomföra ett examensarbete*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Janhäll, S. (2015). *Rewiew on urban vegetation and particle air pollution - Deposition and dispersion*. Volume 105. Pages 130-137. Atmospheric Environment.
- Johnsson, P. (2020). *Vägöverbyggnader i ett livscykelperspektiv*. Diarienummer: TRV2019/77888.
- Jonsson, L., & Wahl, C. (2008). *Trafiken i den hållbara staden*. Upplaga 1:1. I Hyden, C. (Red.). Lund: Studentlitteratur AB.
- Johansson, C., Norman, M., Omstedt, G., & Swietlicki, E. (2005). *Partiklar i stadsmiljö - källor, halter och olika åtgärders effekt på halterna mätt som PM10*. SLB rapport 4:2004.
- Järskog, I. (2022). *Occurrence of Traffic-Derived Microplastics in Different Matrices in the Road Environment*. Department of Architecture and Civil Engineering. Serie nr: 5141.
- Kalansuriya, C.M., Pannila, A., & Sonnadara, U. (2009). *Effect of roadside vegetation on reduction of traffic noise levels*. Institute of Physics Sri Lanka (IPSL), Volume: 25.

Kamyab, A., Maze, T., Schrock, S. (2000). *Evaluation of work zone speed Reduction Measures*. Iowa state university. Center for transport research and education.

Karlsson, M. (2014). *Val av beläggning, kunskapsdokument. Trafikverket. Borlänge*.
Publikationsnummer: 2014:173.

Lindberg, J. (2012). *Nya krockvårdskurvor för fotgängares risker vid påkörning av bil*. TRV
Publikation TRV 2012/69993.

Loenis, B., Schermers, G. & van Petegem J.W.H. (2016). *Narrow lanes*. European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube.

Lundkvist S. (1994). *Trafikantbeteende på 13 meter breda vägar med olika körfältsindelning*.
Vägverket Projektnr: 30006 (2023-05-24)

McGarvey, T. (2016). Vehicle lateral position depending on road type and lane width. VTI rapport 892A. Linköping: VTI.

Malmö stad, (u.å.). *Regler för avtängning vid gatuarbete i Malmö*.

Malmö stad, (2006). *Gatusektioner - Råd och exempel vid utformning av gatumiljöer*. Gatukontoret.

Malmö stad, (2018). *Storstadspaketet Malmö- Åtgärder för utbyggd kollektivtrafik, cykel och bostäder*.
Beslutad av kommunfullmäktige 2018.

Malmö stad, (2020a). *MEX-standarder - Storstadspaketet Malmö*. Fastighets- och gatukontoret,
Stadsbyggnadskontoret, Skånetrafiken. (2023-05-18)

Malmö stad, (2020b). *PM Spårutveckling*. (2023-05-22)

Malmö stad, (2020c). *Underlag objektsgodkännande*. Fastighets- och gatukontoret. Delprojekt 2
Davidshallsgatan inom MEX 8. Förslag till underlag Objektsgodkännande för projekt 3352,
Storstadspaketet (2023-05-30)

Malmö stad, (2021). *Tillståndsbedömning av bussgator - Malmö Storstadspaketet*. Fastighet- och
gatukontoret (2023-06-08)

Malmö stad, (2022a). *Snö och halka under vintersäsong*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Snö och halka - Malmö stad \(malmo.se\)](#) (2023-04-21)

Malmö stad, (2022b). *Asfalt och annan beläggning*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Asfalt och annan beläggning - Malmö stad \(malmo.se\)](#) (2023-04-28)

Malmö stad, (2022c). *Davidshallsgatan byggs om*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Davidshallsgatan byggs om - Malmö stad \(malmo.se\)](#) (2023-05-30)

Malmö stad, (2023a). *Överbyggnader*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Överbyggnader - Malmö stad \(malmo.se\)](#) (2023-05-25)

-
- Malmö stad, (2023b). *Trafikmätning*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Trafikmätningar - Malmö stad \(malmo.se\)](https://www.malmo.se) (2023-05-25)
- Malmö stad, (2023c). *Asfalt*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Asfalt - Malmö stad \(malmo.se\)](https://www.malmo.se) (2023-05-25)
- Marshall, S. (2004). *Streets and Patterns*. London: Routledge.
- Miljöfordon. (2022). *Miljöklasser*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Miljöklasser | Miljöfordon \(miljofordon.se\)](https://www.miljofordon.se)
- MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, (u.å.). *Samhällets kostnader för vägtrafikolyckor*.
- National Association of City Transportation Officials (NACTO). (2018). *Urban Street Design Guide*. Adapted from the urban Street Design Guide, published by Island Press.
- Naturvårdsverket, (2019). *Luftguiden, handbok om miljöklasser för utomhusluft*. Handbok 2019:1. Utgåva 1. version 4.
- Naturvårdsverket, (1996). *Vägtrafikbuller*. Nordiska beräkningsmodell, reviderad 1996. Rapport 4653.
- Naturvårdsverket, (u.å.). *Miljöklasser för utomhusluft*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Gränsvärden, målvärden och utvärderingströsklar \(naturvardsverket.se\)](https://www.naturvardsverket.se) (2023-05-09).
- NCC, BVF, SBUF & KTH, (2020). *Entreprenadform och teknisk kvalitet i vägprojekt - 2: vägytans jämnhet vid trafiköppning*.
- Niska, A., Johansson, C. Caesar, K. (2013). *Drift och underhåll av tillgänglighetsåtgärder i tätort. För ökad tillgänglighet och bibehållen säkerhet året om*. VTI rapport 776. Linköping (2023-04-12)
- Ohlsson, P. Radtke, P (2017). *Vägplan, E20 Vårgårda- Vara, delen Eling-Vara*. Sweco. Skövde Projektnummer: 150306. Version 1.0.
- Palm F. (2013). *Framkomlighet för stads- och regionbuss – Analys av fördröjningspunkter i Lunds tätort*. Trafik och väg. Institutionen för Teknik och samhälle. Lunds Universitet. .
- Patel, R., Davidson, B. (2011). *Forskningsmetodikens grunder*. 4. uppl. Lund: Studentlitteratur AB.
- Regeringen (u.å.). *Agenda 2030 för hållbar utveckling*. (Elektronisk) Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/> (2023-03-27).
- Rye, T., Hansson, L. (2022). *Mobilitet i mindre städer - Så kan bilberoendet minska*.
- Said, S., Abubeker, A., Denis, J., Xiaohu, L., Gudmarsson, A., Nilsson, R., Oscarsson, E. & Jarlsson, H. (2020). Prediction of rutting in asphalt concrete pavements - the PEDRO model. VTI rapport 1016A. Linköping: VTI.
- Said, S., Abubeker, A., Denis, J. & Xiaohu, L. (2018). Asphalt layer rutting performance prediction tools. VTI rapport 968A. Linköping: VTI.

SCB, (u.å.). Analysmetoder. (Elektronisk) Tillgänglig: [Statistikguiden - Analysmetoder \(scb.se\)](https://www.scb.se/statistikguiden-analysmetoder) (2023-06-21).

SFS- 2015:216. *Förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader*. Regeringskansliet.

SFS- 1996/97:53. *Regeringens proposition (1996/97:53), infrastrukturinriktning för framtida transporter*.

Simon, A. (2013). *Road transport: new life cycle inventories for fossilfuelled passenger cars and non-exhaust emissions in ecoinvent v3*. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2013;21(9):1299-313.

Skogö, I. (2007). *Åtgärder för att minska emissionerna av partiklar från slitage och uppvirvling från vägtrafiken*. Beteckning: SA80A 2006:15982. Vägverket: Borlänge.

Skånetrafiken (u.å.). *Malmö linjekarta från 19 mars*.

Stähle, A. (2022). *Designguide för smarta gator*.

Sulejmani, P. (2021) *Storstadsavtalet. Ramavtal 8 - Storstad Malmö*. Asfaltdagen 2021. Asfaltskolan.

Svensson, J. (2015). *Att gestalta för livfulla gator*. Institutionen för stad och land, avdelning för landskapsarkitektur. Sveriges lantbruksuniversitet.

Sveriges Kommuner och Landsting, SKL (2019). *Gatuarbete i tätort - Handbok till stöd för planering och genomförande*. LTAB.

Sveriges Kommuner och Landsting, SKL (2016). *Skulden till underhåll - Det kommunala underhållsbehovet för gator, broar och belysning*. LTAB.

Sveriges Kommuner och Landsting, SKL (2009). *Åtgärds katalog för säker trafik i tätort*. Tredje utökade upplagan.

Sveriges Kommuner och Landsting, SKL (2008). *"Miljö kvalitetsnormer för utomhusluft"*. Tryckeri: Edita Västerås.

Sveriges Kommuner och Landsting, SKL (u.å.). *Den smala vägen - Beläggning som håller på gator med avsmalnande körfält*. Issue. (Elektronisk) Tillgänglig: [7164-153-3 by Sveriges Kommuner och Landsting - Issuu](#) (2023-05-09).

Sveriges Kommuner och Regioner, SKR (2019a). *Bära eller brista - Handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar*.

Sveriges Kommuner och Regioner, SKR (2019b). *Val av åtgärd - Råd och stöd vid åtgärdsval av belägningsunderhåll*.

Sveriges Kommuner och Regioner, SKR (2019c). *Utsatta ytor - Råd för hållbar beläggning på utsatta ytor*.

Stockholm stad (2021a). *Så fungerar snöröjningen*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Så fungerar snöröjningen - Stockholms stad \(trafik.stockholm\)](#) (2023-04-20)

Stockholm stad (2021b). *Stockholm stad - Teknisk handbok, Del 5 - trafikanordningar*.

Stockholm stad (2022a). *Stockholms stad- Teknisk handbok*.

Stockholm stad (2022b). *Snö och halka*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Snö och halka - Stockholms stad \(trafik.stockholm\)](#) (2023-04-20)

SWECO (1999). *Bussar & bular – Fartreducerande hinder i kollektivtrafiken*. Rapport, Vägverket. Tillgänglig: (20121209).

SWECO (2021). *PM - Trafikflöden - Alingsås kommun*. Uppdragsnr. 30017543.

TOI, (2021). *1.11 Utbredning av vegers tverrprofil*. Høye A. & Elvik R. *Trafikksikkerhets-håndboken*. (Elektronisk) Tillgänglig: [1.11 Utbedring av vegers tverrprofil - Trafikksikkerhetshåndboken \(tshandbok.no\)](#) (2023-05-10).

Trafikverket (2023a). *Nollvisionen - tillsammans räddar vi liv*. (Elektronisk) Tillgänglig: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/samarbete-med-branschen/Samarbeten-for-trafiksakerhet/tillsammans-for-nollvisionen/> (2023-03-27).

Trafikverket (2023b). *Kapitel 6 Trafikverket. Bygg om eller bygg nytt*. Borlänge.

Trafikverket (2023c). *Kapitel 6 Investeringskostnad smat drift- och underhållskostnader*. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.1.

Trafikverket (2023d). *Kapitel 8 Kostnad för trängsel och förseningar*. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.1.

Trafikverket (2023e). *Kapitel 9 Trafiksäkerhet och olyckskostnader*. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.1.

Trafikverket (2023f). *Kapitel 10 Kostnad för buller*. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.1.

Trafikverket (2023g). *Kapitel 11 Kostnad för luftföroreningar*. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.1.

Trafikverket (2022a). *Krav - VGU, Begrepp och grundvärden*. TRV Publikation 2022:002. Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket (2022b). *Råd - VGU, Vägars och gators utformning*. TRV Publikation 2022:003. Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket (2022c). *Så sköter vi vägar*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Så sköter vi vägar - www.trafikverket.se](#) (2023-04-11).

-
- Trafikverket (2022d). *Vinterväghållning*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Vinterväghållning - www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se) (2023-04-11).
- Trafikverket (2022e). *Vägsalt - bara där det behövs*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Vägsalt - bara där det behövs - www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se) (2023-04-25).
- Trafikverket (2022f). *När kommer plogbilen till din väg?*. (Elektronisk) Tillgänglig: [När kommer plogbilen till din väg? - www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se) (2023-04-25).
- Trafikverket (2022g). *Underhåll av belagda vägar*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Underhåll av belagda vägar - www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se) (2023-04-28).
- Trafikverket (2022h). *Trafiksäkra staden - Handbok för ett målinriktat kommunalt trafiksäkerhetsprogram*. Publikationsnummer: 2022:01. Version: 2.0.
- Trafikverket (2022i). *Undersökning av däcktyp i Sverige*. Publikationsnummer: 2022:128. Borlänge.
- Trafikverket (2021). *Överbyggnad väg, Dimensionering och utformning*. KRAV TRVINFRA-00224. Version 2.0. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket (2019). *Drift och underhåll av enskilda vägar*. TRV Publikation 2019:186. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket (2018). *Tillgänglighet - Definition, mått och exempel*. TRV Publikation 2018:208. Sundbyberg: Trafikverket. (Elektronisk) Tillgänglig: [2018_208_tillganglighet_definition_matt_och_exempel.pdf \(ineko.se\)](http://ineko.se) (2023-05-18).
- Trafikverket (2011a). *Drift- och underhållsproblem vid trafiksäkerhets- och tillgänglighetsutformning*. Publikationsnummer: TRV 2011:053.
- Trafikverket (2011b). *TRVK Väg - Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion*. Publikationsnummer: TRV 2011:072.
- Trafikverket (2011c). *Utryckningstrafikens framkomlighet i tätort*. Publikationsnummer: TRV 2011:044.
- Trafikverket (2011d). *Drift och underhållsproblem vid trafiksäkerhets- och tillgänglighetsproblem*. Publikationsnummer: TRV 2011:053.
- Trafikverket (u.å.). *Gatutyper- en exempelsamling*. Göteborg: Fördjupningsprojekt inom TRAST.
- Transportstyrelsen (2022). *Nollvisionen*. (Elektronisk) Tillgänglig [Nollvisionen - Transportstyrelsen](http://www.transportstyrelsen.se) (2023-05-04).
- Umeå kommun (2020). *Flera snötippor i Umeå*. (Elektronisk) Tillgänglig [Fler snötippor i Umeå - Umeå kommun \(umea.se\)](http://umea.se) (2023-04-21).
- Umeå kommun (2021). *Beläggningsarbete*. (Elektronisk) Tillgänglig [Beläggningsarbete - Umeå kommun \(umea.se\)](http://umea.se) (2023-04-28).

Umeå kommun (2022a). *Vinterväghållning*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Vinterväghållning - Umeå kommun \(umea.se\)](#) (2023-04-21).

Umeå kommun (2022b). *Startkriterier för snöröjning*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Snöröjning, startkriterier - Umeå kommun \(umea.se\)](#) (2023-04-21).

Umeå kommun (2022c). *Trafikanordningsplan, TA-plan*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Trafikanordningsplan, TA-plan - Umeå kommun \(umea.se\)](#) (2023-05-04).

Umeå kommun (2023a). *Tekniska handbok - Utförar- och leverantörswebb*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Gator och parker - Umeå kommun \(umea.se\)](#) (2023-03-30).

Umeå kommun (2023b). *Grusupptagning, sopning*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Grusupptagning, sopning - Umeå kommun \(umea.se\)](#) (2023-04-26).

Umeå kommun (2023c). *Gatusektioner*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Gatusektioner - Umeå kommun \(umea.se\)](#) (2023-04-28).

Volvobuses (u.å.). *Specifikationer för Volvo 7900 S Charge*. (Elektronisk) Tillgänglig: [Specifikationer för 7900 S-Charge hybrid | Volvo Bussar \(volvobuses.com\)](#) (2023-06-13).

Vägverket (2005). *Bullerskydd*. Publikationsnummer 2004:80.

Vägverket (2004). *Vägen i kulturlandskapet - vägar och trafik före bilismen*. (Elektronisk) Tillgänglig: [VÄGVERKET 1989-02-03 \(ineko.se\)](#) (2023-05-15)

Wågberg, L. (1999). *7 Val av beläggning*. Asfaltskolan (Red.). *Asfaltboken*.

9. Bilagor

Bilaga 1 - Inventeringsformulär

Objektets beteckning: Eriksfältsgatan

Datum: 2023-06-01

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

Sprickbildning

| | | | | |
|---------------------|-------|--|--|--------------------------------|
| Sprickor i hjulspår | 1 | | | |
| Krackelering | 1 | | | |
| Tvärgående sprickor | 1, 2* | | | * I anslutning till farthinder |
| Fogspickor | | | | |
| Kantsprickor | | | | |

Ytliga skador och defekter

| | | | | |
|-----------------------|---|---|--|----------------|
| Ojämnheter | 1 | | | Vid brunnslöck |
| Separation | | | | |
| Blödande beläggning | | | | |
| Stensläpp | | | | |
| Slaghål | | | | |
| Åldrad beläggningsyta | | 1 | | |
| Skador vid lagningar | 1 | | | |

Avvattning och dränering

| | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|
| Ytvattenavledning | | | | |
| Dräneringsförmåga | | | | |

Vidtagna åtgärder

| | | | | |
|------------------|---|--|--|--|
| Lagning/lappning | 1 | | | |
|------------------|---|--|--|--|

Övrigt: Körfältsbredden längs med hela avsnittet förutom vid övergångsställena är 5,8 m. Parkeringar längs med vägen i norrgående riktning från Gymnasistgatan fram till nästa interaktionspunkt. Generellt sett håller vägen en bra standard.

Objektets beteckning: Norra Vallgatan

Datum: 2023-06-01

| Spårbildning | Utbredning | | | Anmärkning |
|--------------|---------------|-------------------|------------------|--|
| | Lokal <20% | Måttlig 20-50% | Generell >50% | |
| Spårdjup | 2 | | | I anslutning till trafikljus vid Centralbron |

Sprickbildning

| | | | | |
|---------------------|---|--|--|--|
| Sprickor i hjulspår | 1 | | | |
| Krackelering | 1 | | | |
| Tvärgående sprickor | 1 | | | |
| Fogspickor | | | | |
| Kantsprickor | | | | |

Ytliga skador och defekter

| | | | | |
|------------------------|----|---|---|---|
| Ojämnheter | 1 | | | Intill busshållplats |
| Separation | | | | |
| Blödande beläggning | | | | |
| Stensläpp | 3* | 1 | | *20 m före cirkulationsplatsen där Exercisgatan sammankopplas |
| Slaghål | 3 | | | Stensläpp som lett till slaghål |
| Åldrad beläggningssyta | | | 1 | |
| Skador vid lagningar | | | | |

Avvattning och dränering

| | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|
| Ytvattenavledning | | | | |
| Dräneringsförmåga | | | | |

Vidtagna åtgärder

| | | | | |
|------------------|---|--|--|--|
| Lagning/lappning | 1 | | | |
|------------------|---|--|--|--|

Övrigt: Körfältsbredd är 4,8 m på stora delar av avsnittet förutom vid mittrefugen där bredden är 3,8 m.

Objektets beteckning: Regementsgatan

Datum: 2023-06-01

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

Sprickbildning

| | | | | |
|---------------------|---|--|--|--------------------------------|
| Sprickor i hjulspår | | | | |
| Krackelering | 1 | | | Vid anslutning till farthinder |
| Tvärgående sprickor | | | | |
| Fogspickor | | | | |
| Kantsprickor | | | | |

Ytliga skador och defekter

| | | | | |
|------------------------|---|--|--|--------------------------------|
| Ojämnheter | | | | |
| Separation | | | | |
| Blödande beläggning | | | | |
| Stensläpp | | | | |
| Slaghål | 2 | | | Vid anslutning till farthinder |
| Åldrad beläggningssyta | | | | |
| Skador vid lagningar | | | | |

Avvattning och dränering

| | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|
| Ytvattenavledning | | | | |
| Dräneringsförmåga | | | | |

Vidtagna åtgärder

| | | | | |
|------------------|---|--|--|-----------------------------------|
| Lagning/lappning | 1 | | | I anslutning till övergångsställe |
|------------------|---|--|--|-----------------------------------|

Övrigt: Bilar får parkera längst med hela gatan på båda sidorna. Körfältsbredden uppmättes till 3,7 m och vid de smalare partierna till 3,25 m. I det stora hela är skicket på gatan mycket bra!

Objektets beteckning: Stora Varvsgatan

Datum: 2023-06-01

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

Sprickbildning

| | | | | |
|---------------------|---|--|--|--|
| Sprickor i hjulspår | 1 | | | |
| Krackelering | | | | |
| Tvärgående sprickor | 1 | | | |
| Fogspickor | | | | |
| Kantsprickor | | | | |

Ytliga skador och defekter

| | | | | |
|------------------------|---|--|--|-----------------------------------|
| Ojämnheter | | | | |
| Separation | | | | |
| Blödande beläggning | | | | |
| Stensläpp | 2 | | | I anslutning till parkeringsficka |
| Slaghål | 2 | | | I anslutning till parkeringsficka |
| Åldrad beläggningssyta | | | | |
| Skador vid lagningar | 2 | | | I anslutning till övergångsställe |

Avvattning och dränering

| | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|
| Ytvattenavledning | | | | |
| Dräneringsförmåga | | | | |

Vidtagna åtgärder

| | | | | |
|------------------|---|--|--|-------------------------|
| Lagning/lappning | 2 | | | Vid ett övergångsställe |
|------------------|---|--|--|-------------------------|

Övrigt: Dubbla körfält i båda riktningarna varav den högra är bussfil. Körfältsbredden uppmättes till 3 m.

Objektets beteckning: Södra Bulltoftavägen

Datum: 2023-06-01

| Spårbildning | Utbredning | | | Anmärkning |
|--------------|---------------|-------------------|------------------|---------------------------------|
| | Lokal <20% | Måttlig 20-50% | Generell >50% | |
| Spårdjup | | 2 | | Där refug smalnar av vägbredden |

Sprickbildning

| | | | | |
|---------------------|---|---|--|---------------------------------|
| Sprickor i hjulspår | 3 | 1 | | Där refug smalnar av vägbredden |
| Krackelering | 2 | | | |
| Tvärgående sprickor | 2 | | | |
| Fogspickor | 1 | | | |
| Kantsprickor | | | | |

Ytliga skador och defekter

| | | | | |
|----------------------|---|---|--|---------------------------------|
| Ojämnheter | 2 | | | Vid brunnslock och farthinder |
| Separation | | | | |
| Blödande beläggning | | | | |
| Stensläpp | | | | |
| Slaghål | | | | |
| Åldrad belägningsyta | | 2 | | Där refug smalnar av vägbredden |
| Skador vid lagningar | 1 | | | |

Avvattning och dränering

| | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|
| Ytvattenavledning | | | | |
| Dräneringsförmåga | | | | |

Vidtagna åtgärder

| | | | | |
|------------------|---|--|--|--|
| Lagning/lappning | 1 | | | |
|------------------|---|--|--|--|

Övrigt: Körfältsbredden varierar mellan 3,5 och 5 m vid de bredare partierna och vid de smalare partierna är bredden 3,25 m. Parkering finns på båda sidorna om vägen där vägbredden är 5 m.

Objektets beteckning: Linnégatan

Datum: 2023-06-01

| Spårbildning | Utbredning | | | Anmärkning |
|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------------------------|
| | Lokal <20% | Måttlig 20-50% | Generell >50% | |
| Spårdjup | 3 | 2 | | Vid de smalare partierna |

Sprickbildning

| | | | | |
|---------------------|---|--|--|--|
| Sprickor i hjulspår | 1 | | | |
| Krackelering | 1 | | | |
| Tvärgående sprickor | 1 | | | |
| Fogspickor | 1 | | | |
| Kantsprickor | | | | |

Ytliga skador och defekter

| | | | | |
|------------------------|---|---|---|----------------|
| Ojämnheter | 2 | | | Vid brunnslöck |
| Separation | | | | |
| Blödande beläggning | 1 | | | |
| Stensläpp | | 1 | | |
| Slaghål | 3 | | | |
| Åldrad beläggningssyta | | | 2 | |
| Skador vid lagningar | | | | |

Avvattning och dränering

| | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|
| Ytvattenavledning | | | | |
| Dräneringsförmåga | | | | |

Vidtagna åtgärder

| | | | | |
|------------------|---|--|--|--|
| Lagning/lappning | 1 | | | |
|------------------|---|--|--|--|

Övrigt: Körfältsbredden är 3,8 m på de bredare partierna och där en mittrefug löper genom gatan uppmättes bredden till 3 m.

Bilaga 2 - Bullerberäkning

Sammanställd beräkningsgång för 40 km/h.

| | | | | |
|---|-------------|------|------|----------------------------------|
| Antag 10 000 f/d varav 10 % tunga fordon | | | | |
| Antag att körfält har samma bredd i båda riktningarna | | | | 40 km/h |
| Bredd ett körfält (m): | 3,75 | 3,5 | 3 | |
| Bredd hela vägen (m): | 7,5 | 7 | 6 | |
| Avstånd från vägmitt: | Ekv: | | | |
| 5m | 67,7 | 67,5 | 67,4 | Som mest 0,3 dBA skillnad |
| 7,5m | 65,4 | 65,4 | 65,4 | <i>Ingen skillnad</i> |
| 10m | 64,2 | 64,2 | 64,2 | <i>Ingen skillnad</i> |
| Avstånd från vägmitt: | Max: | | | |
| 5m | 89,3 | 88,9 | 88,7 | Som mest 0,6 dBA skillnad |
| 7,5m | 84,7 | 84,7 | 84,7 | <i>Ingen sillnad</i> |
| 10m | 82,2 | 82,2 | 82,2 | <i>Ingen sillnad</i> |

Sammanställd beräkningsgång för 30 km/h.

| | | | | |
|---|-------------|------|------|----------------------------------|
| Antag 10 000 f/d varav 10 % tunga fordon | | | | |
| Antag att körfält har samma bredd i båda riktningarna | | | | 30 km/h |
| Bredd ett körfält (m): | 3,75 | 3,5 | 3 | |
| Bredd hela vägen (m): | 7,5 | 7 | 6 | |
| Avstånd från vägmitt: | Ekv: | | | |
| 5m | 66,3 | 66,1 | 66 | Som mest 0,3 dBA skillnad |
| 7,5m | 64 | 64 | 64 | <i>Ingen skillnad</i> |
| 10m | 62,8 | 62,8 | 62,8 | <i>Ingen skillnad</i> |
| Avstånd från vägmitt: | Max: | | | |
| 5m | 89,3 | 88,9 | 88,7 | Som mest 0,6 dBA skillnad |
| 7,5m | 84,7 | 84,7 | 84,7 | <i>Ingen sillnad</i> |
| 10m | 82,2 | 82,2 | 82,2 | <i>Ingen sillnad</i> |