

Thesis 213

Validering av komfortmätning på cykelvägar

Johan Gustafschöld
Carl Ossbahr



Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet

Validering av komfortmätning på cykelvägar

Johan Gustafschöld
Carl Ossbahr

Examensarbete

CODEN:LUTVDG/(TVTT-5180)1-77/2011

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 213

ISSN 1653-1922

Johan Gustafschöld & Carl Ossbahr
Validering av komfortmätning på cykelvägar

2011

Ämnesord:

Drift och underhåll, cykelvägar, profilometermätning, RST-laser, jämnhet, komfortvärde

Referat:

Det har ännu inte gjorts någon jämförelse av de alternativ som idag finns tillgängliga för komfortmätning ur cyklistens perspektiv. Studien syftar därför till att validera två existerande beräkningsmodeller för komfortmätning av cykelvägar baserade på profilometermätning med laser. För att tillgå mätdata har fältundersökningar med mätmetoden även utförts. Resultatet av denna studie uppvisar tämligen starka samband mellan den upplevda komforten respektive underhållsbehovet på delsträckorna och de beräknade komfortvärdena.

English title:

Validation of comfort measurement on bicycle paths

Citeringsanvisning:

Johan Gustafschöld & Carl Ossbahr, Validering av komfortmätning på cykelvägar. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2011. Thesis. 213

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

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

Förord

Examensarbetet *Validering av komfortmätning på cykelvägar* har genomförts under vinterhalvåret 2010/2011 i Malmö. Studien utgör den avslutande delen av civilingenjörsutbildningen Väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola och har utförts vid institutionen för Trafik och Samhälle, avdelning Trafik och väg i nära samarbete med Ramböll RST.

Vi vill tacka Ramböll RST för möjligheten att utföra studien och dess medarbetare, vars handledning, tålmod och trevliga bemötande, underlättat och uppmuntrat författarnas arbete. Utan er vägledning hade denna studie inte kunnat genomföras. Utöver de ovannämnda vill vi även tacka Anna Niska, Leif Sjögren och Mika Gustafsson vid VTI i Linköping som bidragit med material och information vilket bidragit till studiens färdigställande.

Ett särskilt tack vill vi rikta till vår handledare och initiativtagare till studien, Peter Ekdahl på Ramböll RST, som bidragit med idéer, värdefulla synpunkter, stor kunskap samt hjälp med urvalsramen till studien. Vi vill även tacka biträdande handledare, Ebrahim Parhamifar och examinator för studien, Andreas Persson.

Bägge författarna har avseende arbetsuppgifter och arbetstid på lika vis bidragit till studiens färdigställande.

Malmö, den 11 februari 2011

.....
Johan Gustafschöld

.....
Carl Ossbahr

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Det politiska målet att främja cykelanvändandet	1
1.1.2 Behovet av objektiv utvärdering och klassning av cykelvägar	1
1.1.3 Profilometermätning för komfortklassning av cykelvägar.....	3
1.2 Problemformulering	3
1.3 Syfte och mål.....	3
1.4 Avgränsningar	4
1.5 Disposition	4
2 Metod	6
2.1 Val av metod	6
2.2 Litteraturstudie	6
2.3 Fältundersökningens förfarande.....	7
2.4 Kvantitativt material.....	7
2.5 Validering av beräkningsmodeller	7
2.6 Metodkvalitet	7
2.6.1 Reliabilitet och validitet	7
2.6.2 Källkritik	8
2.7 Genomförande.....	9
3 Drift och underhåll på cykelvägar	10
3.1 Olyckor på cykelvägar	10
3.2 Kommunen som väghållare.....	11
3.2.1 Underhållsplanering	11
3.2.2 Uppföljning och kontroll.....	12
3.3 Cykelvägars tillståndsförändringar	12
3.3.1 Ytligt slitage	12
3.3.2 Strukturella förändringar	13
3.3.3 Ingrepp i vägkonstruktionen.....	13
3.3.4 Andra faktorer vid tillståndsförändring av cykelvägar.....	14
3.4 Vad är det vi kan, vill och bör mäta på cykelvägar?	14
3.4.1 Friktion och textur.....	15
3.4.2 Höjdskillnader	16

3.4.3 Jämnhet	16
3.5 Komfortmått på vägar avsedda för motorfordonstrafik.....	19
3.6 Försök till att ur cyklistens perspektiv klassificera cykelvägar.....	21
4 Mätmetoder för tillståndsbedömning av cykelvägar	23
4.1 Subjektiva bedömningsmetoder av cykelvägar.....	23
4.1.1 Manuella okulära besiktningar	23
4.1.2 Underhållsutredningar	24
4.1.3 NCC:s cykelbesiktningar.....	24
4.2 Maskinella mätmetoder för cykelvägar.....	25
4.2.1 Manuella mätmetoder för profilmätning	25
4.2.2 Cykel utrustad med accelerometer	27
4.2.3 Profilometermätning.....	29
4.3 Kompletterande mätparametrar och mätmetoder	31
4.3.1 Tvärfallsmätning	31
4.3.2 Friktionsmätning	31
4.3.3 Texturmätning	32
5 Fältundersökningar och mätdata	33
5.1 Laser RST Portable	33
5.2 Åtgärder och planering inför mätning	35
5.3 Fältundersökningens förfarande.....	35
5.4 Aktuella mätsträckor och mätdata.....	37
5.4.1 Lund - Malmö	38
5.4.2 Lidingö Stad.....	38
5.5 Förberedande bearbetning och tolkning av mätdata.....	39
6 Metod för validering av beräkningsmodeller	43
6.1 Beräkningsmodeller	43
6.1.1 VTI:s beräkningsmodell.....	43
6.1.2 Rambölls beräkningsmodell.....	44
6.2 Formulering av ”sanning”	45
6.2.1 Validering mot komfortupplevelse.....	46
6.2.2 Validering mot underhållsbehov	47
6.3 Val av klassificeringssystem vid validering.....	47
7 Resultat.....	49

7.1 Validering mot komfortupplevelse.....	49
7.1.1 Förklaring till resultatredovisning	49
7.1.2 Tolkning av resultat.....	51
7.1.3 Sammanställning av resultat för hela mätsträckan	54
7.1.4 VTI:s beräkningsmodell i intervall om 50 m	57
7.1.5 Förväntad fördelning vid fiktiv cykelväg.....	58
7.2 Validering mot underhållsbehov	60
8 Diskussion	64
8.1 Kommentarer till respektive beräkningsmodell	64
8.1.1 VTI:s beräkningsmodell.....	64
8.1.2 Rambölls beräkningsmodell.....	64
8.1.3 Sammanfattande reflektion	65
8.2 Diskussion kring data från Göteborg Stad och Dynatest.....	66
8.3 Problemområden utanför studiens syfte	66
8.3.1 Val av sidolägesplacering och problemet med ojämnheter	66
8.3.2 Antal operatörer under mätning	68
8.3.3 Data registrerad som inte helt tillförlitlig	68
8.3.4 Mätning av cykelvägar i stadsmiljö.....	68
8.3.5 Produktionstekniska detaljer - Vad kan vi mäta bra?.....	69
8.3.6 Val av klassificering.....	70
8.3.7 Begreppet komfort.....	71
8.3.8 Förhoppningar kring vidareutveckling av mätmetoden	71
9 Slutsats och rekommendationer	73
10 Referenser	75
10.1 Bibliografier	75
10.2 Elektroniska källor	77
10.3 Normer och föreskrifter.....	77

Sammanfattning

- Titel:** Validering av komfortmätning på cykelvägar
- Författare:** Johan Gustafschöld och Carl Ossbahr
Väg- och Vattenbyggnadsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet
- Handledare:** Peter Ekdahl, *Ramböll RST*

Ebrahim Parhamifar, *Institutionen för Teknik och samhälle, Avdelning Trafik och väg vid Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet*
- Examinator:** Andreas Persson, *Institutionen för Teknik och samhälle, Avdelning Trafik och väg vid Lunds tekniska högskola, Lunds universitet*
- Problemställning:** Kartläggningen av statusen på gång- och cykelvägnätet är idag allt annat än rationell eller systematisk och en förändring måste ske. En objektiv, effektiv och repeterbar mätmetod, likt till exempel profilometermätning, vid tillståndsbedömning av cykelvägar måste därför i större grad börja användas. Detta skulle medföra ekonomiska besparingar för kommunerna och i slutändan höja statusen på cykeln som transportmedel och därmed även öka andelen resor med cykel.
- Det har ännu inte gjorts någon jämförelse av de alternativ som idag finns tillgängliga för komfortmätning ur cyklistens perspektiv. Framförallt två möjliga beräkningsmodeller för komfortmätning av cykelvägar framträder, båda baserade på profilometermätning med laser. Dessa två, för studien aktuella beräkningsmodellerna, är framtagna av VTI (Statens väg och transportforskningsinstitut) respektive Ramböll RST. Det är i denna fas av utvecklingsprocessen intressant att ställa de båda tillvägagångssätten mot varandra. För att kunna gå vidare i arbetet med att anpassa och skapa en gemensam och enhetlig metod för tillståndsbedömning av gång- och cykelvägar behöver de båda beräkningsmodellerna valideras.
- Syfte:** Syftet med examensarbetet är att validera två existerande beräkningsmodeller för komfortmätning av cykelvägar baserade på profilometermätning med laser.
- Metod:** I denna studie har ett deduktivt tillvägagångssätt använts. De empiriska studierna, som i detta arbete huvudsakligen sker genom fältundersökningar, kommer att genomföras inom ramarna för en kvantitativ forskningsmetod. Sambandet mellan cyklisters komfortupplevelse och cykelvägens profil är numeriskt uppmätt och preciserad i beräkningsmodeller.

Slutsatser:

Resultatet av denna studie uppvisar tämligen starka samband mellan den upplevda komforten respektive underhållsbehovet på delsträckorna och de beräknade komfortvärdena. Resultatet visar även hur VTI:s beräkningsmodell är känslig för föremål, som exempelvis löv och kvistar, på cykelvägen. Vidare visar studiens resultat hur VTI:s beräkningsmodell lättare identifierar singulära ojämnheter emedan Rambölls beräkningsmodell lättare identifierar mer utbredda ojämnheter. En samkörning av de båda beräkningmodellerna anses därför kunna identifiera störst andel ojämnheter och rendera det mest tillförlitliga resultatet avseende både komfortupplevelse och underhållsbehov.

Resultat från mätningar mot komfortupplevelse i studien tyder på att Rambölls beräkningsmodell är bättre på att särskilja komfortmässigt bra och komfortmässigt dåliga sträckor åt.

På flera punkter återstår dock fortfarande arbete angående beräkningsmodellernas utformning, dess ingående parametrar och klassificeringssystem. Komfortmätningens syfte bör konkretiseras avseende fokus på cyklistens eller väghållarens perspektiv. Studiens resultat stärker dock förhoppningarna om att subjektiva skadeinventeringar på ett tillförlitligt sätt skulle kunna ersättas eller kompletteras av profilometermätningar.

Nyckelord:

Drift och underhåll, cykelvägar, tillståndsbedömningar, längsprofil, profilometermätning, RST-laser, jämnhet, IRI, komfortupplevelse, underhållsbehov, beräkningsmodeller, komfortvärde

Abstract

- Title:** Validation of comfort measurement on bicycle paths
- Authors:** Johan Gustafschöld and Carl Ossbahr
Department of Civil Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University
- Supervisors:** Peter Ekdahl, *Ramboll RST*

Ebrahim Parhamifar, *Lecturer, Department of Technology and Society, Faculty of Traffic and Roads at Lund Institute of Technology, Lund University*
- Examiner:** Andreas Persson, *Lecturer, Department of Technology and Society, Faculty of Traffic and Roads at Lund Institute of Technology, Lund University*
- Problem:** The current mapping of the pedestrian and bicycle path network status is anything but rational or systematic and a change must occur. The use of an objective, efficient and repeatable method of measurement, like for example profilometer measurement, when determining the condition of bicycle paths, must therefore increase in use. This would result in financial savings for municipalities and ultimately raise the status of the bicycle as a transport and also increase the proportion of transports by bicycle.
- There has not yet been made any comparison of the options that are available today for measuring comfort from the perspective of the cyclist. In particular, two possible models for comfort measurement of cycle paths emerge, both based on profilometer measurement with laser. One of the calculation models is developed by VTI and the other one by Ramböll RST. It is in this phase of the development process interesting to put the two approaches in comparison against each other. In order to move forward in the phase of adapting and creating a unified and consistent methodology for determining the condition of pedestrian and bicycle paths the two calculation methods need to be validated.
- Purpose:** The purpose of the thesis is to validate the two existing models for comfort measurement of cycle paths based on profilometer measurement with laser.
- Method:** A deductive approach was used in this study. Empirical studies, as in this work is mainly done by field surveys, will be implemented within the framework of a quantitative research method. The relationship between

experience of comfort from a cyclist point of view and road cycling profile is numerically measured and precised in modeling.

Conclusions:

The results demonstrate fairly strong connection between the perceived comfort and maintenance and the calculated comfort values. The results of the study also show how the calculation model developed by VTI is sensitive to objects, such as leaves and twigs, on the bike path. Further, the results of the study show how the calculation model made by VTI more easily identify singular unevenness and the calculation model developed by Ramboll more easily identifies more widespread unevenness. A combination of the two calculation models are therefore able to identify the highest percentage of bumps and render the most reliable results with regard to both comfort experience and maintenance needs.

Results from measurements of comfort experience in the study suggest that calculation model developed by Ramboll is better at distinguishing good in terms of comfort and convenience in terms of poor access routes.

However, work still remains at several points regarding the calculation model and in its parameters and classification. The comfort measurement should be focused on either perspective of the rider or the road authority's perspective. The results of this thesis strengthen the hope of that a subjective analysis of the road status could, in a reliable manner, be replaced or supplemented by profilometer measurement.

Keywords:

Operation and maintenance, bicycle paths, state assessments, along the profile, profilometer measurement, RST-laser, smoothness, IRI, comfort, experience, maintenance requirements, modeling, comfort value.

1 Inledning

Detta kapitel redogör för bakgrund och förutsättningar till ämnet samt de frågor som ligger till grund för examensarbetet. Syfte, målsättningar och avgränsningar för studien formuleras och presenteras. Avsikten är att ge läsaren en inblick i de problem som behandlas i rapporten.

1.1 Bakgrund

1.1.1 Det politiska målet att främja cykelanvändandet

Det råder idag inget tvivel om att ett ökat cyklande måste främjas för att ett långsiktigt hållbart transportsystem och samhälle skall kunna åstadkommas. En ökad andel cykeltrafik medför en förbättrad folkhälsa, minskad miljöpåverkan och en bättre trafiksituation. Arbetet med att göra cykeln till ett attraktivt och konkurrenskraftigt färdmedel är således en prioriterad och angelägen fråga. Detta syns idag både på nationell som regional nivå. Cykel finns nu till exempel för första gången med i riksdagens åtgärdsplanering, gällande för infrastrukturen år 2010-2021 (Riksdagen, 2009). Trafikverket har även tagit fram en nationell cykelstrategi som antogs år 2000 med målet att bland annat öka andelen cykeltrafik med en tredjedel (Vägverket, 2000). 2007 föreslog även Trafikverket i en gemensam skrivelse tillsammans med NUTEK (Verket för näringslivsutveckling, numera Tillväxtverket) och dåvarande Banverket att 500 mkr av de statliga medlen årligen borde satsas på cykelinfrastruktur. Detta är goda exempel på hur man nu på allvar försöker integrera cykeltrafiken i helhetsplaneringen av Sveriges infrastruktur.

I Trafikverkets Nationell strategi för ökad och säker cykeltrafik definieras en kort resa som en resa upp till fem kilometer. Omkring hälften av alla bilresor beräknas idag vara kortare än fem kilometer. Ser man endast till tätortstrafik är hela 70-80 % av alla resor med bil till och med kortare än tre till fyra kilometer. Samtidigt är drygt 90 % av alla resor med cykel, fem kilometer eller kortare. Potentialen för att kunna överföra trafik från bil till cykel är därför mycket stor (Vägverket, 2000).

1.1.2 Behovet av objektiv utvärdering och klassning av cykelvägar

Den huvudsakliga cykelinfrastrukturen finns på lokal nivå, det vill säga i kommunerna. Omkring 31 000 km av Sveriges gång- och cykelvägar ligger idag under kommunalt ansvar (SKL, 2003). I PBL (Plan- och bygglagen) står skrivet att kommunen ska underhålla gator som kommunen är huvudman för i detaljplanelagt område. Anslagen till skötseln av gatunätet sjönk kraftigt under 1990-talet då fler och fler vägar gick över från statligt till kommunalt ansvar samtidigt som stora kommunala nedskärningarna genomfördes. Detta fick således konsekvenser för drift- och underhållsbudgeten som drabbades hårdare än andra verksamheter. Framförallt påverkades den största posten, vägyteunderhåll (SKL, 1998). Idag skiljer sig prioriteringen av drift och underhåll för gång- och cykelvägnätet åt mellan kommunerna och posten ryms inte sällan inom samma budgetblock som till exempel vinterväghållning och åtgärder för övriga väg- och gatunätet (Niska, 2006).

Individer såväl som företag ställer idag stora krav på infrastrukturen. Man skall kunna färdas säkert, komfortabelt och miljövänligt. En infrastruktur med hög kvalitet är därför en viktig konkurrenskraft för kommunerna. Gällande lagar och föreskrifter i Sverige säger inte något om

vilka kvalitetskrav man ska ställa på underhållet utan det beror i regel av den kommunala ekonomin. För att skapa ett attraktivt cykelvägnät krävs utöver nya och väl planerade cykelvägar även att det befintliga cykelvägnätet ses över och förbättras. För att cykelvägnätet skall bibehålla sin funktion och fylla sin uppgift under hela dess livslängd krävs ett bra och regelbundet underhåll. Trafikverket uppskattade redan år 2000 investeringskostnaderna för att åstadkomma ett gång- och cykelnät med höga krav på både säkerhet och tillgänglighet till drygt 10 miljarder kr för alla orter med mer än 20 000 invånare (Vägverket, 2000). Om inte underhållet av cykelvägnätet efterlevs ordentligt och de förebyggande åtgärder som krävs åsidosätts, kan kostnaderna i många fall mångdubblas ju senare skadorna upptäcks eller väljs åt gårdas. Detta samtidigt som kvaliteten även riskerar att snabbt sjunka (SKL, 1998).

Då någon form av skadeinventering är aktuellt inom kommunen rör det sig oftast om manuella okulärbesiktningar, vanligen utförda från bil. Genom att utföra en omfattande manuell okulärbesiktning av sitt gång- och cykelvägnät kan kommunen kartlägga kvaliteten och brister i beläggning och vägyta. Denna kartläggning fungerar sedan som underlag för drift- och underhållsbehov samt planering och prioritering av förbättringsåtgärder för gång- och cykelvägnätet. Okulärbesiktningar kan erbjuda mycket information och är ett viktigt underlag för dagens drift- och underhållsplanering men är varken särskilt tidseffektiva eller objektiva. Subjektiva utvärderingar och klassningar har lett till att kvaliteten många gånger skiljer sig markant åt mellan olika gång- och cykelvägar (Niska & Sjögren, 2007).

Manuella okulärbesiktningar genomförs således trots att det i Sverige idag inte finns några gällande krav eller regler för underhållet av cykelvägnäten. De funktionskrav som finns att tillgå baseras på kraven för bilvägar och inte utifrån cyklistens perspektiv. Detsamma gäller för de flesta av de metoder för tillståndsbedömning av vägar som finns att tillgå. Antingen är dessa för dåliga på att återspegla cyklisternas förutsättningar och upplevelse eller så är nödvändig mätutrustning för tung för att kunna beträda gång- och cykelvägen. Tillgängliga lättviktsutrustningar som istället skulle kunna vara ett alternativ är alla handdrivna och därmed tids- och resurskrävande. Eftersom det inte heller finns någon gemensam, uppsatt standard för okulärbesiktningar, eller för övriga mindre vanligt förekommande mättekniker, finns även ännu ingen entydig resultatvisning. Beställaren vet därför sällan vad denne får eller kan ställa för krav på den beställda tjänsten (Niska & Sjögren, 2007).

Majoriteten av alla olyckor på cykelvägar utgörs av singelolyckor. Studier visar att omkring hälften av dessa olyckor orsakas av faktorer kopplade till vägmiljön (Niska & Thulin, 2009). Cyklister är betydligt mer utsatta för ojämnheter än vad bilister är och det finns ett klart samband mellan vägytans kondition och cyklisternas uppfattning av cykelvänligheten på cykelvägen. Cyklister föredrar en jämn, slät och väl rengjord vägyta med tillfredställande friktion. Utöver faktorer som faktisk och upplevd olycksrisk samt rullmotstånd är således komfort en viktig parameter för cyklisten. Komfort är ett brett begrepp men syftar framförallt på den allmänna upplevelsen av att cykla en viss sträcka med en viss vägyta. För vägar och gator avsedda för motorfordonstrafik finns idag flera olika modeller avsedda för att behandla hur bilistens åkkomfort påverkas av vägens utseende och ojämnheter. Några sådana modeller för cyklister är dock betydligt ovanligare. Ett komfortvärde helt ur cyklistens perspektiv skulle återspegla dennes förutsättningar och upplevelse av vägmiljön och på så sätt möjliggöra

ytterligare värderingar av cykelvägars standard i förhållande till hur de faktiskt upplevs av sina brukare (Niska & Sjögren, 2007).

1.1.3 Profilometermätning för komfortklassning av cykelvägar

Ett alternativ, eller komplement, till manuella okulära besiktningar är profilometermätning, vilket är en typ av jämnhetsmätning. Metodiken grundar sig i att man med en bil utrustad med laserprofilometer mäter längsprofilen för cykelvägen. Erhållen längsprofil ligger sedan till grund för beräkning av ett komfortvärde, vilket är ett mått på hur vägytan faktiskt upplevs av cyklisten. Därmed ger mätmetoden ett mått som inte enbart beskriver gång- och cykelvägens tekniska livslängd utan istället är relaterat till cyklistens upplevelse.

1.2 Problemformulering

För att uppnå en rationell och systematisk kartläggning av statusen på gång- och cykelvägnät krävs förändring. Användningen av en objektiv, effektiv och repeterbar mätmetod, likt till exempel profilometermätning, vid tillståndsbedömning av cykelvägar skulle medföra ekonomiska besparingar för kommunerna och i slutändan höja statusen på cykeln som transportmedel och därmed även öka andelen resor med cykel. Något som skulle innebära ett steg i rätt riktning mot ett mer långsiktigt hållbart transportsystem och samhälle samt en förbättrad folkhälsa. En stor utmaning är därför nu att lyckas anpassa, skapa och i framtiden även implementera en gemensam metod för komfortmätning med beräkningsmodell som gör det möjligt att mäta och uttrycka krav och behov på ett entydigt sätt ur cyklistens perspektiv.

Det har ännu inte gjorts någon jämförelse av de alternativ som idag finns tillgängliga för komfortmätning ur cyklistens perspektiv. Framförallt två möjliga beräkningsmodeller för komfortmätning av cykelvägar framträder, båda baserade på profilometermätning med laser. Dessa två, för studien aktuella beräkningsmodellerna, är framtagna av VTI (Statens väg och transportforskningsinstitut) respektive Ramböll RST. Det är i denna fas av utvecklingsprocessen intressant att ställa de båda tillvägagångssätten mot varandra. För att kunna gå vidare i arbetet med att anpassa och skapa en gemensam och enhetlig metod för tillståndsbedömning av gång- och cykelvägar behöver de båda beräkningsmodellerna valideras. Funktionskrav skall fastställas, olika skillnader åskådliggöras och styrkor samt svagheter hos respektive modell belysas. Eventuella förändringar kan även behöva genomföras eftersom båda modellerna är under utveckling. Resultat erhållet från de båda beräkningsmodellerna bör även jämföras mot resultat erhållet från andra mätmetoder.

1.3 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är att validera två existerande beräkningsmodeller för komfortmätning av cykelvägar baserade på profilometermätning med laser. Examensarbetet har följande målsättning:

- Belysa styrkor och svagheter med de två beräkningsmodellerna samt föreslå eventuella förändringar.

1.4 Avgränsningar

Denna studie är genomförd inom ramen av ett examensarbete, vilket motsvarar 30 högskolepoäng under en tidsperiod om 20 veckors heltidsstudier. Nedan angivna avgränsningar för arbetet är därför i viss mån valda med hänsyn till denna relativt sett korta tidsperiod.

Studien syftar inte till att ta fram eller utveckla någon ny beräkningsmodell utan avser endast att validera två existerande beräkningsmodeller avseende komfortmätning på cykelväg, baserade på profilometermätning med laser. Studien syftar inte till att presentera något färdigt koncept för resultatvisning, ej heller till att föreslå specifika underhållsåtgärder eller jämföra sannolika följder beroende på val av åtgärd. Resultat och mätdata från tidigare utförda mätningar, av företaget Ramböll, har även beaktats i studien och används vid arbetet med att validera de två beräkningsmodellerna. Frågor kring säkerhet, olycksrisker etcetera undersöks endast inom den teoretiska referensramen. Studien avser heller inte att undersöka huruvida faktorer likt till exempel väderförhållande, cyklisters olika fysiologi eller däckens lufttryck påverkar komfortupplevelsen för cyklisten.

Mätfordon och samtlig mätutrustning har ställs till förfogande av Ramböll RST vilket innebär att ingen ny mätutrustning skall utvecklas för denna studie. Fältmätningar avses att, till följd av studiens korta tidsram, genomföras någon gång mellan den 8 och 26 november 2010, under förutsättning att även väderförhållandena är lämpliga. Fokus skall ligga på cykelvägens funktionella tillstånd emedan dess tekniska tillstånd i större grad bedöms manuellt genom okulär besiktning.

1.5 Disposition

Rapporten har följande kapitelstruktur:

1. Inledning
2. Metod
3. Drift och underhåll på cykelvägar
4. Mätmetoder för tillståndsbedömning av cykelvägar
5. Fältundersökningar och mätdata
6. Metod för validering av beräkningsmodeller
7. Resultat
8. Diskussion
9. Slutsats och rekommendationer

Kapitel 1 beskriver uppkomsten och syftet med rapporten samt avgränsningar i arbetet. I kapitel 2 följer en metodbeskrivning för att nå ett resultat som svarar på rapportens syfte. Avsikten är att beskriva allt som har med studiens praktiska genomförande att göra. Därefter följer, i kapitel 3 och kapitel 4, en litteraturstudie av ämnesområdet, vilken ligger till grund för analysen av studien. Principerna och förfarandet för den genomförda fältundersökningen samt erhållna mätdata presenteras i kapitel 5. I kapitel 6 beskrivs tillvägagångssättet för valideringen av de

Inledning

båda beräkningsmodellerna. Därefter presenteras och tolkas det från fältundersökningen erhållna resultatet i kapitel 7 för att sedan diskuteras tillsammans med övriga problemområden i kapitel 8. Studiens slutsatser och rekommendationer för eventuella vidare studier står slutligen att finna i kapitel 9.

2 Metod

Detta kapitel redovisar för vilka metod- och metodikval som valts att tillämpas under studien samt deras kvalitet. Avsikten är att beskriva allt som har att göra med studiens praktiska genomförande.

2.1 Val av metod

Valet av tillvägagångssätt och forskningsmetod görs utifrån den problemformulering och det syfte studien har. För att kunna åstadkomma en teori och slutsats som ger en så riktig bild av verkligheten som möjligt måste teori och empiri kunna relateras. Begreppet empiri kan översättas med erfarenhet och dess vetenskap kan således säga sig grundas på observationer av verkligheten eller information om praktiska eller faktiska förhållanden (Eriksson & Wiedersheim-Paul, 2006). I denna studie har ett deduktivt tillvägagångssätt använts. Det karakteriseras av att redan existerande teorier och allmänna principer ligger till grund för de empiriska studierna och därmed även till hur slutsatserna relateras till de befintliga teorierna (Patel & Davidson, 2003).

Valet av forskningsmetod är viktigt för att på bästa möjliga vis kunna frambringa önskat resultat. Kvalitativ och kvantitativ forskning syftar vanligen till att beskriva den typ av forskning som bedrivs, hur insamlad information genereras, bearbetas och analyseras. Vid kvalitativt inriktad forskning ligger fokus på så kallad mjuk data från till exempel intervjuer etcetera (Patel & Davidson, 2003). Kvalitativa undersökningar karakteriseras av att man är mer intresserad av vad som egentligen händer och innebörden av denna företeelse snarare än av resultat och produkt (Merriam, 1994).

De empiriska studierna, som i detta arbete huvudsakligen sker genom fältundersökningar, kommer att genomföras inom ramarna för en kvantitativ forskningsmetod. Sambandet mellan cyklisters komfortupplevelse och cykelvägens profil är numeriskt uppmätt och preciserad i beräkningsmodeller. Kvantitativ forskning karakteriseras således av forskning som medför mätning av en större mängd kvantifierbar och empirisk data vilken följs av statistiska bearbetnings- och analysmetoder (Patel & Davidson, 2003). I kvantitativa forskningsmetoder vill man undersöka och pröva utvecklade hypoteser snarare än att generera nya (Holme & Solvang, 1997).

2.2 Litteraturstudie

En litteraturstudie genomfördes med avsikten att ge en djupare förståelse av ämnesområdet för studien och för olika former av mätningar på cykelvägar. Utifrån denna kunskapsöversikt erhöles således en bakgrund till studien vilken ligger till grund för samt utgör språngbräda för de följande faserna av arbetet.

För att underlätta informationssökningen identifierades inledningsvis termer och begrepp. Nedan följer en förteckning av de nyckelord som främst användes i olika kombinationer under litteratursökningen: Tillståndsbedömning, okulär besiktning, skadeinventering, drift- och

underhållsåtgärder, komfortupplevelse, komfortvärde, IRI (International Roughness Index), jämnhet, textur, friktion, RST-laser, jämnhetsmätning, profilmätning, profilometermätning, cyklisterna och trafikantupplevelse.

Litteratursökningen genomfördes främst vid Lunds universitets litteraturlösa LOVISA, bibliotekskatalogen TRAX vid VTI, publikationsdatabasen på SKL (Sveriges Kommuner och Landsting) samt transportsforskningsdatabasen Transguide. Litteratur erhöles även från sakkunniga vid Ramböll RST i Malmö samt från avdelningen Trafik och väg vid institutionen för Teknik och samhälle vid Lunds tekniska högskola. För att erhålla en bred kunskapsöversikt men samtidigt inte gå miste om de allra senaste rönen valdes såväl böcker och facklitteratur som rapporter och artiklar nyligen publicerade i vetenskapliga tidskrifter att tagas i beaktande under litteraturstudien. Samtliga referenser som har valts att användas under arbetet med detta examensarbete finns angivna i referensförteckningen i slutet av rapporten.

2.3 Fältundersökningens förfarande

För att validera de två beräkningsmodellerna utvecklade av Ramböll och VTI skall, inom den empiriska studien av rapporten, fältundersökningar genomföras. Fältundersökningarna baseras på profilometermätning med laser. Med erhållen mätdata beräknas sambandet mellan cyklisternas komfortupplevelse och cykelvägens profil med respektive modell. För mer ingående redogörelse av fältundersökningens principer och förfarande, se kapitel 5.

2.4 Kvantitativt material

Det kvantitativa materialet i studien utgörs av mätdata som uppmäts, registreras och lagras under studiens fältundersökningar. För att öka underlaget för validering kompletteras erhållen mätdata från fältundersökningar även med data och resultat från andra, tidigare utförda mätningar. Dessa mätningar är utförda i Lidingö av företaget Ramböll RST och i Göteborg av företagen Dynatest och NCC.

2.5 Validering av beräkningsmodeller

Beräkningsmodellerna valideras med hjälp av erhållen mätdata från utförda fältmätningarna samt med data och resultat från tidigare utförda mätningar. Beräknade komfortvärden analyseras och jämförs på olika vis med bedömningar av den upplevda komforten. En analys av överensstämmelsen mellan beräknad komfort och underhållsbehov genomförs även.

2.6 Metodkvalitet

2.6.1 Reliabilitet och validitet

En mycket viktig del i ett arbete likt detta är att resultatet av undersökningen kan upprepas. Ett mått på denna tillförlitlighet i datainsamlingen och analysfasen är, med avseende på slumpmässiga variationer, reliabilitet (Höst et al., 2006). Ett än större problem vid arbetet med kvantitativa metoder är i vilken mån resultatet faktiskt överensstämmer med verkligheten. Begreppet validitet, eller riktighet, definierar detta, det vill säga hur väl man mäter det man avser att mäta (Patel och Davidson, 2003).

För att uppnå en god reliabilitet i arbetet har datainsamlingen utförts enligt Ramböll RST:s rutiner för mätning med Laser RST. Flera olika mätsträckor har ingått i mätningarna och varje mätsträcka har även mätts under flera mättrundor. Samtliga mättrundor genomfördes under lika förhållanden och förutsättningar beträffande bland annat väder etcetera. Vid samtliga mätningar har även båda författarna deltagit. De erhållna resultaten korrelerades med andra tidigare genomförda mätundersökningar för att ytterligare kunna fastställa dess reliabilitet. De statistiska metoderna i analysfasen bidrar även till att ytterligare öka studiens reliabilitet.

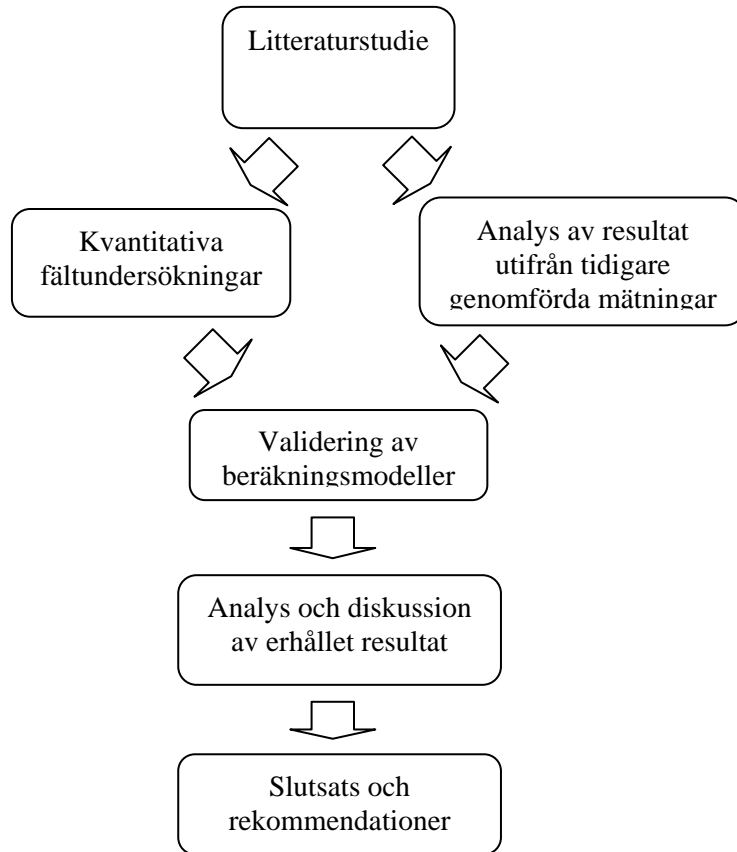
En god validitet uppnås genom kontinuerlig och kritisk prövning samt genom hög noggrannhet vid bearbetning av materialet. För att säkerställa detta har till exempel mätsystem och mätinstrument kalibrerats inför varje mätning och samtliga erhållna resultat har dokumenterats och analyserats utförligt. Faktorer som inte har ingått i studien har i så stor mån hållits på en konstant nivå.

2.6.2 Källkritik

Vid källkritik bedöms och värderas den insamlade informationen för att kunna avgöra vad som är acceptabelt att arbeta vidare med. Syftet är att avgöra huruvida källan mäter det den utger sig för att mäta, är fri från systematiska avvikelser samt är relevant och väsentlig för frågeställningen (Eriksson & Wiedersheim-Paul, 2006). Olika källor har även olika trovärdighet. Att ifrågasätta en källas trovärdighet är centralt i alla undersökande och problemlösande arbeten som genomförs på ett vetenskapligt vis (Höst et al., 2006). Genom att utgå från de ovannämnda förhållandena kan, utifrån individuell uppfattning och erfarenhet samt med en god etik som föredöme, ett urval av relevant information göras.

2.7 Genomförande

I Figur 2.1 nedan åskådliggörs en schematisk beskrivning av arbetsgången för examensarbetet.



Figur 2.1 Schematisk beskrivning av arbetsgången för examensarbetet.

Med avsikten att ge en djupare förståelse av ämnesområdet för studien och för olika former av mätningar på cykelvägar genomförs inledningsvis en litteraturstudie. Här studeras relevant material och tidigare forskning med utgångspunkt från examensarbetets syfte. Denna kunskapsöversikt ger en bakgrund till studien och ligger till grund för samt utgör en språngbräda för de följande faserna av arbetet. För att erhålla en mer konkret bild av de två aktuella beräkningsmodellerna för jämnhetsmätning och för att kunna validera samt jämföra dessa genomförs en fältundersökning. Insamlad data från utförda fältundersökningar kompletteras även med mätdata och resultat från andra, tidigare utförda mätningar. All information från den empiriska studien utvärderas och en validering och jämförelse av de två beräkningsmodellerna utförs. Resultatet av valideringen analyseras och diskuteras för att därefter slutligen sammanfattas i en slutsats om mätmetoden och beräkningsmodellerna.

3 Drift och underhåll på cykelvägar

Detta kapitel avser att ge en övergripande bild av ämnet för studien. Här beskrivs bland annat drift- och underhållsarbetet i kommuner, skador och ojämnheter på cykelvägar samt cyklistens förutsättningar och perspektiv.

3.1 Olyckor på cykelvägar

Varje år dödas ett 30-tal cyklister i trafiken och 300 skadas svårt (Wallberg et al., 2010). Singelolyckan är den vanligaste olyckstypen vilken utgör 72 % av de 5 000 cykelolyckor som kräver sjukhusvård varje år (Vägverket, 2000). Även med hänsyn till olyckans svårighetsgrad dominerar singelolyckor, det är således vanligare att cyklister skadas sig svårt vid singelolyckor än vid olyckor där till exempel motorfordon är inblandade. Då statistiken är baserad på olyckor endast registrerade vid myndighet finns säkerligen även ett relativt stort mörkertal eftersom majoriteten av incidenter på cykel leder till lindrigare skador som sällan väljs att anmälas (Niska, 2009). Undersökningar från flera landsting visar att bortfallet i de polisrapporterade olyckorna är stort. En uppskattning av det verkliga antalet skadade cyklister pekar mot att omkring 40 000 cyklister skadas varje år, med andra ord syns bara drygt 10 % av det verkliga antalet cykelolyckor i statistiken (Vägverket, 2000).

Monika Berntman och Birgit Modén beräknade år 1996, i en medicinsk uppföljning av trafikskadade två år efter olyckan, kostnaderna för en genomsnittlig cykelolycka till 21 000 kr. Summan inkluderade kostnader för sjukhusvård och arbetsfrånvaro och undantag gjordes för de olyckor som skett i korsning med körbanan (Berntman & Modén, 1996). Endast för de 5 000 sjukhusregistrerade fallen blir således kostnaden ansenlig och då finns ännu heller inga uppskattningar av kostnaden för det stora, verkliga antalet cykelolyckor.

Snö- och ishalka är den dominerande orsaken till singelolyckor under vintermånaderna och halka på grund av löst grus, den vanligaste olycksorsaken till singelolyckor under vårperioden. Detta visar på den betydelse, skötseln av cykelvägar har för cyklisters säkerhet. Valet av utformningen på cykelvägen syns även som en bidragande orsak i olyckstatistiken. En vanligt förekommande olycksorsak är till exempel förekomsten av ofasade väg- eller trottoarkanter. Dessa är för cyklisten lätta att köra mot eller över med påföljden att man lätt kan cykla omkull och skada sig. Ytterligare faktorer som förorsakar singelolyckor på cykelvägar är fasta objekt på eller vid cykelvägen samt vägytans jämnhet (Niska & Thulin, 2009). Det finns för närvarande endast ett fåtal studier av just vägytans betydelse för trafiksäkerheten. Dessa studier visar emellertid på hur vägmiljöfaktorer spelar en betydande roll vid nästan hälften av de singelolyckor som sker på cykelvägar (Niska & Sjögren, 2007). Det är även viktigt att cykeltrafiken hålls separerad från motorfordonstrafik och att utrymme finns för att kunna hålla tillräckligt avstånd från exempelvis parkerade bilar etcetera (Wallberg et al., 2010).

3.2 Kommunen som väghållare

I Plan- och bygglagen (PBL) står skrivet att det är kommunen som har drift- och underhållsansvaret för de vägar och gator som kommunen är huvudman för i detaljplanlagt område (SKL, 1998). År 2002 innebar detta att de svenska kommunerna hade ansvaret för 31 900 km gång- och cykelväg (SKL, 2003). Med drift avses den skötsel som krävs för att en anläggning ständigt ska vara tillgänglig och kunna användas av dess brukare, detta inkluderar till exempel snöröjning och halkbekämpning. Med underhåll avses den skötsel och reparationer som syftar till att bibehålla anläggningens funktion under hela dess livslängd, till exempel lagning av beläggningsskador etcetera. Lagen säger dock inget om vilka kvalitetskrav som ska ställas på driften eller underhållet av gång- och cykelvägar. De regelverk och kravspecifikationer som idag finns grundar sig helt på mätmetoder för vägar avsedda för motorfordonstrafik och de funktionskrav som finns att tillgå baseras således på kraven för bilvägar och inte utifrån cyklistens perspektiv (SKL, 1998).

I VVK Väg (Vägverkets krav väg) finns gällande krav för dimensionering och utformning av gång- och cykelvägar att finna. Dimensioneringen styrs dock på kommunal nivå och det är således upp till varje enskild kommun att välja vilka riktlinjer som skall följas. Kostnadseffektiviteten i kommunernas väghållningsarbete kan i vissa fall ifrågasättas då till exempel deras standardkrav fortfarande många gånger baseras på dimensionering för motorfordonstrafik. Förutsättningarna för att kunna genomföra ett kostnadseffektivt drift- och underhållsarbete är att vägarna har dimensionerats enligt gällande anvisningar, utförts med god kvalitet samt att de inte trafikeras av tyngre trafik än vad de dimensionerats för (Wallberg et al., 2010).

3.2.1 Underhållsplanering

Cykelvägarnas tillstånd och behov av underhåll varierar mellan Sveriges kommuner. En långsiktig planering av drift och underhåll och att inneha goda kunskaper om den rådande kvaliteten på cykelvägnätet är mycket viktigt. Denna information utgör bland annat underlag för att ge besked om konsekvenserna för den kommunala ekonomin, trafikanterna och samhället i övrigt av alternativa budgetfördelningar för gatuvården och trafikantomsorgen. Det handlar om att spara resurser genom att skaffa sig bra beslutsunderlag (SKL, 1998). Det förekommer ibland idag att det inte finns tillräckligt med pengar till att åtgärda de brister som upptäcks i kommunernas cykelvägnät (Niska, 2006). Dessa fall kan liknas vid en neråtgående spiral där ännu större underhållskostnader kommer att krävas nästkommande år, något som sänker det aktuella cykelvägnätets standard och medför att de pengar som trots allt satsas inte kommer till effektiv användning.

För att erhålla en god överblick över beläggningsstandarden är tillståndbedömningar ett viktigt underlag. Att ha beläggningsstandarden kartlagd på ett tillfredställande vis möjliggör en planering och prioritering av förbättringsåtgärder. Omfattande inventeringar av cykelvägnätets tillstånd bör förslagsvis genomföras under intervall om 5 år, där olika valda delar av det aktuella nätet inventeras varje år. Kommunen bör således ha ett rullande program uppsatt för inventering av cykelvägnätet. Utifrån tillståndsbedomningen kan en åtgärdsplan inför kommande verksamhetsår arbetas fram. Som underlag till drift- och underhållsplaneringen ligger även

trafikskadeanalyser och trafikflödesmätningar. Med strategiska och väl planerade underhållsåtgärder kan således pengar sparas utan att kostnaderna för väghållaren nödvändigtvis ökar eller vägstandarden sjunker (Wallberg et al., 2010).

Underhåll av cykelvägar kan utföras antingen efter behov eller efter fastlagda program. De tillståndskrav som styr åtgärdsplaneringen skall fungera så att brister som kan innebära fara för trafikanterna åtgärdas omgående emedan brister som endast påverkar komfort och framkomlighet kan tillåtas dröja något. Tätning av sprickor och lagning av potthål är typiska åtgärder på cykelvägar som bör genomföras omgående eftersom dessa skador annars utgör en väsentlig säkerhetsrisk för cyklisterna (Wallberg et al., 2010).

3.2.2 Uppföljning och kontroll

För att kunna granska att genomförda drift- och underhållsåtgärder fyller sitt syfte och att cykelvägnätet faktiskt håller förväntad standard är det viktigt med uppföljning och kontroll. Kontrollerna ska dokumenteras och även kunna fungera som utvärdering av hur entreprenörer uppfyller överenskomna standardkrav. Eftersom kontrollresurserna ofta är mycket begränsade i kommunerna är "allmänhetens ögon" ett vanligt förekommande instrument för att få information om var brister finns. Detta kan ske genom att det till exempel finns ett särskilt telefonnummer eller e-mailadress kopplad till kommunens kundtjänst till vilka allmänheten kan bidra med sina synpunkter (Wallberg et al., 2010).

3.3 Cykelvägars tillståndsförändringar

I alla former av vägkonstruktioner startar, vare sig det rör sig om en nybyggd eller nyligen åtgärdad väg, en kontinuerlig, naturlig och oundviklig nedbrytningsprocess då vägen tas i bruk. Vid nybyggnad av gång- och cykelvägar är, precis som för övriga typer av gator och vägar, ett vanligt problem under vägens första levnadsår, ojämnheter orsakade av sättningar. Sättningarna kan bero på besvärliga grundförhållanden, förändringar av grundvattennivån eller bristande kvalitet vid byggandet (Wågberg 2000). Utöver dessa sättningar styrs även nedbrytningsprocessen i huvudsak av ett antal olika trafik- och miljöfaktorer. För gång- och cykelvägar, som hör till lågtrafikerade gator och vägar, härrörs dessa faktorer främst till beläggningsens åldrande och klimatet. De vanligast förekommande skadorna och defekterna, som på olika sätt verkar nedbrytande på gång- och cykelvägen, kan delas upp enligt följande tre processer: ytligt slitage, strukturella förändringar samt ingrepp i vägkonstruktion (Wågberg, 2003).

3.3.1 Ytligt slitage

Eftersom gång- och cykelvägar inte påverkas av användningen av dubbdäck eller förekomst av tung trafik är det ytliga slitaget huvudsakligen relaterat till effekter av beläggningsens åldringsegenskaper. Dessa åldringsegenskaper uppkommer i regel efter omkring 15-25 år och bestäms utifrån bituminets egenskaper samt genom den negativa påverkan vatten har på bindningen mellan bitumen och stenytor (Wågberg, 2003). En åldrad beläggning karakteriseras av att fingraderat material (0-2 mm) och bitumen släpper från ytan vilket gör beläggningsens yta bindemedelsfattig, porig och vattengenomsläpplig. Med tiden leder detta faktum även till att

grövre fraktioner i beläggningen separeras från ytan. Detta kan i sin tur ge upphov till att djupa pottformade hål uppträder i beläggningen (Wågberg, 2000). Håligheter av varierande grad är varken ur säkerhetssynpunkt eller av komfort- och framkomlighetsmässiga skäl särskilt bra, sett ur cyklistens perspektiv. Stensläpp på cykelvägen ökar även risken för stenskott, punktering etcetera.

3.3.2 Strukturella förändringar

De skador och defekter som uppkommer genom strukturella förändringar i gång- och cykelvägen orsakas främst av klimatberoende faktorer. Detta yttrar sig i form av tvärgående sprickor och tjälsprickor eller tjälskador (Wågberg, 2003). Som namnet antyder sträcker sig tvärgående sprickor över hela gång- och cykelvägens bredd. En vanlig orsak till dess uppkomst på gång- och cykelvägar är de temperaturberoende krympningar som uppkommer i asfaltkonstruktionen under vintertid. En annan möjlig orsak är om undergrundsmaterialet består av moigt material som sväller och krymper (Wågberg, 2003). Sprickorna leder till att ytvatten kan tränga ned i vägkonstruktionens obundna lager och urlaka gång- och cykelvägen (Wågberg, 2000).

Tjälsprickor uppträder ofta som längsgående sprickor, vilka är både breda och djupa. De uppkommer i regel i samband med ojämna tjällyftningar och vid tjällossning som ger upphov till så pass stora rörelser och påkänningar i väggkroppen att sprickor uppstår. Ojämn tjällyftning kan uppstå om det tjälfarliga undergrundsmaterialet har varierande egenskaper eller om vatteninnehållet varierar. Vid tjällossningen smälter de islinser i undergrundsmaterialet, som under tjälningen ökat i volym, vilket medför att de obundna materialen i väggkroppen blir övermättade med vatten och bärighetsförmågan avsevärt reduceras. På gång- och cykelvägar, som är relativt smala, uppstår i regel sprickorna längst ut vid respektive väggkant. Detta gör det möjligt för ytvatten att tränga ned i vägkonstruktionens obundna lager och urlaka gång- och cykelvägen. Då beläggningsslagret på gång- och cykelvägar också är relativt tunt uppstår ofta sido- och krackeleringssprickor i anslutning till den ursprungliga tjälsprickan (Wågberg, 2003). Skador uppkomna av strukturella förändringar har en negativ inverkan på komfort och framkomlighet för cyklister. I större omfattning kan de även direkt påverka säkerheten för cyklisten.

Ojämna tjällyftningar ger även upphov till skador i form av ojämnheter, en skada som är särskilt vanlig på det lågtrafikerade väg- och gatunätet där förekomsten av trummor eller andra va-installationer i vägavsnittet är vanlig (Wågberg, 2003).

3.3.3 Ingrepp i vägkonstruktionen

Vid olika åtgärder i, eller vid utbyggnad av, exempelvis stadens fjärrvärme- eller bredbandsnät är den negativa effekten av dessa ingrepp i väggkroppen ett mycket stort problem. För det lågtrafikerade gång- och cykelvägnät, som ofta är det som berörs av dessa åtgärder, är följder av dessa ingrepp den vanligaste anledningen till en förkortad livslängd och tidigare underhållsåtgärder. Även om ingreppen genomförs och återställs mycket noggrant förkortas likväl livslängden avsevärt (Wågberg, 2003). Skador uppkommer ofta i anslutning till de lagade och lappade ytorna efter de genomförda ingreppen i gång- och cykelvägen. För det mesta uppstår skadorna i en dålig fog mellan den gamla beläggningen och lagningen. Dessa skador

kan sedan utvecklas till omfattande sprickbildning, krackelering och slaghål (Wågberg, 2000). I praktiken är noggrannheten vid återställningsarbeten sällan tillräckligt god och det kan även dröja lång tid innan den avgrävda cykelvägen åtgärdas. Avgrävda cykelvägar och lappningar är ett, ur komfort-, framkomlighets- och säkerhetsmässigt perspektiv, stort problem för cyklister och något som gör cykeln till ett mindre attraktivt färdmedelsval.

3.3.4 Andra faktorer vid tillståndsförändring av cykelvägar

Andra tillståndsförändringar av vikt att uppmärksamma på gång- och cykelvägar är skador uppkomna av rot- och gräsintrång i vägytan. Dessa ger upphov till problem av komfortkaraktär för cyklisten. Förekomsten av brunnslock som, till följd av att övriga cykelvägen utsatts för sättningar, sticker upp över vägytan påverkar cyklistens komfort och minskar dennes framkomlighet.

3.4 Vad är det vi kan, vill och bör mäta på cykelvägar?

Funktionella egenskaperna beskriver hur väl en väg tillgodoser samhällets, trafikantens och andra användares krav med avseende på framkomlighet, säkerhet och komfort. Funktionella egenskaper kan även avse den tillståndsnivå som ger låga fordons- och transportkostnader samtidigt som det även finns miljörelaterade krav på vägens funktionella egenskaper från människor som bor eller vistas i vägens närmaste omgivning. Ur väghållarens perspektiv ska de funktionella egenskaperna alltid strävas efter att upprätthållas på bästa vis dock till lägst möjliga kostnad (Wågberg, 2003).

Vad gäller funktionsegenskaper på en cykelväg är de egenskaper härrörande till vägytan de mest väsentliga. Utan en jämn och säker yta blir varje cykelväg obrukbar även om övriga egenskaper är goda. Således väger vägytans egenskaper tyngre än övriga egenskaper vid en bedömning av en cykelvägs funktion. För att kunna kontrollera hur väl en väg tillgodoser de funktionskrav som ställs på den krävs det att funktionen på något vis även är mätbar (Eriksson, 2009).

Med antagandet att vägytan är fri från skador är friktion och jämnhet de två parametrar som främst går att koppla till cykelvägars komfort och säkerhet. Med avseende på komfort och säkerhet kan, ur cyklistens perspektiv, heller inte vägytans variation i höjdled bortses från (Eriksson, 2009). Vidare är tvärfallet en av de vägyteegenskaper som är viktiga att ta hänsyn till då ett bristfälligt tvärfall kan leda till att vatten blir stående på vägen. Tvärfallets inverkan på säkerhet och komfort kan i större mån erfaras på vägar avsedda för motorfordonstrafik och därmed också högre hastigheter där det bland annat finns risk för vattenplaning. På cykelvägar kan dock ett bristande tvärfall på lång sikt leda till att cykelvägkroppen urlakas och mister sin hållfasthet. Tvärfallets relevans för cykelvägar kan således främst kopplas till själva underhållsarbetet snarare än parametrar likt säkerhet och komfort. Följaktligen bör fokus ligga på följande mätbara parametrar:

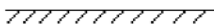
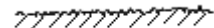


- Friktion – en egenskap som i hög grad påverkar trafiksäkerheten på cykelvägen
- Höjdskillnader – har en stark anknytning till cyklisternas komfortupplevelse och benägenhet att cykla
- Jämnhet – kan härledas till att framförallt påverka komfortupplevelsen

Trafikverkets riktlinjer med avseende på dessa funktionsegenskaper är att en väg skall vara så jämn i längs- och tvärled och ha sådan friktion och sådant tvärfall att tillåtna fordon, som vägen är dimensionerad för, kan trafikera vägen säkert (Vägverket, 1990).

3.4.1 Friktion och textur

Friktionen är av störst betydelse för säkerheten på cykelvägar men påverkar även rullmotståndet för cyklisten. Vidare påverkar friktionen också framkomligheten då en skadad väg med otillräcklig friktion medför att hänsyn måste tas och en lägre hastighet hållas. Friktionen beror i stor grad av texturen. Genom att titta på en asfaltbeläggnings textur kan dess funktionsegenskaper studeras närmare med avseende på homogenitet, friktion och rullmotstånd. Homogeniteten är av särskild betydelse då den kan ge information om beläggnings kvaliteten och livslängd. Homogeniteten är således en viktig parameter ur väghållarens synvinkel snarare än ur cyklistens. Begreppet textur delas normalt in i mikro- respektive makrotextur, vilka syftar till att beskriva beläggnings yta i olika skala. Mikrotexturen (< 0,5 mm) beskriver stenyntans skrovlighet emedan makrotexturen (0,5 – 50 mm) beskriver själva massabeläggnings skrovlighet och djupet mellan de ingående stenarna i beläggnings ytan, se Tabell 3.1 på nästa sida (Ekdahl, 2003).

Tabell 3.1 Illustration av begreppen mikro- och makrotextur. Fritt omarbetad efter Alm (1979).

Yta	Texturprofil	Mikrotextur	Makrotextur
1		Glatt	Slät
2		Rå	Slät
3		Glatt	Skrovlig
4		Rå	Skrovlig

På mikrotexturnivå är det viktigt att asfaltbeläggnings ytan på cykelvägen har en tillräckligt skrovlig yta för att erforderlig friktion skall åstadkommas, samtidigt som beläggnings makrotextur inte bör vara så ojämn att det får negativ inverkan på cyklistens komfortupplevelse. Dessa krav uppfylls väl av den beläggnings yta som idag främst används på cykelvägar, tät asfaltbetong, och det är vid barmarksförhållanden sällsynt att olyckor sker med anledning av bristande friktion i den asfaltbelagda ytan. Friktionsrelaterade olyckor sker i regel istället på

grund av, under sommarhalvåret, nedskräpning, oljespill, blöta löv eller grus och på vinterhalvåret på grund av snö, frost och is (Niska & Sjögren, 2007).

Kopplingen mellan olyckor och låg friktion ligger således framförallt i förhållanden uppkomna på grund av bristfälliga driftsåtgärder likt snöröjning eller lövsopning. Det innebär att olika mätmetoder för friktionsmätning av asfaltytan på cykelvägar är mindre lämpliga och att det istället är både enklare och effektivare att genom manuell okulär besiktning söka de friktionsnedsättande faktorerna. Metoder för att mäta friktion respektive textur redogörs emellertid kort för i kapitel 3.5.2 respektive 3.5.3.

3.4.2 Höjdskillnader

En cykelvägs variation i höjdled, eller cykelvägens mått av backighet, påverkar i nedförsbackar cyklistens säkerhet och i uppförsbackar, komfortupplevelsen i form av den fysiska arbetsbörda som krävs för att ta sig fram. Cyklister såväl som gående ställer högre krav på lutningen än bilister. En cykelvägs backighet har således en negativ effekt på vägens funktionsegenskaper både vad det gäller komfort och säkerhet och styr i hög grad benägenheten att cykla. En backig cykelväg medför att cykeln blir ett oattraktivt färdmedelsval. En cykelvägs variation i höjdled beror till stor del av det befintliga landskapets former och val gjorda i projekteringsfasen. Detta innebär att höjdskillnader, trots dess påtagliga inverkan på cykelvägens funktionsegenskaper, inte är något som kan knytas till någon direkt underhållsåtgärd. Ur cyklistens perspektiv kan dock denna parameter inte förbises utan bör beaktas och hanteras på andra vis, exempelvis olika informationsverktyg, alternativa resvägar etcetera.

3.4.3 Jämnhet

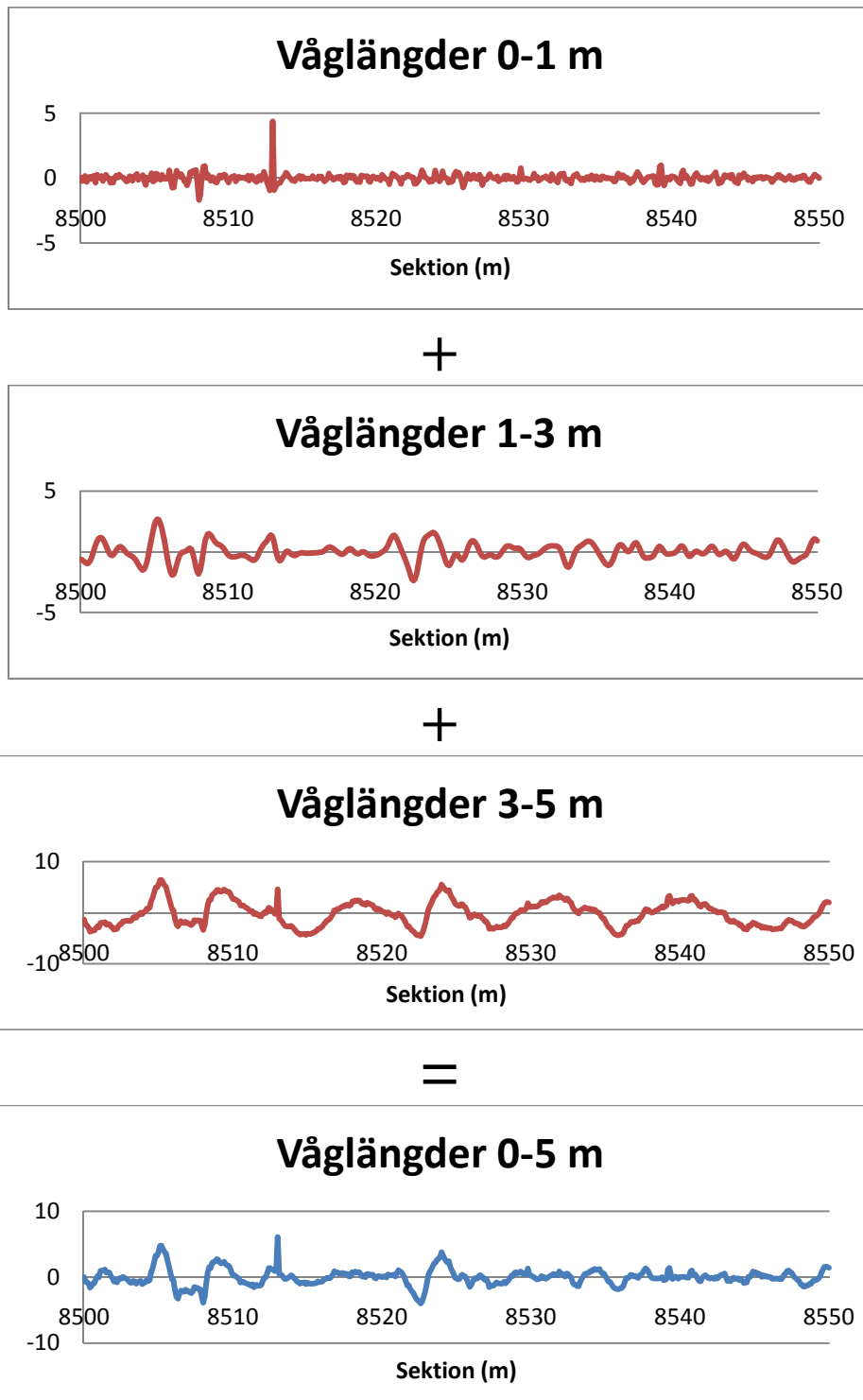
En cyklist ställs inför flera samtidiga krav; att trampa, balansera, parera ojämnheter och hantera aktuell trafiksituation. Ur trafiksäkerhetssynpunkt är det viktigt att fokus kan läggas på hantering av trafiksituationen snarare än på till exempel parering av ojämnheter i vägytan. Cyklar har även en begränsad stötdämpning vilket ytterligare bidrar till behovet av en jämn beläggning utan gropar (Wallberg et al., 2010). Att cyklister ofta kan anmärka på till exempel avgrävda cykelvägar, rötter, sprickor, potthål eller andra brister i vägytan är uttryck av deras känslighet för ojämnheter (Niska, 2006).

Vägytans jämnhet kan beskrivas med två olika typer av måttenheter; geometriska mått och responsmått. Bägge dessa måttenheter utgår från vägytans profil men beskriver den således på olika vis. Geometriska mått berättar, likt namnet antyder, om vägens geometri. Responsmått bygger istället på beräkningar av hur något påverkas av vägens geometri, det vill säga hur vägen upplevs.

Ett geometriskt mått som ofta används för att beskriva vägytans jämnhet är RMS-värdet (Root Mean Square), vilket är ett vanligt förekommande statistiskt avvikelsemått. RMS beskriver således variationen i en datamängd eller i detta fall en ojämnhet i den aktuella vägens längsprofil. RMS beräknas genom att ta kvadratroten av den integrerade längsprofilens yta, enligt ekvation 3.1 nedan.

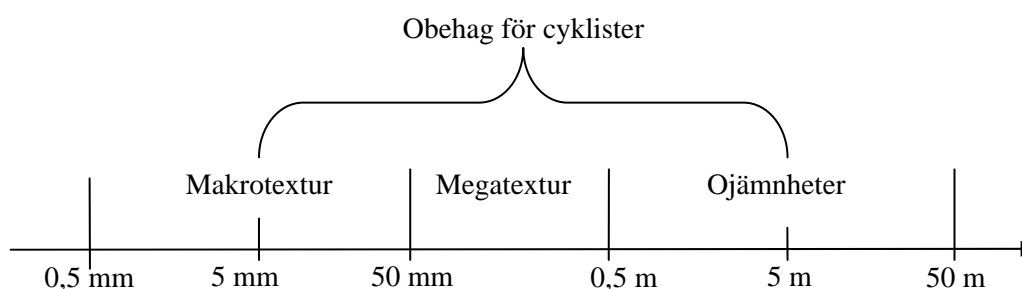
$$RMS = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} \quad (3.1)$$

RMS-värdet får olika värden beroende på vilket våglängdsområde som betraktas. Ett RMS-värde för våglängder mellan 0,5 – 1 m kan således inte jämföras med ett RMS-värde för våglängder mellan 3 – 10 m (Ekdahl, 2003). I Figur 3.1 nedan illustreras hur en uppdelning efter en längsprofils våglängdsinnehåll kan se ut. Figuren visar en längsprofil med ett våglängdsinnehåll på 0 – 5 m uppdelat i våglängdsintervallen 0 – 1, 1 – 3 och 3 – 5 m.



Figur 3.1 Längsprofil uppdelad i olika våglängdsintervall.

Avseende cykelvägar, har jämnheten betydelse för cyklisters säkerhet och framkomlighet (Wallberg et al., 2010). Om komfortbegreppet begränsas till att endast innefatta det som gör en cykelfärd obekvämt genom vibrationer och stötar kan dock framförallt jämnheten kopplas till cyklists komfortupplevelse (Niska, 2007). För att tydliggöra detta ytterligare kan ojämnheterna delas upp efter våglängd. Olika våglängdsintervall har nämligen olika inflytande på trafikantens upplevda obehag. Studier vid bland annat VTI har visat på hur alla typer av ojämnheter med våglängder mellan 5 m och 5 mm har en negativ inverkan på cyklists komfortupplevelse, se Figur 3.2 nedan (Niska & Sjögren, 2007).



Figur 3.2 Ojämnheters våglängdsstorleks påverkan på cyklisters komfortupplevelse. Fritt omarbetad efter Niska & Sjögren (2007).

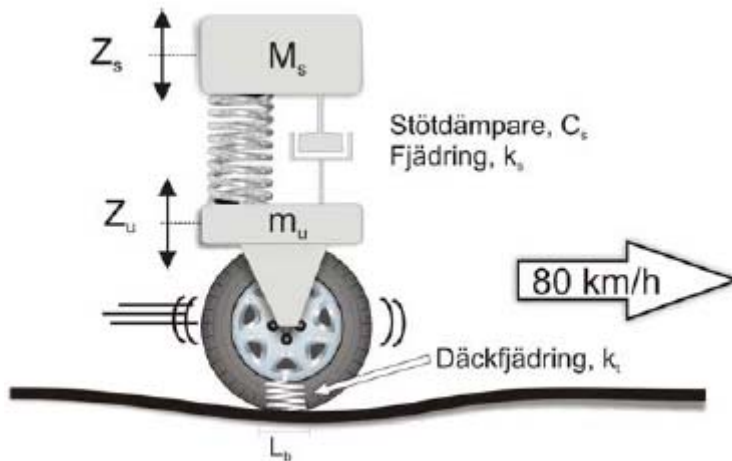
Utöver komfortmässig påverkan kan ojämnheter i vägytan även innebära en säkerhetsrisk, då till exempel en överfart av ojämnhet kan leda till fallolycka eller resultera i att en trafikfarlig undanmanöver krävs (Niska, 2007). Generellt kan sägas att alla ojämnheter är oönskade då cyklists fokus på att hantera trafiksituationen istället läggs på att parera ojämnheter. Ojämnheterna kan vara av skadekaraktär, som exempelvis potthål, sprickor, asfaltskarvar, men kan även vara av mer beläggningmässig karaktär i de fall cykelvägen till exempel är utformad med gatsten eller andra typer av grov beläggning. Ett problem vad det gäller att underhålla cykelvägnätet med avseende på jämnhet är dagens brist på passande mått och väl fungerande mätmetoder (Niska & Sjögren, 2007). Tillgängliga metoder för att mäta jämnhet redogörs dock för mer ingående i kapitel 4.2.

3.5 Komfortmått på vägar avsedda för motorfordonstrafik

Jämnheten är något som under lång tid beaktats på vägar avsedda för motorfordonstrafik, vilket bland annat syns i det sedan länge utvecklade responsmåttet IRI (International Roughness Index) som är gängse standard för att beskriva och mäta hur en vägs jämnhet påverkar vibrationer uppkomna i bilen. På innerstadsgator prioriteras för biltrafiken jämnheten med avsikten att minimera buller, vibrationer och vattenstänk och på högtrafikerade vägar för att minimera fordons slitage och minska restider (Wågberg, 1994).

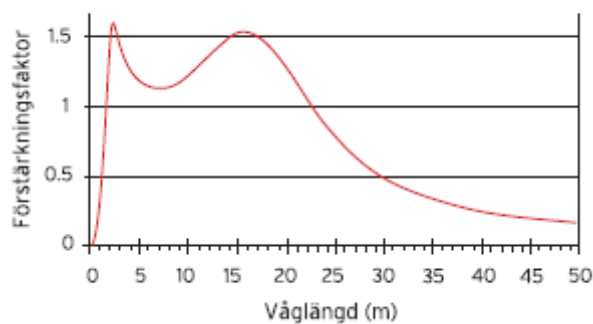
IRI kan sammanfattas som en värdering av ojämnheter från vägens högra längsprofil. Konceptet bygger på att en virtuell enhjulig bilmodell färdas i 80 km/h längs den inmätta längsprofilen. Modellen består av ett fjädringssystem med två komponenter, hjulet och chassiet, se Figur 3.3 nedan (Loukopoulos et al., 2008). De korta ojämnheterna får i huvudsak hjulet i

rörelse emedan de längre ojämnheter istället får chassiet i svängning (Ekdahl, 2003). De vertikala rörelser som dessa komponenter utsätts för, summeras kontinuerligt och divideras med uppmätt sträcka varvid ett värde på IRI kan erhållas i enheten mm/m. Starka samband mellan uppmätt IRI-värde och såväl trafiksäkerhet som trafikanters upplevda komfort har påvisats genom åtskilliga studier (Loukopoulos et al., 2008).



Figur 3.3 IRI-modellen. Fritt omarbetad efter Loukopoulos et al. (2008).

Eftersom en ideal längsprofil är helt jämn kan varje profilvärde betraktas som en avvikelse från noll. Olika ojämnheters utbredning och amplitud påverkar dock trafikanten på olika sätt, vilket beräkningsmodellen för IRI också tar hänsyn till. Detta sker genom att, de för trafikantupplevelsen väsentliga ojämnheter, förstärks och mindre viktiga istället filtreras bort. Förstärknings- och dämpningsfiltret som används vid beräkningen av IRI åskådliggörs i Figur 3.4 nedan. Med hjälp av filtreringen kommer varken vägens linjeföring, variation i höjddled eller mikrotextur att påverka de efterföljande beräkningarna (Ekdahl, 2003).

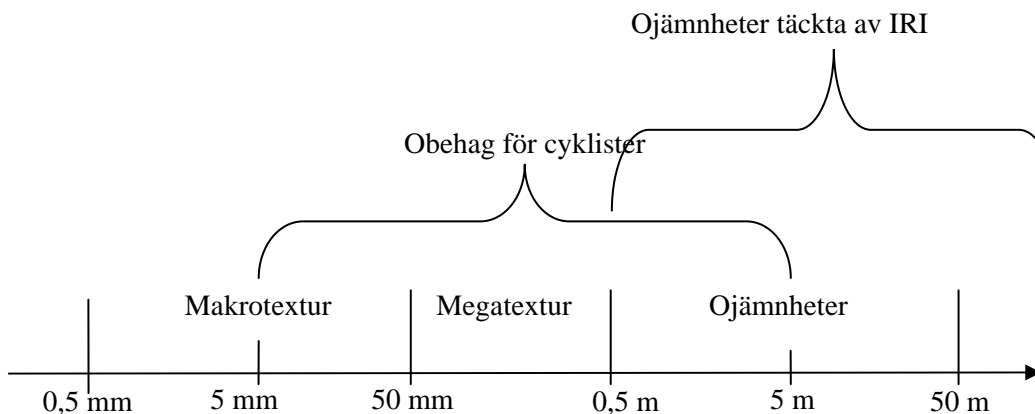


Figur 3.4 IRI-modellens förstärkning och dämpning av olika våglängder (Ekdahl, 2003).

Tilläggas bör att det i beräkningsmodellen för IRI inte finns något utrymme för egenskaper hos trafikanten eller dennes färdmedels specifika egenskaper (Dahlstedt, 2001). IRI förtäljer inte heller något om vilken typ av ojämnheter som ligger bakom resultatet. För att förtydliga resultatet kan dock de mer framträdande våglängderna längs den uppmätta vägsträckan illustreras för att urskilja korta ojämnheter, likt till exempel en skarv i vägytan, eller långa ojämnheter, orsakad av till exempel en utbredd sättnings (Ekdahl, 2003).

Peter Cairney och Karen King genomförde i Australien en studie av kopplingen mellan trafikantupplevelse och cykelvägstandard. Utifrån studien kunde ett vagt men linjärt samband mellan IRI och cyklisternas bedömning av vägsträckan urskiljas på teststräckor med asfaltbeläggning. Framförallt kunde ojämnheter med kortare våglängder kopplas till cyklisternas obehag. På teststräckor med betongbeläggning kunde dock ingen koppling mellan IRI och cyklisternas bedömning av vägsträckorna uppvisas (Cairney & King, 2003). Resultatet utifrån denna studie påvisar hur IRI inte är ett fullgott mått för att beskriva hur cyklister upplever ojämnheter på en väg.

Anledningen till att IRI inte går att härleda till det obehag en cyklist upplever på en väg beror på de stora skillnaderna i både fordonsegenskaper och hastighet mellan bil och cykel. Felet ligger således i att det våglängdsintervall som IRI-värdet baseras på inte stämmer överens med det för cyklister väsentliga våglängdsintervallet, se Figur 3.5 nedan.



Figur 3.5 Obehag för cyklister och ojämnheter täckta av IRI, det vill säga obehag för bilister. Fritt omarbetad efter Niska & Sjögren (2007).

3.6 Försök till att ur cyklistens perspektiv klassificera cykelvägar

På senare år har flera andra olika metoder för att klassificera standarden för icke-motoriserad trafik på vägar utvecklats. En trafikteknisk metod för fotgängare och cyklister från USA är LOS (Level Of Service). Konceptet utvecklades i USA under 1990-talet och syftar till att bedöma en vägs standard med avseende på bland annat framkomlighet och komfort. För cyklister gäller måttet BLOS (Bicycle Level of Service), vilket är baserat på hur en vägs standard upplevs ur cyklistens perspektiv. Måttet bygger på beräkningar med matematiska modeller som används för att beskriva hur komfort och säkerhet upplevs på olika cykelvägar. Modellerna baseras dock

på cykelfält och cykelstråk i blandtrafik och resultatet speglar således upplevelsen av att färdas i samma vägkorridor som motorfordon. De i modellen ingående parametrarna är bland annat vägbredd, cykelområdesbredd, kvalitet på vägmarkeringar, trafikvolym, vägytekvalitet, typ och hastighet på trafikerande fordon samt parkeringar utmed vägen. Modellen har påvisat klara samband mellan cyklistens upplevelse och de i modellen ingående parametrarna. Den stora nackdelen med BLOS är dock att påverkan av vägytans kvalitet ges ett mycket litet utrymme i beräkningsmodellen. Detta trots att flertalet amerikanska studier har visat på vägytans stora betydelse för cyklisters komfortupplevelse (Bridges, 2004).

Ett annat mått är Bicycle Stress Level som utvecklades i den australiensiska staden Geelong redan år 1978. Måttet baseras på antagandet att cyklister inte bara önskar minimera den fysiska ansträngningen vid val av cykelväg, utan också den mentala belastningen, eller stressen, som härrör från motortrafiken. Begreppet vidareutvecklades senare i en amerikansk studie där olika cyklistgrupper fick skatta olika vägvagnsnitt som varierade med avseende på trafikmängd, hastighet, körfältsbredd, vägren och cykelfält. Med utgångspunkt från dessa studier utvecklades The Bicycle Compatibility Index (BCI). Ett index avsett att mäta cyklisters upplevelsegrad av komfort som funktion av väg- och trafikförhållanden i blandtrafik. Faktorn som visade sig ge störst effekt på komfortupplevelsen var förekomsten eller avsaknaden av cykelfält eller belagd vägren. Även bredden på körfältet närmast väggkanten visade sig ha förhållandevis stor betydelse, liksom förekomst av parkering vid väggkanten. BCI är ett intressant exempel på att försök skapa ett enkelt instrument för väghållare och planerare för diagnos av ett vägnäts lämplighet för blandtrafik (Spolander, 2006). Dessa metoder kan emellertid anses ha en svaghet i att de endast baseras på upplevda faktorer och relationen till verklig trafiksäkerhet är oklar. BLOS och BCI:s försök att uttrycka komfort ur cyklistens perspektiv utgår från cykelstråk i bilvägar det vill säga i blandtrafik. Dessa är således icke tillförlitliga och svåra att applicera och använda för att beskriva komfortupplevelsen på separerade cykelvägar.

Det finns även metoder som, till skillnad från de tidigare nämnda metoderna, baseras på olycksstatistik, det vill säga den verkliga säkerheten. Många av de studier som utförts med inriktning på olycksstatistik har dock en begränsning i att resultatet endast bygger på antalet olyckor och inte är relaterat till trafikantflöden. Resultatet ger därmed inte svar på om en cykelvägs höga olycksfrekvens beror av stråkets egenskaper eller om den bara är hårt trafikerad. Det är inte heller möjligt att beskriva en cykelvägs variationsrikedom i en enda studie. Något som medför att flertalet generaliseringar avseende till exempel väg- och trafikförhållanden krävs (Spolander, 2006).

4 Mätmetoder för tillståndsbedömning av cykelvägar

Detta kapitel avser att ge en övergripande bild av olika mätmetoder för tillståndsbedömning av cykelvägar.

Tillståndsbedömningar av brister i vägytan på gång- och cykelvägar sker med fördel ur cyklisters synvinkel eftersom det i större grad är cyklistens, än fotgängarens, olycksrisk som beror på barmarkstandarden. Vanligt förekommande parametrar vid inventering är potthål, sprickor, rotintrång och annan störande växtlighet. Ytterligare inspektion av till exempel stensläpp, kantskador samt krackelering kan även förekomma för att ge ökad information om beläggningens status (Niska, 2006).

4.1 Subjektiva bedömningsmetoder av cykelvägar

4.1.1 Manuella okulära besiktningar

I de svenska kommunerna sker i regel tillståndsbedömningar av cykelvägnätet genom manuella okulära besiktningar. Besiktningarna genomförs då ur väghållarens synvinkel på vägarnas funktionella tillstånd vilket innebär att fokus ligger på skador och hur cykelvägens tillstånd förväntas förändras över tiden. Dessa besiktningar sker vanligen utförda från bil. I vissa kommuner inventeras dock cykelvägnätet genom att en cyklist cyklar längs med hela det aktuella nätet och genomför den okulära besiktningen (Niska, 2006). GPS-positionering är exempel på teknisk utrustning som ibland används för att underlätta och systematisera de okulära besiktningarna.

De manuella okulärbesiktningarna bidrar med mycket information och är ett viktigt underlag för att kartlägga kvaliteten och brister i cykelvägnätets beläggning och vägyta. Metoden är dock mindre bra på att återspegla cyklistens förutsättningar och upplevelse eftersom fokus istället ligger på skador och parametrar kopplade till cykelvägens tekniska tillstånd. Metoden är även resurskrävande och varken särskilt tidseffektiv eller objektiv. Subjektiva utvärderingar och klassningar har lett till att kvaliteten många gånger skiljer sig markant åt mellan olika gång- och cykelvägar. Eftersom det inte heller finns någon gemensam, uppsatt standard för okulärbesiktningar, eller för övriga mindre vanligt förekommande mättekniker, finns även ännu ingen entydig resultatvisning. Beställaren vet därför sällan vad denne får eller kan ställa för krav på den beställda tjänsten (Niska & Sjögren, 2007).

Även våra grannländer genomför idag liknande manuella okulära besiktningar. I Norge har Statens Vegvesen givit ut en handbok för okulärbesiktning av cykelvägar. Handboken beskriver hur inspektionerna ska utföras sträckvis, exempelvis från ett bostadsområde in till centrum, där delsträckor och korsningar ska ses ur ett helhetsperspektiv. Arbetsgången kan delas upp i tre steg; förberedande planering, inspektion och efterarbete. Inspektionerna utförs i regel med cykel och efterarbetet består av en systematisering av resultaten och en åtgärds- och kostnadsvärdering. Även i Danmark genomförs manuella skadeinventeringar med framförallt avsikten att kartlägga beläggningsskador, lappningar, bristfällig avvattning etcetera. De

inspekterade cykelvägarna delas i regel in efter naturliga begränsningar som till exempel sträckan mellan två korsningar (Niska & Sjögren, 2007).

Norge, Danmark och Finland har emellertid alla pågående projekt för att förbättra och utvärdera cykelvägnätet. Många av dessa projekt har dock turismen som målgrupp och fokuserar därmed på rekreationscyklande. Fokus läggs därför i dessa undersökningar bland annat på aspekter som logi, matställen och attraktioner på olika cykelsträckor (Spolander, 2006).

4.1.2 Underhållsutredningar

Med syfte att kartlägga aktuell status och underhållsbehov för asfaltbelagda cykelvägar genomförs idag även så kallade underhållsutredningar. Ramböll RST genomför bland annat dessa underhållsutredningar i Sverige och Finland. Underhållsutredningarna baseras på okulär besiktning av vägytan men genomförs, till skillnad från sedvanliga manuella okulära besiktningar, på ett mer strukturerat vis. Besiktningen sker från en minibuss försedd med längdgivare, GPS-positionering och fältdator med inventeringsprogram, se Figur 4.1.



Figur 4.1 Ramböll RST:s underhållsutredningar (Foto: Peter Mauritzson).

Cykelvägen bedöms i intervall om 25 m efter de åtta olika skadeparametrarna; krackelering, kantskador, potthål, sprickor, stensläpp, rotskador, gräsintrång och ojämnheter. Digitala bilder över vägmiljön tas även kontinuerligt utmed de mäta sträckorna. Genom att, efter bedömning av olika skadors förekomst och svårighetsgrad, vikta de olika skadetyperna kan belägningens restlevnadstid uppskattas. Resultatet från underhållsutredningar kan sedan vid önskemål överföras till kommunens digitala gaturegister och stå som god utgångspunkt för till exempel åtgärdsprogram för drift- och underhållsplaneringen (Niska & Sjögren, 2007).

4.1.3 NCC:s cykelbesiktningar

Som i ett steg att få resultat kopplade mer till cyklistens perspektiv har till exempel Göteborg Stad valt att under en månad varje år ersätta ordinarie servicebil för besiktning av cykelvägar med en datorutrustad hybridcykel. Bakom mätmetoden står företaget NCC Roads. Med loggprogram och GPS-positionering kan olika åtgärder märkas ut och klassificeras i realtid. Gatorna och cykelvägarna är i programmet uppdelade i små delar som vid besiktning klassificeras i en femgradig skala (NCC Roads, 2009).

4.2 Maskinella mätmetoder för cykelvägar

Metodikerna för jämnhetsmätning grundar sig i att man mäter längsprofilen för cykelvägen. Dessa mätningar kan fungera som ett alternativ, eller komplement, till de manuella okulära besiktningar, som idag i regel utförs vid tillståndsbedömning av cykelvägar i Sverige. Fördelarna med en objektiv bedömningsmetod likt jämnhetsmätning är att man på ett systematiskt vis kan följa utvecklingen och lätt utföra jämförelser. Det är även en direkt förutsättning för att kunna sätta upp mätbara funktionskrav. Detta gör det möjligt att systematiskt kunna följa upp, planera och prioritera underhållet och studera möjliga effektsamband etcetera. Erhållen längsprofil kan även ligga till grund för vidare beräkning av hur till exempel vägytan, med avseende på komfort, upplevs av cyklisten. (Niska & Sjögren, 2007).

4.2.1 Manuella mätmetoder för profilmätning

Nedan beskrivs ett antal olika manuella metoder för jämnhetsmätningar på cykelvägar. Dessa lättviktsutrustningar kan med fördel nyttjas för mätning på cykelvägar eftersom utrustningen kan användas utan att ge upphov till belastningsskador på cykelvägen eller innebära fara för cyklister och fotgängare. Dessa metoder kan endast erbjuda begränsade mätningar, det vill säga de ger en tillräckligt noggrann uppmätt profil för att ett relevant jämnhetsmått sedan skall kunna beräknas (Niska & Sjögren, 2007).

En totalstation är ett elektroniskt mätinstrument för mätning av vertikal- och horisontalvinkel samt lutande längd mot ett optiskt reflekterande prisma. Uppställd på en känd punkt, i såväl x-, y- som z-led, i aktuell terräng kan totalstationen sedan automatiskt uppsöka och lagra prismats tredimensionella position i ett kartetiskt koordinatsystem (Magnusson, 2002).

Swivelling Dipstick, eller vanligen kallad endast Dipstick, är en handdriven metod där instrumentet består av en pendel upphängd i en rätvinklig form av låda med rektangulär över- och undersida. Mitt på respektive kortsida är lådan på undersidan försedd med två fötter medan en vertikal stång med handtag är fäst mitt på ovensidan. Pendeln mäter sedan lådans lutning i längsled relativt horisonten. Eftersom avståndet mellan de båda fötterna är känt kan den absoluta höjdskillnaden mellan dessa understödspunkter beräknas. Genom att successivt rotera lådan 180° runt den främre foten och utgå från en punkt med känd absolut höjd kan en stegvis mätning av absolut höjden längs profilen erhållas. Med denna metod kan mätsträckor om 180 m per timme, med en noggrannhet av 0,15 mm, mätas, lagras och analyseras (Magnusson, 2002).

PRIMAL är ett mätinstrument bestående av en liten vagn utrustad med ljuskänslig sensor och en stationär laser. Den lilla vagnen drivs av batterier och är utrustad med tre bärhjul och ett mät hjul, med diametern 70 mm. Under mätningens förfarande låter man vagnen röra sig mot lasern som står uppställd i slutet av den 10 m långa mätsektionen. Laserstrålen är riktad längs vägen med sikte på vagnens sensor och styr således vagnen. Sensorn i vagnen är i sin tur vertikalt rörlig i vagnen och dess läge relativt en fast referens i vagnen som avkännes. Samtidigt avkännes även avståndet mellan mät hjulet och samma referens. Summan av dessa båda avstånd utgör slutligen profilen. Registrerat avstånd mellan vägyta och laserstråle skickas sedan trådlöst till en kontroll dator i en följbil (Magnusson, 2002).

Rolling Dipstick består av en tvåaxlad, tvåhjulig vagn som vid mätning skjuts fram längs med den profil som skall mätas. Längslutningen hos vagnens chassi mäts, precis som vid Swivelling Dipstick, med en inklinometer. På Rolling Dipstick, se Figur 4.2 nedan, finns i vagnens mittpunkt emellertid ytterligare ett hjul som är rörligt i vertikalled i chassiet. Genom att mäta positivt eller negativt höjdläge relativt chassiet och kombinera dessa data med chassiets längslutning erhålls profillutningen i steg om 300 mm (Magnusson, 2002).



Figur 4.2 Rolling Dipstick (Niska & Sjögren, 2007).

ARRB (Australien Road Research Board) har utvecklat instrumentet ARRB TR Walking Profiler. Walking Profiler kan till utseendet liknas vid en liten motorgräsklippare som man i långsam takt drar längs med aktuell profil, se Figur 4.3 nedan.



Figur 4.3 ARRB TR Walking Profiler (Niska & Sjögren, 2007).

Inuti instrumentet finner man en platta med en längd av 230 mm. Då instrumentet skjuts längs med vägprofilen läggs plattan automatiskt ned på ytan och dess lutning relativt horisonten mätes med hjälp av en accelerometer. Därefter lyfts plattan automatiskt och flyttas fram en plattlängd och en ny längslutning avläses (Niska & Sjögren, 2007). En mekanism styrd av instrumentets bärhjul gör att plattan kan ligga stilla på vägytan, helt frikopplad från resten av mätutrustningen, trots att instrumentet skjuts framåt med konstant hastighet (Magnusson, 2002). Genom en ackumulering av plattlutningar kan sedan en profil skapas vilken olika mått kan beräknas utifrån (Niska & Sjögren, 2007).

4.2.2 Cykel utrustad med accelerometer

För komfortmätning av cykelvägar finns en mätmetod bestående av en accelerometer monterad på en cykel. Metoden har sitt ursprung i Holland där den började utvecklas av företaget Infratech. Mätmetoden fick senare genomslag i Danmark i samband med att Köpenhamns kommun år 2000 blev beviljade extra medel för att höja standarden på cykelvägnätet. I och med införandet av denna mätmetod flyttades fokus från att endast se till beläggningens restlevnadstid och ekonomiska aspekter till att även inkludera cyklisternas upplevda komfort. Ett mätinstrument köptes således in men då mätmetodens skala var utvecklad för det holländska cykelvägnätet, som i regel höll en lägre standard än det danska, var det nödvändigt att omforma skalan så att den passade det danska, något komfortablare, cykelvägnätet. Vidareutveckling av metoden krävdes även då det i Danmark fanns en lägre andel fritidscyklister och en högre genomsnittshastighet för cyklister i allmänhet än i Holland (Niska & Sjögren, 2007).

Det instrument som används i mätmetoden heter SAVER (Shock And Vibration Environment Recorder), är utvecklat i Holland och ämnat för att mäta vibrationer och stötar. Instrumentet monteras bak på pakethållaren och registrerar med hjälp av accelerometrar den vertikala accelerationen som uppstår då cykeln passerar ett gupp eller en ojämnheter i beläggningen. Accelerationsvärden för en mätsträcka registreras digitalt i SAVER och överförs sedan till en dator för vidare analys i programmet Excel (Niska & Sjögren, 2007).

För att beräkna ett komfortvärde för mätsträckan summeras de uppmätta vertikala accelerationerna, efter att först ha kategoriserats och viktats. Därefter beräknar man sträckans ”Summerade viktade accelerationsvärde”. Utifrån detta kan sedan ett komfortvärde beräknas. Efter gruppering av komfortvärden enligt en fyrgradig skala redovisas resultatet på kartor över cykelvägnätet, framtagna i GIS. Genom att de uppmätta accelerationsvärdena viktas och att cykelvägens längd ingår som parameter i beräkningen tillgodoser komfortvärdet det faktum att en cykelväg kan anses vara av tillfredställande standard trots att den har enstaka fel och skador. Således tages hänsyn till ojämnheternas karaktär och cykelvägar med många små ojämnheter står i rimlig relation till cykelvägar med få stora ojämnheter (Niska & Sjögren, 2007).

Kalibrering och tester av utrustningen utförda i Danmark påvisade att SAVER-metoden ger resultat som mycket väl förhåller sig till storleken på de ojämnheter som passeras. Vid korrelering mot tidigare bedömda sträckor fanns det större ojämnheter som krävde mer viktning än de små. De allra minsta ojämnheter ansågs inte påverka komforten över huvudtaget och filterades därför bort från mätresultatet. Beträffande mätmetodens hastighetskänslighet, uppvisade de genomförda testerna en stor påverkan. En hastighetsskillnad på ± 3 km/h visade sig medföra ansevärd skillnader i resultatet. Däcktyp, däcktryck samt mätcyklistens vikt var andra faktorer som, om än i mindre utsträckning, påverkade resultatet och måste beaktas vid jämförande mätningar (Niska & Sjögren, 2007).

I examensarbetet Cykelbanors komfort och säkerhet vid LTU (Luleå Tekniska Universitet) har, i samarbete med företaget Vectura Consulting AB, arbetet med att utveckla en mätmetod grundad på liknande principer som den danska SAVER-metoden. Studien syftar till att på ett objektivt, noggrant och kostnadseffektivt vis utvärdera hur ojämnheter och textur på cykelvägars yta påverkar cyklisters färdkvalitet och säkerhet. Cykelvägars profil och cyklisters hastighet har således analyserats för att kunna kopplas till vibrationer uppkomna i cykelsadeln.

Studien är utförd med en cykel utrustad med ett antal strategiskt utplacerade accelerometrar, se Figur 4.4 på nästa sida. Med utrustningen mäts de vibrationer som uppkommer då en person färdas med cykeln en viss sträcka (Nilimaa, 2009).



Figur 4.4 Cykel utrustad med accelerometrar. Accelerometrarnas placering illustreras av pilarna i figur (Nilimaa, 2009).

Studien utfördes på mätsträckor där resultat från tidigare profilometermätningar, se kapitel 4.2.3, fanns att tillgå varför relationen mellan de olika parametrarna kunnat studeras. I studien finner man klara samband mellan både vägprofil och hastighet kopplat till vibrationer i cykeln. Mätmetodens repeterbarhet visade sig vara god och reliabiliteten i mätningarna ökade ytterligare av att mätresultatet visat sig ligga inom samma vibrationsnivåer för alla testpersoner som cyklat samma sträcka. Studien som även tittade närmare på textur visade även starka samband mellan megatextur och vibrationer i cykeln. Ett samband som däremot inte var lika tydligt var det mellan makrotextur och vibrationer i cykeln (Nilimaa, 2009).

Det kan förefalla rimligt att utföra komfortmätningar på cykelvägar med en cykel eftersom att det är aspekter ur ett cykelperspektiv som ska mätas och analyseras. Det finns emellertid ett antal nackdelar med detta val av tillvägagångssätt. Det faktum att de uppmätta vibrationerna starkt beror av den hastighet som mätningarna utförs vid, i kombination med att cykeln som färdmedel är relativt svår att hålla i en konstant hastighet, skapar en stor osäkerhet i mätningarna. Ett problem som bland annat uppdagades i den nämnda studien vid LTU. Mätningar med cykel måste utföras i cykelhastighet och utrustningen för datalagring och mätning har ett begränsat utrymme och tyngd då det ska transporteras på cykel. Detta är något som gör mätmetoden ineffektiv och resurskrävande. I studien vid LTU krävdes till exempel en mindre kärra för mätutrustningen medan man vid accelerometermätningar med systemet SAVER behöver tömma lagringsenheten på mätdata efter varje mätsträcka. Ytterligare nackdelar med att utföra mätningar på cykel är metodens väderkänslighet och svårigheten att därmed hitta någon villig att cykla genom ett helt cykelvägnät.

4.2.3 Profilometermätning

Under 1960-talet utvecklade General Motors Research Laboratories den profilometer som än idag används runt om i hela världen och fortfarande är den enda typen av höghastighetsprofilometer som används i Sverige. GM-profilometern utgörs av ett mätfordon, vanligen en personbil eller minibuss, utrustad med i huvudsak tre olika mätton samt utrustning för insamling, bearbetning och lagring av data. Ett av mättonen utgörs av en pulsgivare, monterad på ett icke drivande fordonshjul, vilken avser att mäta tillryggalagd distans längs vägen. Ett annat mätton mäter kontinuerligt höjden över vägytan hos en punkt i fordonet. Tillsammans ger information från dessa en bild av vägens längsprofil relativt ett i mätfordonet fixt koordinatsystem. På höjdmätaren finns vidare en accelerometer som uppmäter den vertikala accelerationen. Genom att till vara även dessa data kan en bild av vägens längsprofil relaterad till ett markfast koordinatsystem och responsmättet IRI beräknas (Magnusson, 2002).

Internationellt sett finns idag en mängd olika mätfordon utrustade med den ovan redogjorda för, GM-profilometern. Några exempel är ALFRED, ARAN Laser SDP, DRI Profilograph III, Dynatest 5051 RSP, Harris, Laser RST, Roadmaster och ZAG-VP (Magnusson, 2002). Samtliga dessa metoder avser mätning av vägar för motorfordonstrafik men det finns även ett antal mätmetoder för cykelvägar. Nedan redogörs för några av dessa metoder.

VI (Vejteknisk Institut) i Danmark erbjuder en metod, för jämnhetsmätning på cykelvägar, de kallar profilometermätning. Mätmetoden är utvecklad tillsammans med företaget Greenwood Engineering och bygger på att laser-profilometrar monteras på en bil. Profilometrarna monteras så att de mäter aktuell längsprofil i smala spår. Den erhållna profilen beräknas sedan om till en vertikal acceleration, vilken presenteras som ett medelvärde över en sträcka på 1 meter. Medelvärdet av den vertikala accelerationen beräknas i sin tur om till ett index, eller komfortvärde, vilket beskriver hur en cyklist skulle påverkas av de utifrån profilen hämtade ojämnheter och höjdskillnaderna. Detta klassificerar således hur den uppmätta vägsträckan upplevs av en cyklist. Beräkning av komfortvärde sker enligt samma principer som för cykelmätmetoden, se tidigare kapitel (Niska & Sjögren, 2007).

Resultatet utifrån dessa jämnhetsmätningar är inte beroende av i vilken hastighet mätfordonet framförs i eftersom det är i accelerationsmodellen som hastigheten väljs. Den valda hastigheten bör givetvis spegla den faktiska cyklisthastigheten varför denna valts att sättas till 20 km/h. Detta anses representera medelhastigheten hos danska cyklister och är även den mätthastighet som används i, den tidigare redogjorda för, SAVER-metoden. I modellen används således en konstant hastighet vilket inte till fullo kan sägas återspegla cyklistens hastighet som annars varierar något beroende på topografi och andra omgivande faktorer (Niska & Sjögren, 2007).

Under mätning av längsprofilen registreras vanligen även singulära ojämnheter orsakade av till exempel uppträngande rötter, brunnslock, lappningar etcetera. Själva registreringen sker manuellt genom att utföraren trycker på en funktionsknapp där ojämnheten startar respektive slutar. Olika typer av singulära ojämnheter har tilldelats olika funktionsknappar. På detta sätt kan orsaker till stora utslag i jämnhetsmätningarna markeras och väghållaren får kännedom kring de brister i vägytan som bör åtgärdas. Det finns även möjlighet att filma och fotografera aktuell vägsträcka och omgivning under pågående mätning. Mätfordonet är även utrustat med en GPS (Niska & Sjögren, 2007).

Olika längdintervall för medelvärdesberäkningen av accelerationen har utretts av VI (Vejteknisk Institut). Vid längre intervall på 5 respektive 10 m erhöles så pass små vertikala accelerationer att det inte gick att utläsa någon skillnad mellan en jämn och ojämn cykelväg. Det intervall som valts att använda i modellen är därför istället 1 m även om ännu mindre intervall är tekniskt möjliga. Ett kortare intervall innebär dock en onödigt stor datamängd samtidigt som även små ojämnheter, likt rötter etcetera, ger utslag i accelerationen (Niska & Sjögren, 2007).

Analyser av mätmetoden har även visat att kurvorna till ojämnheter med en våglängd större än 10 m sammanfaller. Metoden är således begränsad till att mäta ojämnheter med en våglängd mindre än 10 m. Cyklisterna bör dock inte uppleva ojämnheter av större våglängdskaraktär som obehagliga varför denna begränsning inte är nackdel. Studier har även genomförts där uppmätta längsprofiler med beräknade komfortindex jämförts med tidigare erhållna komfortklassificeringar från SAVER-metoden. Resultatet visade att profilometermätningen mycket väl kan ersätta SAVER-metoden. I princip alla sträckor erhöles samma klassificering med de båda olika metoderna. En jämförelse med resultat utifrån manuella okulära besiktningar utförda av Dansk Cyklist förbund genomfördes även. Denna jämförelse påvisade dock inte en lika god samstämmighet. Resultaten från de okulära besiktningarna var i regel mer kritiska och de aktuella cykelvägarna fick en sämre klassificering. Förklaringen till detta står att finna i att man vid de okulära besiktningarna i större grad bedömer helheten där fler faktorer än de härrörandena endast till vägytan ingår. Detta antyder att jämnhetsmätningar trots allt kan behöva kompletteras med information från till exempel olika manuella inspektioner för att lyckas ge en fullgod bild av hur en cykelväg faktiskt upplevs av en cyklist (Niska & Sjögren, 2007).

Dynatest är ett privat, internationellt verksamt företag från Danmark som erbjuder en metod för jämnhetsmätningar på cykelvägar vars mätfordon kallas 6450 Lightweight Profilometer. Mätmetoden utvecklades med avsikten att kontrollera kvaliteten på beläggningar vid nybelagda vägar varför utrustningen är lätt och erbjuder ett lågt däcktryck (Dynatest, 2010). Metoden liknar i stort, den tidigare redogjorda för, profilometermätningen från VI. En profilometer bestående av en accelerometer och avståndsmätande sensor finns monterad på en fyrhjulig. Med infraröd teknik mäts kontaktlöst längsprofilen i ett eller båda hjulspåren med en täthet av 25 mm (Niska & Sjögren, 2007). År 2004 inleddes ett samarbete med företaget COWI där mätmetoden vidareutvecklades. Bland annat ersattes mätfordonet med en Mercedes-Benz SMART och ett nytt mått avseende jämnheten togs fram (COWI, 2010). Måttet kallas BPI (Bicycle Profile Index) och täcker våglängder mellan 0,025-5 m (Niska & Sjögren, 2007). I Sverige har bland annat Göteborgs stad genomfört mätningar på sitt cykelvägnät med denna metod. De båda företagens mål är att BPI-indexet skall stå som standard i Danmark för jämnhetsmått på cykelvägar och i framtiden även internationellt (COWI, 2010).

Även i Sverige pågår för närvarande arbetet med att ta fram en metod för att mäta jämnheten på cykelvägar där resultatet skall vara relaterat till hur cykelvägens yta upplevs av cyklisten. Under 2009 bedrev Ramböll RST tillsammans med VTI, SKL och Malmö stad ett utvecklingsprojekt med syftet att ta fram ett komfortmått. Metoden bygger i stort på en liknande princip som de tidigare redogjorda för metoderna. De fältundersökningar som har utförts i denna studie har skett med denna mätmetod varför dess principer och mer ingående information beskrivs närmare i kapitel 5.

4.3 Kompletterande mätparametrar och mätmetoder

Detta kapitel syftar till att redogöra för de på cykelväg intressanta parametrarna tvärfall, friktion samt textur. Utifrån tidigare resonemang ligger fokus emellertid på olika typer av mätmetoder för jämnhetsmätning.

4.3.1 Tvärfallsmätning

Mätningar av tvärfall utfördes ursprungligen med manuella metoder, i första hand genom avvägning av vägytan. Med tiden utvecklades elektronisk utrustning, i form av enklare mätvagnar eller elektroniska pass, att ta till hjälp för att bestämma tvärfallet. Ända sedan 1985 har dock tvärfall uteslutande bestämts med hjälp av lasermätning av vägytan. Dessa lasermätningar sker genom att en mätbil utför inmätningen med hjälp av lutningsgivare och laserkameror, med kompensation för fordonets sidoacceleration (Ekdahl, 2003).

4.3.2 Friktionsmätning

The British Pendulum, även kallad Portable Skid Resistance Tester (SRT), är ett mycket enkelt och billigt mätinstrument med lång historia som har fått stort genomslag även internationellt (Wallman & Åström, 2001). Utrustningen består av en pendel som släpps ifrån en bestämd höjd för att snudda vid vägytan och därefter stanna i sitt högsta läge på motsatt sida av mätinstrumentet. Energiförlusten vid kontakten med vägytan kan därefter beräknas och på så sätt även vägytans friktionstal. SRT mäter låghastighetsfriktion vid cirka 10 km/h och används vanligen för att bedöma mikrotexturen, eftersom det är på denna nivå texturen i högsta grad kan relateras till friktionen (Kelvin et al., 2005).

Den av VTI utvecklade friktionsmätaren vid namn Portable Friction Tester (PFT), se Figur 4.5 nedan, är ett instrument för att bestämma bland annat vägmarkeringars friktionstal. Den har visat sig erhålla resultat likvärdiga med de uppmätta av The British Pendulum. Den är lättanvänd och operatören kan mäta friktionen i upprätt position genom att läsa av instrumentets display (Wallman & Åström, 2001).



Figur 4.5 Portable Friction Tester (Wälivaara, 2005).

En annan metod för friktionsmätning är SAAB Friction Tester (SFT) vilken bygger på att en bil, utrustad med ett extra mät hjul, kör en vägsträcka. Mät hjulet tvingas via utväxling att rotera med lägre hastighet än övriga hjul på bilen. Mät hjulet kommer därmed att bromsas och rotera med

omkring 15 % glid vilket vid normala hastigheter visar sig ge maximal friktion. Friktionsmätning sker normalt enligt Trafikverkets metodbeskrivning "VVMB 104 - Bestämning av friktion på belagd yta" och redovisas som ett max- och minimivärde samt medelvärde för friktionstalet över sträckor (VTI, 2006).

BV11 är, likt SAAB Friction Tester (SFT), ett friktionsmätningssinstrument med en mätteknik som bygger på att ett bromsat hjul roterar med en lägre hastighet än fordonets övriga hjul. BV11 består av en trailer som hängs på en bil. BV11 är tillsammans med SFT de vanligast förekommande instrumenten i Sverige vid friktionsmätning på allt från flygfält till vanliga vägar och av olika däcktyper (Wallman & Åström, 2001).

4.3.3 Texturmätning

Sand Patch-metoden är en manuell fältundersökningsmetod för texturmätning där sand arbetas ned i vägytan. Sanden ska ha en kornstorlek på mellan 0,15 – 0,3 mm och bredas ut över en cirkelyta på vägen. Sandvolymen och cirkelns yta bestäms vilket gör att det volymetriska texturdjupet på vägen kan bestämmas. Medeltexturdjupet (MTD) beräknas genom att sandvolymen divideras med cirkelytan (Ekdahl, 2003).

Det går även att beräkna texturvärden utifrån en uppmätt längsprofil. Måttet Mean Depth Profile (MPD) är ett tvådimensionellt mått som återspeglar vägens makrotextur. Beräkningen utförs efter filtrering av längsprofilen, inom våglängdsintervallet 0,5 till 5 mm (Ekdahl, 2003).

5 Fältundersökningar och mätdata

I detta kapitel redovisas principerna för den genomförda fältundersökningen beträffande mätmetod, mätfordon, mätutrustning och programvara. Vidare redogörs även för mätningarnas förfarande, ingående mätsträckor samt mätdata. I kapitlet återfinns slutligen även en redogörelse av utförd bearbetning och tolkning av mätdata.

5.1 Laser RST Portable

Utrustningen vid de fältundersökningar som har genomförts under studien tillhandahålls av Ramböll RST och består av ett avancerat dator- och laserbaserat mätsystem vid namn Laser-RST Portable. Det är ett fixt system monterat på ett mätfordon som, utan kontakt med vägytan eller delar i rörelse, mäter av vägytan. Mätfordonet utgörs av en Smart Car, en bilmodell som lämpar sig väl för att framföras på cykelvägar på grund av att dess låga egentyngd ger en ringa belastning och för att bilen är liten och lättmanövrerad. Utöver mätsystemet är fordonet även försedd med en positionsgivare, i form av en DGPS, och en kamera riktad framåt. Laser-RST Portable kan ses som en avskalad variant av mätutrustningen Laser-RST som används vid mätning av vägar avsedda för motorfordonstrafik. Laser-RST Portables enklare utformning innebär dock inte någon försämring av resultatets kvalitet utan att mätutrustningen är byggd för att endast mäta de vägyteparametrar som är väsentliga vid mätningar av cykelvägar. Mätutrustningen är flexibel och kan användas i såväl låg som hög hastighet och även i tät trafik. Den lämpar sig väl för vägytemätningar där hög noggrannhet och god repeterbarhet på ett mindre antal mätparametrar efterfrågas (Ramböll 2008).

Mätutrustningen består i huvudsak av en balk monterad baktill på mätfordonet, varvid två sensorboxar, innehållandes en laser och accelerometer, har fästs, se Figur 5.1 nedan. Övriga huvudkomponenter i mätutrustningen är en hjulpulsgivare, en systemlåda, en DGPS-antenn, en monitor, ett tangentbord och en knappdosa, se Figur 5.2 nedan. Avståndet mellan sensorboxarna kan lätt justeras för att tillgodose kraven och önskemålen för ett specifikt mätprojekt. Strömförsörjningen till mätutrustningen erhålls via en konverterare som är kopplad till bilens batteri. Samtliga signaler från mätutrustningen sänds digitalt till beräkningsenheten vilken, tillsammans med dess strömförsörjning, DGPS-mottagare och mät dator, finns placerad i systemlådan. Vid bilens passagerarsäte placeras en monitor och tangentbord för övervakning och kontroll av mätningarna. På monitorn visas insamlad mätdata samt systemets ingående delars hälsa. I framsätet finns även den knappdosa med vilken faktorer som kan påverka mätdata manuellt registreras (Ramböll 2008).



Figur 5.1 Två sensorboxar, innehållandes en laser och accelerometer, fästa vid den balk som finns monterad baktill på mätfordonet (Ramböll, 2008).



Figur 5.2 Till höger syns mätutrustningens systemlåda och till vänster en monitor med tangentbord samt knappdosa (Foto: Carl Ossbahr).

De digitala signalerna sänds till beräkningsenheten från olika givare i mätutrustningen. Pulsgivaren sitter monterad på ett icke-drivande hjul och samlar information avseende tillryggalagd sträcka och hastighet. Genom att sända ut 2 500 pulser per varv som hjulet snurrar erbjuder givaren ett resultat med en upplösning på omkring en millimeters noggrannhet. Utöver denna pulsmätare finns även, på balken baktill på mätfordonet, en lasergivare monterad inuti respektive sensorbox. Dessa givare har till uppgift att förmedla information om vägytan, vilket sker genom att en 1 mm bred stråle av infrarött ljus reflekteras mot vägytan. Från de båda lasergivarna sänds därefter en digital signal som beskriver vägytans longitudinella variation. Bredvid respektive lasergivare finns även en accelerometer placerad inuti sensorboxarna. Accelerometrarnas funktion är att mäta lasergivarnas vertikala acceleration och på så vis kontinuerligt bestämma positionen i förhållande till vägytan. DGPS-mottagaren, monterad på mätfordonets tak, mottar via satelliter information om mätfordonets position. Informationen samlas in kontinuerligt vilket gör det möjligt att även stoppa mätningar vid en förutbestäm

koordinat. Kameran är placerad på mätfordonets tak och riktad framåt. Foton över den aktuella cykelvägen insamlas och lagras varje 10 m (Ramböll 2008).

Datorprogrammet som används vid mätning med Laser RST Portable heter RSoft. Programmet används för insamling, övervakning och kontroll av mätdata. Programmet innehåller bland annat instruktions- och referensmanual, kalibrerings- och konfigureringsverktyg för mätsystemet, en vägmätare, system för insamling av mätdata samt data från tidigare genomförda mätningar. Efter bearbetning av insamlad mätdata kan cykelvägens längsprofil beräknas genom att, den från lasergivarna uppmätta, längsprofilen subtraheras med den längsprofil som uppmätts av accelerometrarna. Därmed erhålls den verkliga längsprofilen utan påverkan av bilens vertikala rörelser. Utifrån denna längsprofil kan sedan IRI-, textur- och RMS-värden, såväl som specifika parametrar valda av den enskilde användaren beräknas (Ramböll 2008).

5.2 Åtgärder och planering inför mätning

Kalibrering, det vill säga uppmätning av hur rätt eller fel värdet av accelerometrarna är vid en viss tidpunkt, sker med en funktion i programmet RSoft. Kalibreringen genomförs tre gånger varefter testresultaten jämförs med varandra och Rsoft meddelar om resultatet är tillräckligt likartat. Under kalibrering ska mätfordonet vara avstängt, obemannat och stå placerad på en plan yta. Denna kalibrering behöver emellertid endast utföras i de fall sensorboxarna omplacerats eller tagits bort (Ramböll 2008).

Inför insamling av data skapas en planeringsfil för aktuell mätsträcka. Denna fil fungerar som ett underlag för det aktuella mätobjektet och innehåller information kring bland annat mätsträckans längd etcetera. Innan mätning ska mätfordonets kamera kontrolleras för att säkerställa bildkvaliteten och optimera denna efter rådande ljusförhållande. Även glaset framför kameran ska kontrolleras (Ramböll 2008).

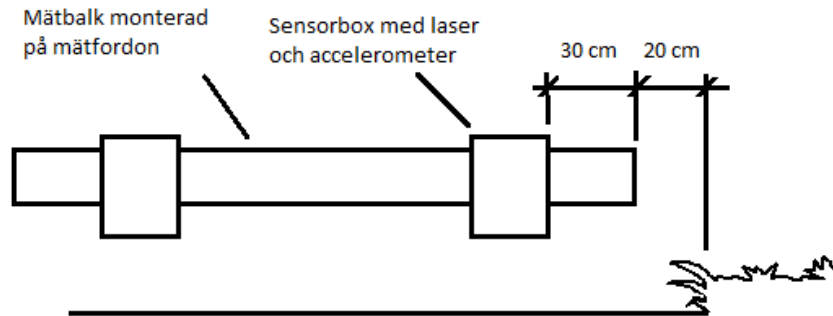
5.3 Fältundersökningens förfarande

Datainsamlingsprogrammet i RSoft heter Hiway. Den tidigare skapade planeringsfilen för mätobjektet öppnas, via datorn i mätfordonet, varpå mätningarna kan börja. Hiway visar vid uppstart ett dialogfönster med de aktiva funktionernas status. I denna studie avses följande funktioner i RSoft att användas under mätning; Sampler, Realtime Image Capture samt Subjective evaluation. Under fältundersökning kan dessa tre funktioner övervakas. Funktionen Sampler lagrar data från mätfordonets accelerations- och lasergivare vilka efter mätning kan analyseras. Under mätning visas således inga realtidsdata från längsprofilmätningen utan det som kontinuerligt uppdateras är respektive givares hastighet och bilder tagna av kameran.

För att säkerställa att mätningarna utförs på ett entydigt förfaringsätt och uppfyller kraven på repeterbarhet ska, utöver det förberedande åtgärds- och planeringsarbetet, även följande riktlinjer iakttagas; Kontroller ska utföras efter längre transporter eller om något har inträffat som kan påverka mätresultaten, till exempel regnväder eller smutsstänk. Under mätning kontrolleras kontinuerligt att värdena i Sampler är rimliga. För att uppnå en god reliabilitet i arbetet har mätningarna utförts enligt Ramböll RST:s rutiner för mätning med Laser RST. Vidare skall, under mätning, mätfordonets varningsljus alltid vara påslagna. Vid väder med nederbörd eller

dålig sikt skall mätning ej utföras och mätfordonet skall förvaras i garage för att undvika problem med fukt i lasergivarna (Ramböll 2008).

Mätningarna eftersträvas att utföras med ett avstånd på 50 cm till cykelvägens kant. Sensorboxarna sitter därför placerade 30 cm in från hjulets ytterkant med avsikt att mätfordonets ska framföras med en marginal på 20 cm till vägkanten, se Figur 5.3 nedan.



Figur 5.3 Sidolägesplacering av fordon och därmed mätbalk vid mätning på cykelväg.

Beträffande mät hastigheten är Laser-RST Portable inte beroende av att en konstant hastighet hålls under mätningarna. Krängningar, som beror av mätfordonets hastighet, kan dock påverka mätresultatet. För att erhålla ett tillförlitligare mätresultat bör därför mätningarna utföras med någorlunda konstant hastighet och mjuk körning. Vidare eftersträvas mätfordonet att vid varje mätningens start, mjukt accelereras upp till en för situationen passande hastighet och därefter i högsta möjliga mån hålla denna konstant över hela det aktuella mätobjektet. Då cykelvägar kan innehålla relativt krokiga och smala delsträckor är det särskilt viktigt att hela tiden anpassa hastigheten till situationen och i allmänhet försöka följa cykeltrafikens hastighet. Acceleration och inbromsning liksom kurvtagning ska således ske mjukt. Mätsträckor undviks även att inledas vid en kurva eller liknande utan påbörjas istället i punkt där fordonet kan framföras rakt.

Två situationer bör alltid registreras vid mätning.

1. Oförutsedda eller oklara mätsituationer som resulterar i att delar av sträckor inte kan mätas eller att mätresultatet över vissa sträckor inte blir helt tillförlitligt. Orsaker till det förstnämnda kan till exempel vara mötande fotgängare och cyklister på mätsträckan, hinder på cykelvägen, korsningspunkter, för smala passager eller snäva kurvor. För det senare kan faktorer som grus, löv, stående vatten, snö eller is på vägytan istället vara orsaken. Vid förekomst av någon av dessa orsaker till ogiltig eller icke tillförlitlig mätdata ska data i dessa avsnitt under pågående mätning registreras. Detta sker genom att funktionsknapp 1 på den knappdosa som ingår i systemet hålls nedtryckt under den tid mätfordonets lasrar passerar det avvikande avsnittet.
2. Faktorer som inte ger felaktig mätdata men som kan förväntas ge ett kraftigt utslag i mätningarna ska registreras under pågående mätning. Exempel är faktorer som grussträngar, gräs- och rotintrång, brunnslock, lappningar, kraftiga krackeleringar, sprickor, potthål, materialbyten, sättningar och övriga ojämnheter som kan upptäckas

från förarsätet. Denna registrering sker genom att funktionsknapp 2 hålls nedtryckt under den tid mätfordonets lasrar passerar de ovannämnda exemplen. Dessa kompletteringar av mätdata genomförs således kontinuerligt av operatören under pågående mätning.

Ytterligare komplettering av mätdata erhålls från den framåtriktade kameran, vars uppgift är att tillhandahålla bilder av vägmiljön tagna var tionde meter. Kameran är vinklad på så vis att både detaljer i beläggningen och omkringliggande miljö fångas upp i fotona. På så vis kan till exempel båda skador i beläggningen och träd- samt buskintrång identifieras utifrån bilder. Att ha bilder tagna av vägyta och dess omkringliggande miljö i kombination med information från de båda funktionsknapparna ger ett gott underlag till relateringen av mätdata och efterföljande granskning. Nedan illustreras ett foto taget av den framåtriktade kameran under fältundersökning, se Figur 5.4 nedan.



Figur 5.4 Exempel på foto taget av kameran under mätning.

Efter avslutad mätning genomförs omgående en kontroll av insamlad mätdata ute i fält. I programmet Rsoft kontrolleras mätdata från samplerfunktionen på 100 respektive 1 mm nivå. Kontrollen är enkel att utföra och ger direkt information kring om något fel har skett vid mätningen eller om någon eventuell mätdata saknas.

5.4 Aktuella mätsträckor och mätdata

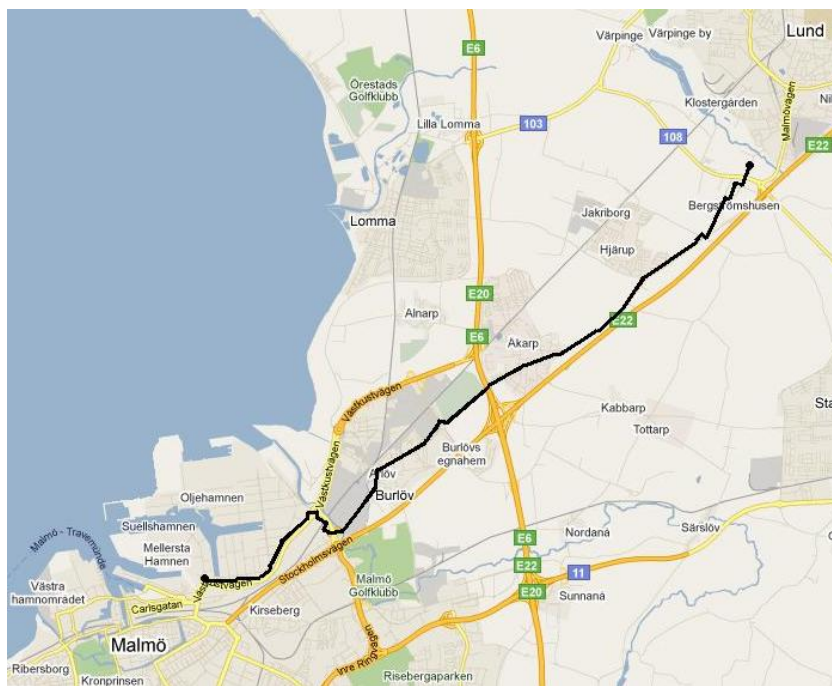
Fältundersökningen har omfattat en av författarna utförd mätning av cykelvägen mellan Lund och Malmö. Vid validering av de två beräkningsmodellerna har även mätdata från ett, av Ramböll RST, tidigare utfört uppdrag av det asfaltbelagda gång- och cykelvägnätet under Lidingö Stads förvaltning använts. I studien har således mätningar av omkring 14 km cykelväg mellan Lund och Malmö samt mätdata över 42 km cykelväg från uppdraget i Lidingö ingått.

Data har även erhållits från tidigare utförda mätningar av företaget Dynatest på anvisade delar av cykelvägnätet inom Göteborg Stad. Mätningarna är utförda med, den i kapitel 4.2.3 tidigare redogjorda för, mätmetoden 6450 Lightweight Profilometer från Dynatest. Från Göteborg Stad har även data från en cykelbesiktning, tidigare redogjord för i kapitel 4.1.3, erhållits. Denna cykelbesiktning är utförd av företaget NCC på anvisade delar av cykelvägnätet på Hisingen i

Göteborg . Denna mätdata beslutas dock att inte användas vid valideringen på grund av olika anledningar. Vidare motivering till detta beslut står att finna i kapitel 8.2.

5.4.1 Lund - Malmö

För att inkludera en regional cykelväg har sträckan mellan kommunerna Malmö och Lund valts som ett mätobjekt, se Figur 5.5 nedan. På sin väg mellan de båda städerna passerar cykelvägen även Burlövs kommun och Staffanstorps kommun. Aktuell mätsträcka på denna cykelväg är 13 960 m. Startpunkt i Malmö definierades som korsningen av Västkustvägen och Lodgatan. Slutpunkt återfinns, strax innan Ideon Park i Lund, i den punkt där cykelvägen, efter att ha korsat länsväg 108, leds ut i väg avsedd för motorfordonstrafik. Sträckan är sammanhängande men består av olika partier av varierande kvalitet och utformning, vilket gör den till ett passande mätobjekt. Cykelvägen är, med undantag för någon kortare sträcka, helt separerad från motorfordonstrafik och relativt lågt trafikerad. Under fältundersökningen mättes sträckan vid fyra tillfällen, två gånger i respektive riktning. Den första mätningen i respektive riktning genomfördes onsdagen den 11 november under eftermiddagen och den andra mätningen genomfördes måndagen den 15 november på förmiddagen.



Figur 5.5 Mätsträckan mellan Lund och Malmö.

5.4.2 Lidingö Stad

Ramböll RST genomförde under juli 2009 en inventering av beläggningen på anvisade delar av det asfaltbelagda gång- och cykelvägnätet förvaltad av Lidingö Stad, se Figur 5.6 nedan. Inventeringen genomfördes som en okulär skadebesiktning kombinerad med en jämnhetsmätning utförd med Laser RST Portable. Totalt inventerades och uppmättes 102 km

cykelväg. Mätdata över 42 km från detta uppdrag analyseras och används vid validering av de båda beräkningsmodellerna.

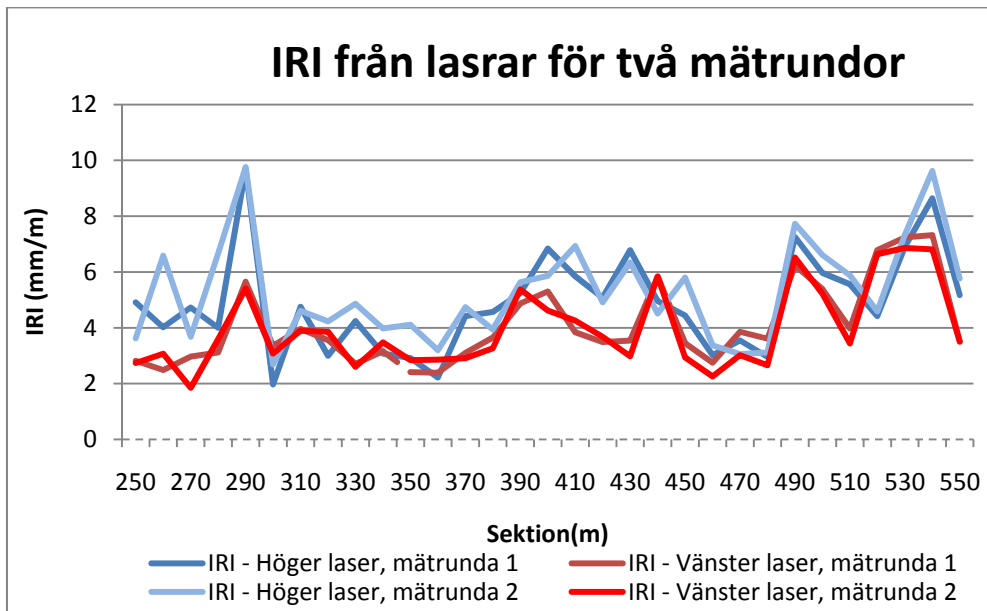


Figur 5.6 Inventerade sträckor av det asfaltbelagda gång- och cykelvägnätet i Lidingö (Ramböll, 2009).

5.5 Förberedande bearbetning och tolkning av mätdata

För att uppnå studiens syfte att validera två existerande beräkningsmodeller för komfortmätning av cykelvägar måste kunskap och erfarenhet kring bland annat insamlad mätdata, responsmått samt geometriska mått erhållas. För att tillägna sig denna kunskap har därför författarna till studien inledningsvis utfört olika kontroller och analyser. På så vis kunde samtidigt mätmetodens tillförlitlighet och reliabilitet såväl som utförandet av fältundersökningen granskas. Granskning och analys av insamlad mätdata skedde i Microsoft Office Excel och ProVAL. Kalkylprogrammet Excel användes för sortering, beräkning samt resultatredovisning av insamlad mätdata emedan programmet ProVAL användes för att illustrera och närmare analysera de längsprofiler som mäts. Programmet innehåller ett stort antal analysverktyg med vilka man bland annat kan filtrera längsprofilen med avseende på dess våglängdsinnehåll. Fältundersökningens inledande mätrunda på sträckan mellan Lund och Malmö utgjorde testobjekt. Mätdata beträffande profil, hastighet, längd, DGPS-koordinater, IRI- och samtliga RMS-värden från de två lasrarna samt de subjektiva bedömningarna registrerade med knappdosa extraherades från systemlådan i mätfordonet och överfördes till kontorsplats.

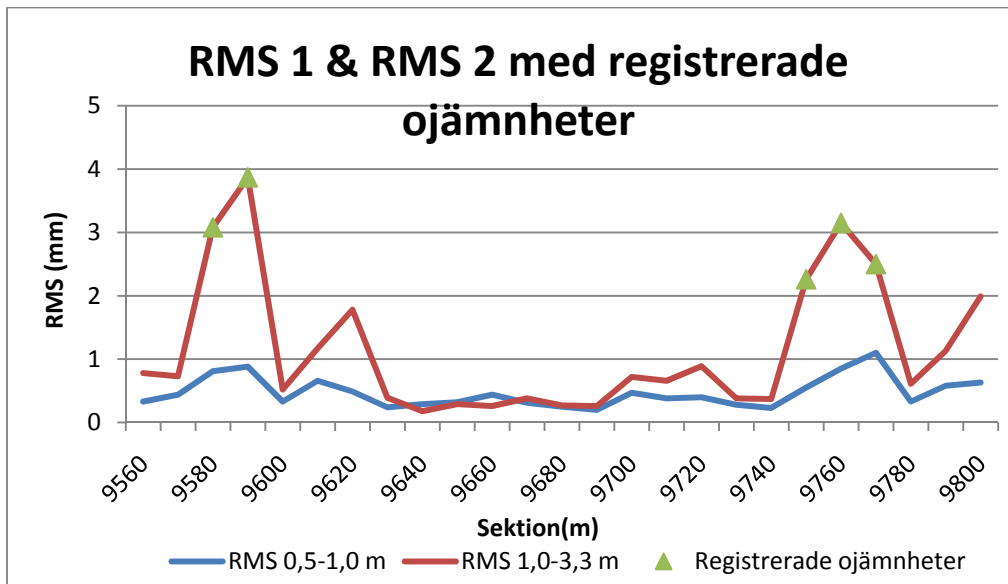
Vid en inledande kontroll har de, om en för situationen något missvisande och opassande, insamlade IRI-värdena, se kapitel 3.5, använts som en första kontrollparameter. Mätdata som under mätning har registrerats som ogiltiga eller icke tillförlitliga raderas. Även IRI-värden på över 30 mm/m sorteras bort, eftersom detta bedöms som icke tillförlitlig data. Analyser utfördes därefter i Excel genom att illustrera IRI-värden från respektive laser och mätrunda i diagram, se Figur 5.7 nedan.



Figur 5.7 IRI-värden uppmätta med två lasrar under två mättrundor.

Beträffande metodens repeterbarhet visar diagrammet på god överensstämmelse mellan resultat erhållet från respektive laser som mellan de olika mättrundorna. På samma vis jämförs, efter att ogiltig eller icke tillförlitlig data raderats, RMS-värden, beräknade inom separata våglängdsintervall, från både höger och vänster laser samt respektive mätning. Med RMS-värdet ges ett sammanvägt medelvärde av ojämnheterna över en viss sträcka inom ett bestämt våglängdsintervall. Beräkning av dessa värden kan utföras manuellt i Excel men även erhållas direkt av programmet RSoft.

För att erhålla en bild över ytterligare möjligheter till granskning av data analyserades korrelationen mellan de med knappdosan manuellt registrerade ojämnheterna och insamlad data av lasrarna. I Figur 5.8 på nästa sida illustreras hur de med knappdosan manuellt registrerade ojämnheterna under fältundersökningen även sammanfaller med de av lasrarna uppmätta topparna i RMS-värdena.



Figur 5.8 Uppmätta RMS-värden och med knappdosan manuellt registrerade ojämnheter.

I Figur 5.9 och Figur 5.10 nedan syns bilder tagna av den framåtriktade kameran på mätfordonet över de sektioner, som i diagrammet ovan, manuellt registrerats som föremål för ojämnheter under mätning.



Figur 5.9 Bild tagen över sektion 9590.

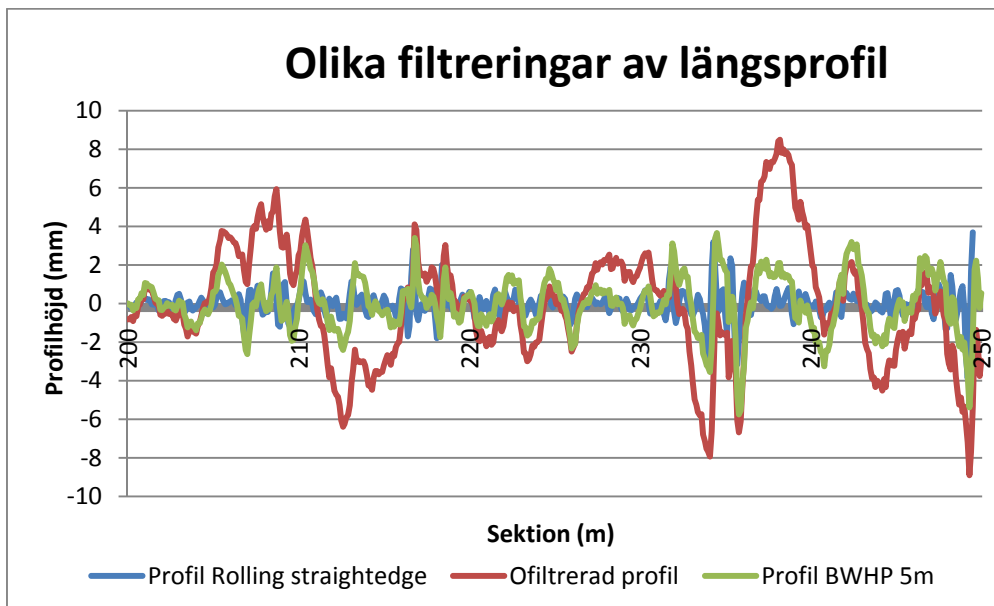


Figur 5.10 Bild tagen över sektion 9770.

I Figur 5.9 urskiljs hur en mindre väl utförd lappning, efter ett tidigare ledningsschakt, har gett upphov till ojämnheten i cykelvägen och därmed till det höga RMS-värdet vid sektion 9590. Vidare urskiljs i Figur 5.10 hur en större lappning av cykelvägen föranleder stegrande RMS-värdena i och omkring sektion 9770. Kombinationen av insamlade foton, mätdata och manuella registreringar möjliggör således en mycket djupgående granskning av data och resultat vid mätningar.

Vid bearbetning av insamlad mätdata på sträckan Lund - Malmö utfördes även ett antal tester i Programmet ProVAL. De olika filtrerings- och analysfunktionerna i programmet kan bland

annat filtrera längsprofilens våglängdsinnehåll. Med hjälp av ett så kallat Butterworthfilter av typen highpass, lowpass eller bandpass kan olika valda våglängdsintervall sorteras bort. En filtrering av aktuell mätdata i programmet genomfördes således med hjälp av ett highpassfilter på 5 m. Detta innebär att alla ojämnheter med en våglängd överstigande 5 m filtreras bort. På så vis kan man bortse från ojämnheter utom påverkan för cyklistens komfortupplevelse i längsprofilen och efterföljande beräkningar och resultat speglar bättre cyklistens perspektiv. Vidare finns i ProVAL en funktion där en virtuell rätskena med bestämd längd förflyttas över längsprofilen, det vill säga en så kallad Rolling Straight Edge. Det största avståndet mellan skena och vägtyta mäts kontinuerligt och resultatet blir en alternativ redovisning av cykelvägens ojämnheter. Figur 5.11 nedan illustrerar hur en och samma längsprofil, beroende på syfte och mål, kan åskådliggöras på ovan nämnda olika vis. I figuren syns en profil ofiltrerad, filtrerad med Butterworth Highpassfilter på 5 m samt mätt med Rolling Straight Edge med längden 1,5 m.



Figur 5.11 Olika filtreringar av längsprofil.

Figuren åskådliggör hur olik information och redovisning av en och samma inmätta längsprofil kan se ut beroende på hur man väljer att bearbeta aktuell data. Det finns således en mängd olika vis att bearbeta en längsprofil.

6 Metod för validering av beräkningsmodeller

Kapitel 6 syftar till att inledningsvis beskriva den grundläggande uppbyggnaden av de två beräkningsmodellerna och respektive klassificeringssystem. Därefter presenteras och tolkas resultatet för valideringen av de två beräkningsmodellerna.

6.1 Beräkningsmodeller

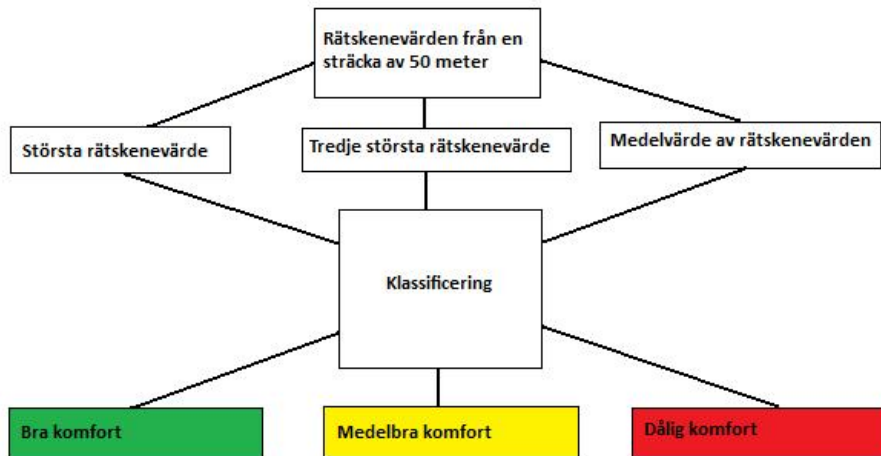
6.1.1 VTI:s beräkningsmodell

VTI:s beräkningsmodell för ett komfortvärde på cykelvägar har utvecklats med utgångspunkt att vara så enkel och pedagogisk som möjligt. Modellen bygger därför inte på någon direkt komplicerad beräkning av till exempel acceleration. Beräkningsmodellen bygger istället på en typ av rätskenemetod vilket innebär att en rätskena med längden 0,5 m förflyttas längs med den uppmätta längsprofilen. Rätskenan placeras ovanpå den uppmätta profilen och förflyttas framåt i steg om 1 dm, varpå den maximala höjdskillnaden mäts vid varje position, se Figur 6.1 nedan.



Figur 6.1 Principskiss för rätskenemetod.

Under testmätningar av mätmetod och beräkningsmodell utförda vid Jägerso i Malmö utvecklades även ett förslag till klassificeringssystem av VTI, se Figur 6.2 nedan.



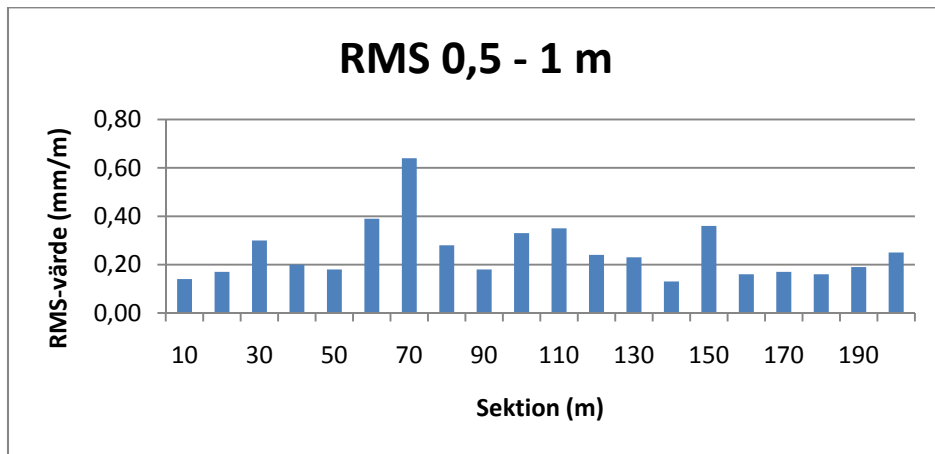
Figur 6.2 Strukturell beskrivning av VTI:s förslag till klassificeringssystem.

Förslaget innebär att det aktuella mätobjektet klassificeras i intervall om 50 m efter resultat erhållet från rätskenemetoden. Ett maxvärde från rätskenan anges därför för varje 5-meterssträcka som sedan sammanställs i intervall om 50 m. Klassificeringen bygger därefter på det högsta värdet, det tredje högsta samt ett medelvärde av samtliga maxvärden erhållna från de ingående 5-meterssträckorna. Klassificeringen sker i en tregradig skala enligt följande riklinjer:

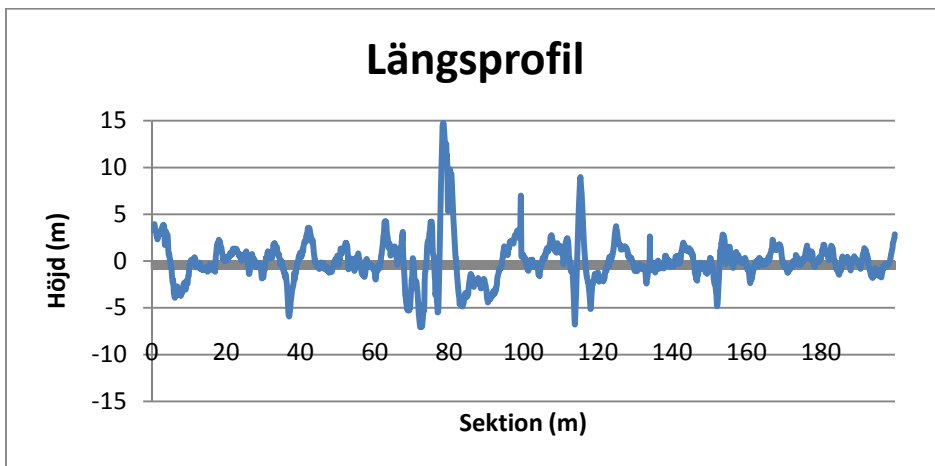
- Röd klass anger lägsta standard med tre eller fler maxvärden över 10 mm eller ett medelvärde av maxvärdena över 8 mm
- Gul klass representerar medelstandard med en eller två maxvärden över 10 mm eller ett medelvärde av maxvärdena över 6 mm
- Grön klass anger högsta standard och kräver att inget maxvärde är över 10 mm och att medelvärdet på maxvärdena är mindre än 6 mm

6.1.2 Rambölls beräkningsmodell

Rambölls beräkningsmodell bygger på beräkning av vägens ojämnheter inom de korta våglängdsintervallen. Utifrån uppmätt längsprofil filtreras samtliga våglängdsinnehåll utanför intervallet 0,5 – 1 m bort. Därefter beräknas RMS-värden för profilen, vilket kan beskrivas ge ett värde på hur mycket cykelvägen avviker från att vara helt jämn inom det aktuella våglängdsintervallet. Figur 6.3 åskådliggör RMS-värden inom 0,5 – 1 m beräknade utifrån en längsprofil, redovisad i Figur 6.4.



Figur 6.3 RMS inom våglängdsintervallet 0,5 – 1 m.



Figur 6.4 Längsprofil.

Beträffande syftet vid det, av Ramböll RST, tidigare utförda uppdraget vid Lidingö Stad så var det att skapa ett underlag för planering av underhållsbehovet i kommunens gång- och cykelvägnät. Eftersom underhållsåtgärder inte utförs på enskilda 5- eller 10-meterssträckor behövde resultatredovisning och klassificering anpassas för att bättre svara mot beställarens önskemål och krav vid detta uppdrag. För klassificering skapades därför en funktion i beräkningsmodellen som efter skillnader inom erhållna RMS-värden delar in respektive mätsträcka i mindre homogena delsträckor. Dessa delsträckor har därmed ingående en förhållandevis lika standard och kvalitet. För en tydligare resultatredovisning översattes därefter RMS-värdena till klasser. En tregradig skala för klassificering bestämdes utefter den stokastiska fördelningen av mätdatan.

6.2 Formulering av "sanning"

En bra beräkningsmodell skall återge representativa värden av det som utvärderas eller beräknas. För att möjliggöra validering av de två beräkningsmodellerna måste respektive modells resultat kunna jämföras mot något som kan anses ha det "rätta" svaret utifrån

användningsområdet. Något som varje beräknat komfortvärde kan bedömmas mot måste således definieras.

Eftersom mätmetoden, och de båda beräkningsmodellerna, främst syftar till att beskriva komfortupplevelsen för cyklisten bör rimligen "svaret" eller referensramen utgå från hur cyklister upplever komforten på aktuell cykelväg. På så vis kan beräkningsmodellernas sanningsenlighet granskas och en analys av hur väl resultaten faktiskt återspeglar cyklistens komfortupplevelse genomförs.

Samtidigt kan man inte helt bortse från underhållsperspektivet eftersom detta sannolikt alltid kommer att spela en avgörande roll vid de rent produktionstekniska detaljerna. På så vis ska respektive beräkningsmodells resultat även jämföras mot något som kan anses ha det "rätta" svaret ur väghållares perspektiv.

6.2.1 Validering mot komfortupplevelse

Med syfte att koppla ytans jämnhet, och därmed även den beräknade komforten, till cyklistens verkligt upplevda komfort genomfördes en utvärdering på cykel av författarna till studierna. Den under fältundersökningen ingående mätsträckan mellan Lund och Malmö cyklades under cykelutvärderingen två gånger. Under den första rundan identifieras homogena partier och den omkring 14 km långa sträckan delades in i 13 stycken delsträckor med en, inom avsnitten, relativt likartad beläggning och standard. De 13 delsträckorna illustreras av kartan nedan, se Figur 6.5. På så vis erhöles även kännedom kring variationen av standarden över hela sträckan och en känsla för vad som kunde anses bra eller dåligt.



Figur 6.5 Mätsträckan Lund – Malmö uppdelad i 13 stycken delsträckor.

Under den efterföljande mätundan utfördes bedömning och klassificering av hur det upplevs att cykla på respektive delsträcka. Fokus ligger på hur vägytan upplevs emedan omkringliggande vägmiljö och omgivning helt utesluts och bortses från under utvärderingen. Klassificering sker enligt en sexgradig skala, se Tabell 6.1 nedan. Kommentarer kring respektive delsträckas kvalitet etcetera noteras även. Denna cykelutvärdering står således som referensram vid valideringen av beräkningsmodellerna för mätningarna mellan Lund och Malmö. Som komplement och hjälpmedel vid valideringen används även de bilder som insamlas och lagras under mätningarna.

Tabell 6.1 Klassificering av upplevd komfort mellan Lund och Malmö med förklaring.

Klass	1	2	3	4	5	6
Förklaring	Helt Slät	Nästan helt slät	Övervägande slät	Tydligt skrovlig	Störande skrovlig	Obehagligt skrovlig

6.2.2 Validering mot underhållsbehov

Från inventeringen av cykelvägnätet i Lidingö Stad finns ett urval av sträckor i behov av underhåll att tillgå från projektets slutdokumentation. Genom att de beräknade komfortvärdena har korrelerats mot denna underhållsprioritering har en validering av beräkningsmodellerna ur ett underhållsperspektiv genomförts. Eftersom underhåll av vägar syftar till att upprätthålla vägens funktionella egenskaper kan en prioritering av underhållsbehov anses vara en klassificering av dessa egenskaper och hur de förväntas förändras över tiden. Funktionella egenskaper inkluderar komfort, trafiksäkerhet och framkomlighet, vilka samtliga kan kopplas till vägytans jämnhet. Detta innebär att cykelvägens komfortmässiga standard utifrån jämnhetsmätningar står i nära relation till dess underhållsbehov. Underhållsprioriteringen från slutdokumentationen av uppdraget i Lidingö får därför vid validering av beräkningsmodellerna utgöra sanningen och fungera som substitut till cyklistens komfortupplevelse. Vid prioritering av underhållsbehovet på cykelvägnätet i Lidingö klassificerades cykelvägarna av Ramböll RST enligt en fyrgradig skala, se Tabell 6.2 nedan. Som komplement och hjälpmedel vid valideringen används även de bilder som insamlas och lagras under mätningarna samt kommentarer och motiveringar till underhållsprioriteringen.

Tabell 6.2 Klassificering av underhållsbehov i Lidingö med förklaring.

Klass	1	2	3	4
Förklaring	Inget	Lågt	Högt	Mycket högt

6.3 Val av klassificeringssystem vid validering

Ett klassificeringssystem har till uppgift att utifrån beräknade komfortvärden presentera ett lättförstått och överskådligt resultat över hur cykelvägen upplevs att cykla på. Till respektive beräkningsmodell finns förslag på metoder för hur klassificeringen av cykelvägen skall utföras. Eftersom denna studies syfte är att validera två existerande beräkningsmodeller och inte olika klassificeringssystem ämnas att under det fortsatta arbetet inte använda sig utav någon av de två klassificeringssystemen.

Metod för validering av beräkningsmodeller

För att genomföra en tydlig och enhetlig jämförelse mellan beräkningsmodellerna krävs emellertid att beräknade komfortvärden på något vis klassificeras. Vid validering av de två beräkningsmodellerna har därför respektive modells samtliga beräknade komfortvärden för varje 5- respektive 10-metersintervall soterats i storleksordning. Respektive beräkningsmodells samtliga komfortvärden klassificeras sedan i lika delar enligt en tregradig skala, se Tabell 6.3 nedan. På så vis kommer de två beräkningsmodellerna att klassificera lika stora delar av 5- respektive 10-meterssektioner som komfortmässigt bra, medelbra och dåliga. Därmed genomförs klassificeringen på lika grunder för de båda beräkningsmodellerna vilket möjliggör en objektiv jämförelse.

Tabell 6.3 Klassificering av beräknade komfortvärden vid validering.

Klass	1	2	3
Förklaring	Bra komfort	Medelbra komfort	Dålig komfort

7 Resultat

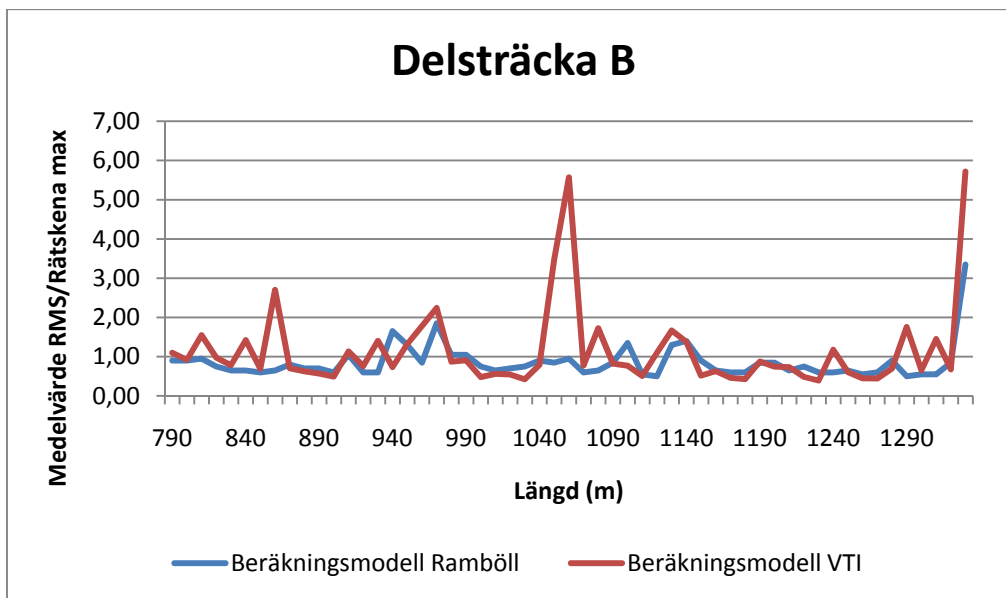
7.1 Validering mot komfortupplevelse

Data från den inmätta längsprofilen på mätsträckan Lund – Malmö står till grund för samtliga beräkningar och resultat vid denna validering av beräkningsmodellerna. Erhållen mätdata från denna mätrunda har således behandlats med VTI:s och Rambölls beräkningsmodeller och därefter klassificerats enligt Tabell 6.3.

7.1.1 Förklaring till resultatredovisning

Samtliga resultat och klassificeringar för respektive delsträcka från valideringen står att finna i Bilaga 1. Nedan återfinns dock exemplifierande figurer för förklaring av material och resultat i Bilaga 1. Som exempel står delsträcka B längs med mätsträckan Lund – Malmö.

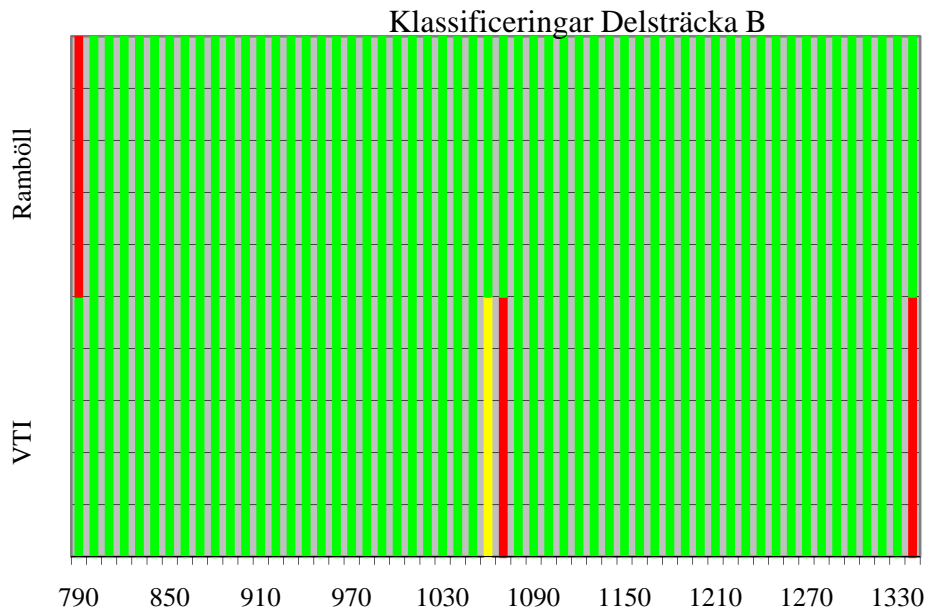
De 13 ingående delsträckorna är inledningsvis presenterade med dess respektive längd, karaktär samt klassificering av den under cykelutvärderingen upplevda komforten. Därefter följer varje delsträcka illustrerad som ett linjediagram, se Figur 7.1. Dessa linjediagram innehåller respektive beräkningsmodellens beräknade komfortvärde över delsträckorna i intervall om 10 meter. För att underlätta avläsning och jämförelse mellan beräkningsmodellerna i linjediagrammen har Rambölls komfortvärde multiplicerats med talet 5. Detta eftersom RMS-beräkningen ger numeriska värden som är ca 5 ggr lägre än de amplitudvärden som mätdata innehåller. På så vis åskådliggörs skillnader mellan komfortvärdena tydligare och det blir lättare att identifiera och särskilja de, för valideringen, mer intressanta partierna.



Figur 7.1 Exemplifiering av linjediagram för delsträcka.

Resultat

För att förtydliga och klargöra sambandet mellan beräknade komfortvärden och dess respektive klassificering redovisas även ett klassificeringsdiagram, eller färgschema, över varje delsträcka som fungerar likt en mätteknisk indikation av skadornas art, se Figur 7.2 nedan. Här illustreras hur de två beräkningsmodellerna har utfallit i klassificering för respektive delsträcka i intervall om 10 meter. Klassificeringen sker enligt den tre-gradiga skalan, där grönt representerar en bra komfort, gul en mindre bra och röd, dålig komfort.



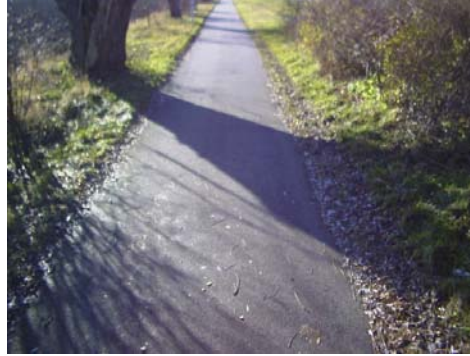
Figur 7.2 Exemplifiering av klassificeringsdiagram för delsträcka.

Resultat

Slutligen åskådliggörs även för varje delsträcka ett antal mer intressanta, eller för sträckan generellt väl beskrivande, sektioner ut. Dessa redovisas med hjälp av fotografier insamlade av kameran över aktuell sektion med tillhörande observationer och kommentarer, se Figur 7.3, Figur 7.4 samt Figur 7.5 nedan.



Figur 7.3 Sektion 79 - Ramböll har klassificerat denna sektion som komfortmässig dålig vilket kan kopplas till de sättningsrelaterade ojämnheter som kan urskiljas på bilden.



Figur 7.4 Sektion 1050 - En del löv och kvistar återfinns vid sektion 1050 och 1060 vilket härleds föranleda den enligt VTI dåliga komforten.



Figur 7.5 Sektion 1330 - Ojämnheten som står att finna vid bytet av beläggning har enligt VTI:s beräkningsmodell medfört en för sektionen dålig komfort.

Motsvarande material, mätdata och beräknade komfortvärden för övriga delsträckorna finns redovisade i Bilaga 1.

7.1.2 Tolkning av resultat

Nedan diskuteras resultatet från diagrammen över de 13 delsträckorna som har inmätts mellan Lund och Malmö. Samband, tendenser och intressanta urskiljningar i diagrammen och ur de sektioner, som bland annat illustrerats i Bilaga 1, tolkas och sammanfattas.

Resultat

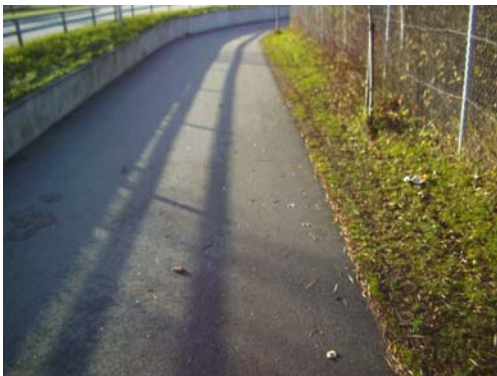
Utgångspunkten vid valideringen av beräkningsmodellerna har i första hand varit att:

- Sträckor som upplevts komfortmässigt bra får inte klassificeras som dåliga av beräkningsmodellerna
- Sträckor som upplevts komfortmässigt dåliga får inte klassificeras som bra av beräkningsmodellerna

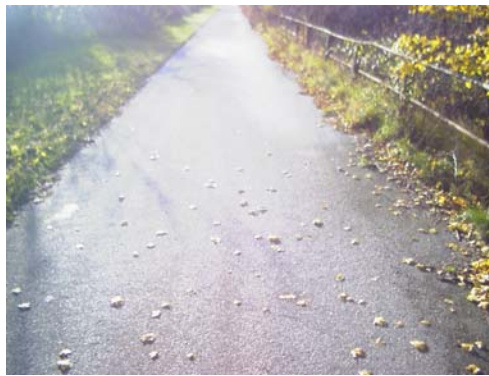
Generellt visar sig RMS-medelvärdena och maxvärdena av rätskenemetoden följa varandra på samtliga delsträckor. I diagrammen urskiljs dock hur RMS-medelvärdena uppvisar ett något lugnare beteende emedan VTI:s rätskenevärden rör sig betydligt ryckigare med fler tydliga toppar och dalar.

En av de tydligare tendenser som urskiljs över de 13 delsträckorna är hur beräkningsmodellen från VTI i större grad indikerar för singulära ojämnheter i cykelvägen. Den klassificerar således sektioner av cykelvägen innehållandes kantskador, mindre gropar, brunnslock, begynnande potthål, kanter i beläggning etcetera som komfortmässigt dåliga betydligt mer frekvent än Rambölls beräkningsmodell. Ur diagrammen kan snarare tendenser till hur Rambölls beräkningsmodell istället många gånger klassificerar samma sektioner som komfortmässigt bra. Denna tendens åskådliggörs ytterligare i de sektioner som presenteras i anslutning till respektive delsträcka i Bilaga 1.

VTI:s beräkningsmodell är enligt resultatet således känsligare och indikerar lättare för singulära ojämnheter än vad Rambölls beräkningsmodell gör. En nackdel med detta är att modellen även blir känslig för eventuella föremål på cykelvägen. Det är inte ovanligt att löv, kvistar eller dylikt i mer eller mindre omfattning återfinns på cykelvägen, se Figur 7.6 och Figur 7.7 nedan. Detta syns flera gånger i resultatet från fältundersökningen då flera komfortmässigt bra sektioner istället klassificerats som dåliga.



Figur 7.6 Sektion med löv och kvistar på cykelvägen som klassificerats som komfortmässigt dålig av VTI:s beräkningsmodell.



Figur 7.7 Sektion med löv på cykelvägen som klassificerats som komfortmässigt dålig av VTI:s beräkningsmodell.

Resultat

I de fall beställare eller väghållare avser att använda VTI:s beräkningsmodell bör en ren beläggning, fri från löv, kvistar, grus etcetera säkerställas innan mätning. Utförs inte en sopning eller dylikt av aktuella mätsträckor kan inte ett tillförlitligt resultat eller klassificering med VTI:s beräkningsmodell garanteras. Kostnader för sopning bör därför tagas i beaktande av beställaren.

En ytterligare tendens som urskiljs över de 13 delsträckorna är hur beräkningsmodellen från Ramböll lättare indikerar för mer utbredda ojämnheter i cykelvägen. Ur diagrammen urskiljs hur sektioner längs med mätsträckan innehållandes utbredda sättningar eller dylikt i större grad klassificeras som komfortmässigt dåliga av Rambölls beräkningsmodell. Utöver utbredda ojämnheter tolkas Rambölls beräkningsmodell enligt resultatet även lättare kunna indikera för krackelerad beläggning. Detta härleds bero av att en krackelerad beläggning även kan antas uppvisa utbredda ojämnheter. Rambölls beräkningsmodell anses därför i större grad bättre kunna klassificera sektioner med krackelerad beläggning eller utbredda ojämnheter, se Figur 7.8 och Figur 7.9 nedan.



Figur 7.8 Sektion som enligt Rambölls beräkningsmodell klassificeras som komfortmässigt dålig till följd av den krackelerade och något ojämna beläggningen.



Figur 7.9 Sektion som klassificerats som komfortmässigt dålig av Rambölls beräkningsmodell vilket kan härledas till den krackelerade beläggningen.

I Figur 7.10 och 7.11 nedan åskådliggörs goda exempel på hur Rambölls beräkningsmodell och RMS-medelvärden lättare registrerar utbredda ojämnheter etcetera emedan VTI:s beräkningsmodell och profildata är känsligare för singulära och mindre ojämnheter. Eftersom Rambölls beräkningsmodell inte analyserar eller grundar resultatet på enskilda maxvärden utan istället medelvärden över ingående 10-meterssträckor blir denna modell inte heller lika känslig för förekomster av dessa. Sektion 11530 till 11600 på delsträcka L är ytterligare exempel på skillnaderna i respektive beräkningsmodells klassificering.



Figur 7.10 Sektion som enligt Rambölls beräkningsmodell påvisat en dålig komfort på grund av knappt synbara sättningsrelaterade ojämnheter.



Figur 7.11 Sektion från som enligt VTI:s beräkningsmodell har påvisat dålig komfort på grund av kanten vid beläggingsbytet.

Ur färgserierna för respektive delsträcka ser man hur VTI:s beräkningsmodell tämligen regelbundet väljer att klassificera sektioner som röda, det vill säga komfortmässigt dåliga. Dess andel röda klassificeringar kan således anses vara jämnt utfördelade över mätsträckan, ofta i samband med mindre beläggningsskanter, kantskador och brunnslock. Studerar man istället hur Ramböll har valt att klassificera mätsträckan är dess röda klassificeringar inte lika jämnt och regelbundet utfördelade över hela mätsträckan som VTI:s klassificeringar. Dess andel röda sektioner syns istället vara mer ihopsamlade till främst de tre sista delsträckorna, K, L och M, där beläggningen i större utsträckning var skadad och krackelerad.

Delsträckorna K, L och M är även de som under cykelutvärdering har upplevts som minst komfortabla och därför också klassificerats som minst bra. Rent generellt stämmer således resultatet av Rambölls beräkningsmodell bättre överens med resultatet av den genomförda cykelutvärderingen. Därmed lyckas Ramböll bättre efterlikna cykilstens komfortupplevelse av att cykla en cykelväg. Samtidigt kan inte de sektioner innehållandes singulära ojämnheter som VTI:s beräkningsmodell har klassificerat som röda och okomfortabla helt förkastats och bortses från. Det är i flera fall just dessa punkter och ojämnheter längs med delsträckorna som under cykelutvärderingen upplevts som mest okomfortabla. Dessa har dock utgjort en sådan liten del av delsträckan att dess inverkan varit liten vid helhetsbedömningen av den upplevda komforten. Hade cykelutvärderingen utförts på betydligt kortare delsträckor hade VTI förmodligen uppnått en betydligt bättre korrelation mot cykelutvärderingen och dess upplevda komfort.

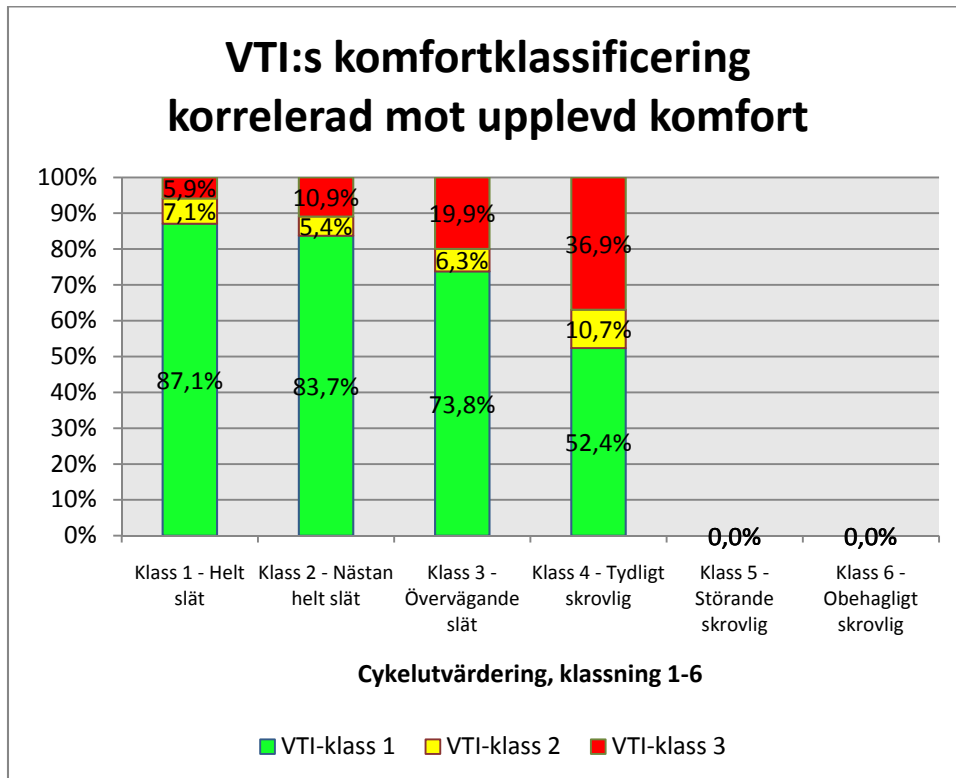
7.1.3 Sammanställning av resultat för hela mätsträckan

Nedan är en sammanställning av resultatet för samtliga delsträckor på mätsträckan mellan Lund och Malmö för de båda beräkningsmodellerna presenterade. För att analysera och åskådliggöra hur väl de båda beräkningsmodellernas respektive klassificering stämmer överens med verkligheten har klassificeringen av den upplevda komforten under cykelutvärderingen korrelerats mot den beräknade komforten av de två modellerna.

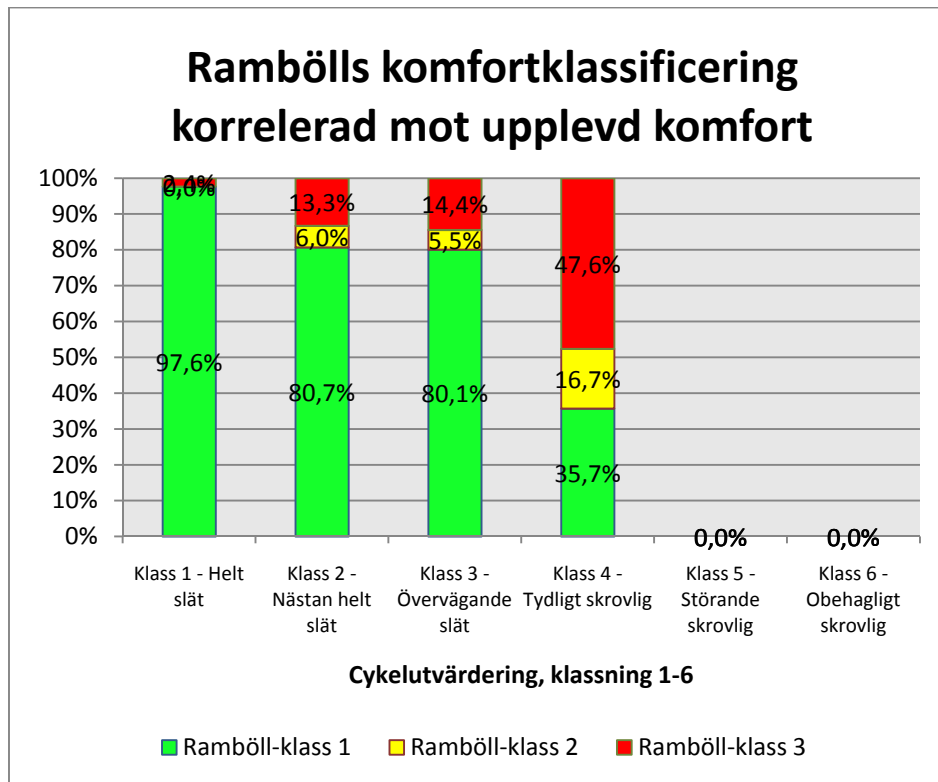
Detta är illustrerat i två olika stapeldiagram, se Figur 7.12 och Figur 7.13 nedan, där respektive stapel representerar alla sträckorna som respektive klassificering från cykelutvärderingen.

Resultat

Staplarna är uppdelade efter de andelar som respektive beräkningsmodell har klassat de ingående 10-metersintervallen. Staplarna representerar samtliga delsträckor som ingår i mätobjektet mellan Lund och Malmö. I de båda diagrammen syns även hur staplarna vid klasserna 5 respektive 6 från cykelutvärderingen är tomma. Detta har sin grund i att ingen av delsträckorna mellan Lund och Malmö upplevdes så pass okomfortabla under den genomförda cykelutvärderingen att denna klassificering krävdes.



Figur 7.12 VTI:s komfortklassificering korrelerad mot upplevd komfort.



Figur 7.13 Rambölls komfortklassificering korrelerad mot upplevd komfort.

Vid sammanställningen av hela mätsträckan mellan Lund och Malmö jämförs klassificeringen från Rambölls och VTI:s beräkningsmodeller mot klassificeringen av den upplevda komforten från cykelutvärderingen. Ur denna sammanställning åskådliggörs hur Rambölls beräkningsmodell bättre urskiljer de, enligt cykelutvärderingen, mer komfortabla respektive okomfortabla delsträckorna.

Rambölls beräkningsmodell visar sig klassificera 97,6 procentandelar, av de sträckor som under cykelutvärderingen har upplevts som helt släta, som komfortmässigt bra. Med andra ord saknas det här endast 2,4 procentandelar för fullständig korrelation mellan Rambölls beräknade komfort och den upplevda komforten. VTI:s beräkningsmodell uppvisar i sin tur en korrelation på 87,1 procentandelar komfortmässigt bra klassificerade sträckor.

För de två mellersta staplarna av komfort, det vill säga de som under cykelutvärderingen har upplevts som nästan helt släta och övervägande släta, skiljer sig de båda beräkningsmodellernas resultat åt. VTI:s beräkningsmodell har påvisat en skillnad på omkring 10 % i klassificeringarna bra och dålig komfort emedan Rambölls beräkningsmodell inte har påvisat någon direkt komfortmässig skillnad. I avseende att skilja dessa klassificeringar åt är således resultatet från VTI:s beräkningsmodell mer tillförlitligt.

För de delsträckor som under cykelutvärderingen upplevts som tydligt skrovliga uppvisar Rambölls beräkningsmodell en bättre korrelation. 47,6 procentandelar har här klassificerats som

Resultat

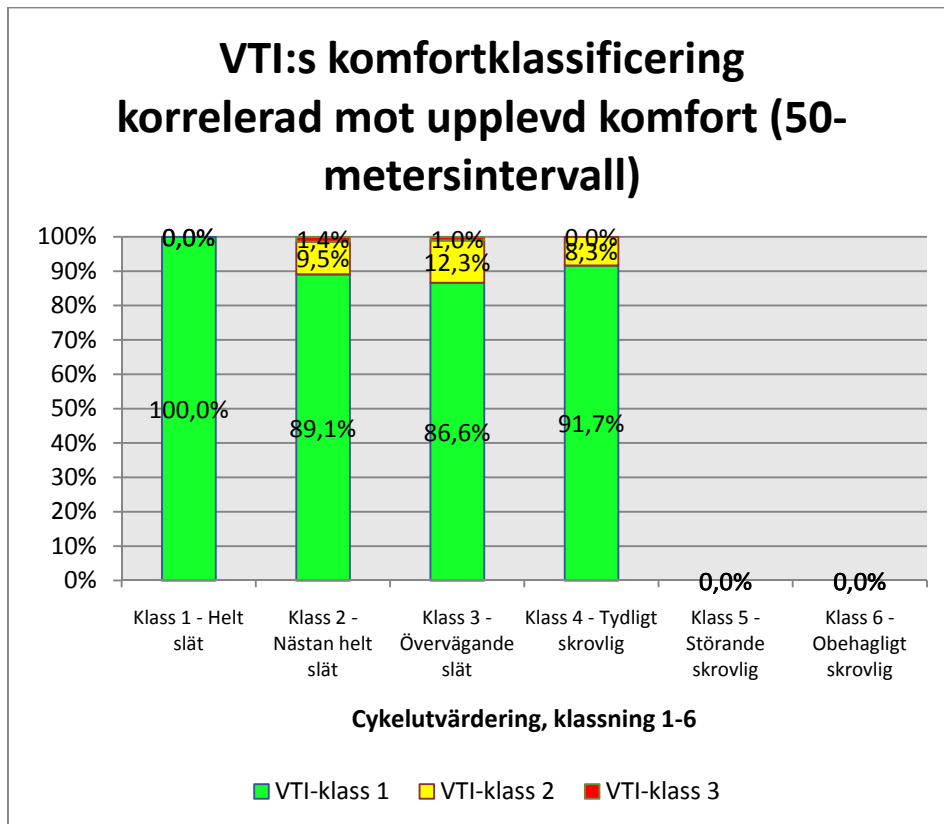
komfortmässigt dåliga, 10,7 procentandelar mer än VTI:s resultat. Vidare har 16,7 procentandelar av Ramböll klassificerats som komfortmässigt medelbra, vilket är 6 procentandelar mer än vad VTI valt att klassificera. Det innebär att Rambölls beräkningsmodell tydligare indikerar för sträckor som upplevts komfortmässigt dåliga.

Från sammanställningen av resultatet över mätsträckan mellan Lund och Malmö kan även urskiljas hur Rambölls beräkningsmodell bättre lyckas dela på vad som kan anses som komfortmässigt bra och dåligt. Detta syns främst i skillnaden mellan den komfortmässigt bra klassificerade andelen. För VTI är skillnaden mellan de helt släta och tydlig skrovliga sträckorna 34,7 procentandelar och för Rambölls beräkningsmodell 61,9 procentandelar.

Beräkningsmodellerna ger mätsträckan mellan Lund och Malmö en klassificering i sektioner om 10 m. Samtidigt har klassificeringen av den upplevda komforten under cykelutvärderingen skett enligt delsträckornas längd, vilket inneburit längder på 250 m till uppåt hela 3 km. Detta innebär att skillnader mellan ”sanningen”, det vill säga den upplevda komforten, och de av beräkningsmodellerna beräknade komfortvärdena inte nödvändigtvis behöver betyda att något är fel. Snarare bör vissa skillnader vara en självklarhet eftersom en viss inhomogenitet inom de helhetsbedömda delsträckorna inte går att frånga. Detta faktum tyder på att det bästa ur valideringssynpunkt vore att bedömma den upplevda komforten i samma intervalllängd som komfortvärdena beräknas på, det vill säga i 10-metersintervall. Det kan dock inte anses rimligt att klassificera aktuella mätobjekt i så pass många och korta intervall. Dock skulle intervall inom 100 - 200 m säkerligen ge en betydligt högre korrelationsgrad. Ett annat alternativ vore givetvis även att istället beräkna komfortvärden över något längre intervall. Att analysera detta närmare är dock inte möjligt i denna studie.

7.1.4 VTI:s beräkningsmodell i intervall om 50 m

VTI:s beräkningsmodell är även åskådliggjord på ytterligare ett vis. Denna gång med VTI:s förslag på metod för klassificering i intervall om 50 m. Detta är illustrerat i ett stapeldiagram, se Figur 7.14 nedan, där respektive stapel är uppdelad efter de andelar som VTI:s beräkningsmodell har klassat de ingående 50-metersintervallen. Staplarna representerar samtliga delsträckor som ingår i mätobjektet mellan Lund och Malmö. Likt diagrammen påvisar, är staplarna vid klasserna 5 respektive 6 från cykelutvärderingen tomma. Detta har sin grund i att ingen av delsträckorna mellan Lund och Malmö upplevdes så till den grad okomfortabla under den genomförda cykelutvärderingen att denna klassificering krävdes.



Figur 7.14 VTI:s komfortklassificering i 50-metersintervall korrelerad mot upplevd komfort.

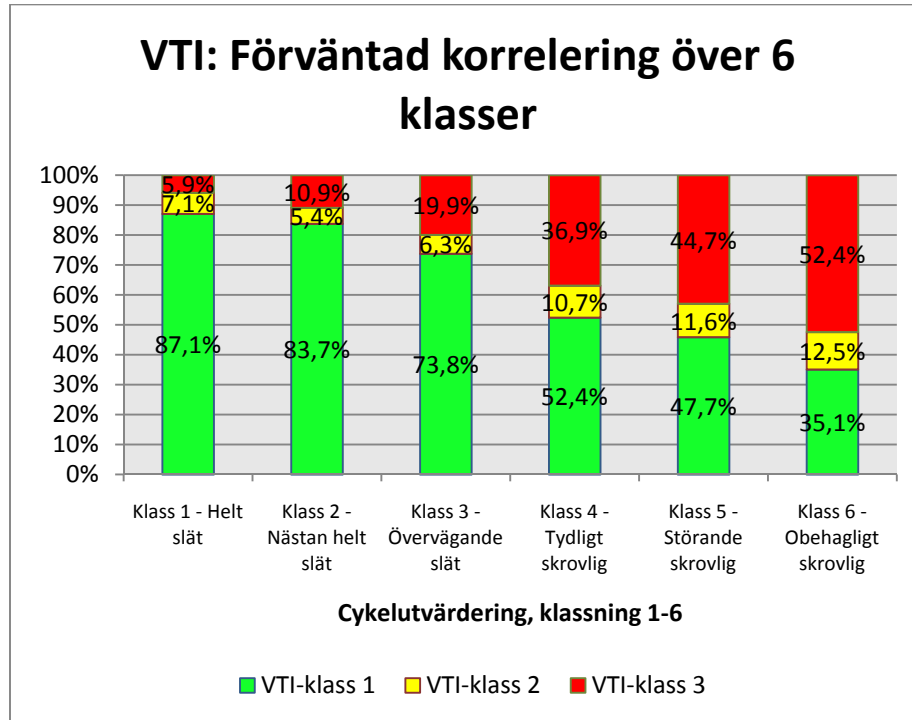
I VTI:s beräkningsmodell har även vid valideringen VTI:s förslag på metod för klassificering i intervall om 50 m applicerats. Ur resultatet, i Figur 7.14 ovan, syns en mycket låg korrelation. De sträckor som under cykelutvärderingen upplevts som tydligt skrovliga har med denna metod klassificerats som komfortmässigt bra till 91,7. Vidare syns endast 2,4 % över hela mätsträckan klassificeras som komfortmässigt dåliga. Detta betyder att de förslag på gränsvärden som finns förmodligen är något för högt satta. Detta resultat är dock något överraskande eftersom tidigare studier av VTI har uppvisat en betydligt bättre träffbild.

7.1.5 Förväntad fördelning vid fiktiv cykelväg

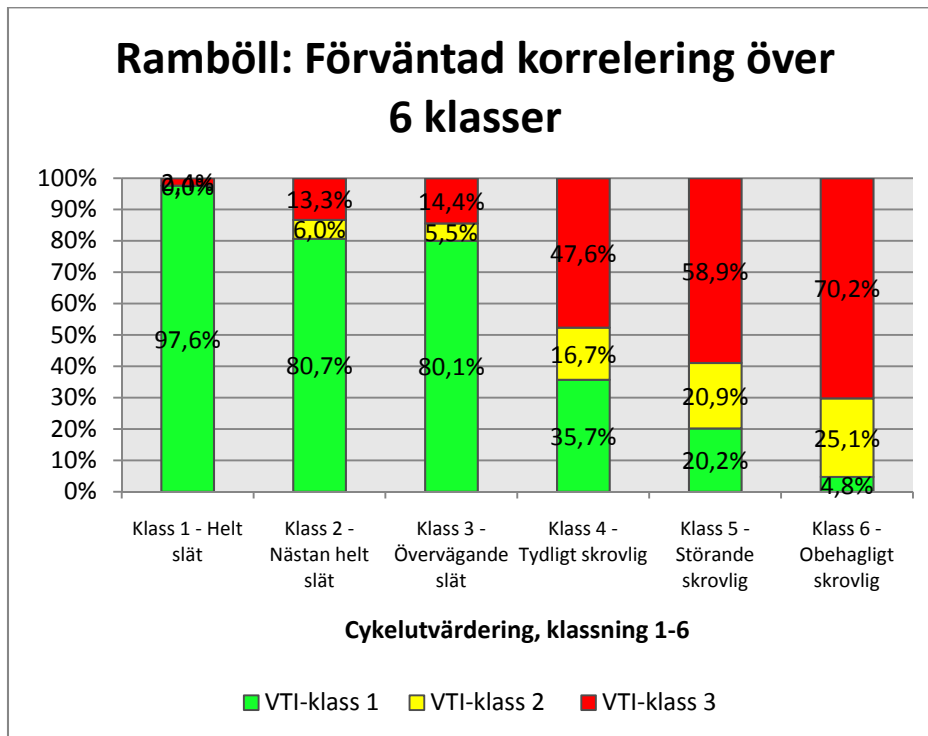
Mätobjektet mellan Lund och Malmö har inte upplevts inneha Klass 5 och Klass 6, det vill säga störande skrovlig respektive obehagligt skrovlig beläggning. För vidare jämförelse av de båda beräkningsmodellerna och ytterligare åskådliggörande har därför en fiktiv cykelväg antagits. Genom att använda den trend och fördelning som tidigare åskålliggjorts i Figur 7.12 och Figur 7.13 för respektive modell kan således även de två minst komfortabla klasserna antas och studeras för den fiktiva cykelvägen. Det ska dock tilläggas att denna fördelning således är baserad på antagandet att sambandet mellan uppmätt komfort och upplevd komfort är linjär, vilket innebär en förenkling av det verkliga fallet. På grund av detta kan detta resultat inte ses som helt tillförlitligt men det tydliggör ändå tidigare slutsatser.

Resultat

I de båda stapeldiagrammen, se Figur 7.14 och Figur 7.15 nedan, åskådliggörs således hur beräkningsmodellerna från Ramböll respektive VTI skulle klassificera en cykelväg innehållandes samtliga 6 komfortklasser.



Figur 7.14 VTI:s förväntade komfortklassificering över 6 klasser korrelerad mot upplevd komfort.



Figur 7.15 Rambölls förväntade komfortklassificering över 6 klasser korrelerad mot upplevd komfort.

VTI:s beräkningsmodell lyckas identifiera sträckor som har upplevts komfortmässigt bra men ju okomfortablare en sträcka har upplevts desto sämre lyckas modellen klassificera den korrekt. Rambölls beräkningsmodell klassificerar å andra sidan endast 4,8 procentandelar av de sträckor, som under cykelutvärderingen skulle ha förväntats upplevas som obehagligt skrovliga, som komfortmässigt bra. Vilket under rådande omständigheter får anses som en mycket god korrelation. För VTI:s beräkningsmodell är motsvarande procentandel hela 35,1.

Med denna sammanställning av den förväntade fördelningen illustreras tydligt hur Rambölls beräkningsmodell bättre lyckas urskilja de mer komfortabla respektive okomfortabla sträckorna gentemot VTI:s beräkningsmodell. Det ska dock än en gång tilläggas att denna fördelning är baserad på att sambandet mellan uppmätt komfort och upplevd komfort är linjär. På grund av detta kan resultatet inte ses som helt tillförlitligt men det åskådliggör och tydliggör ändå tidigare slutsatser.

7.2 Validering mot underhållsbehov

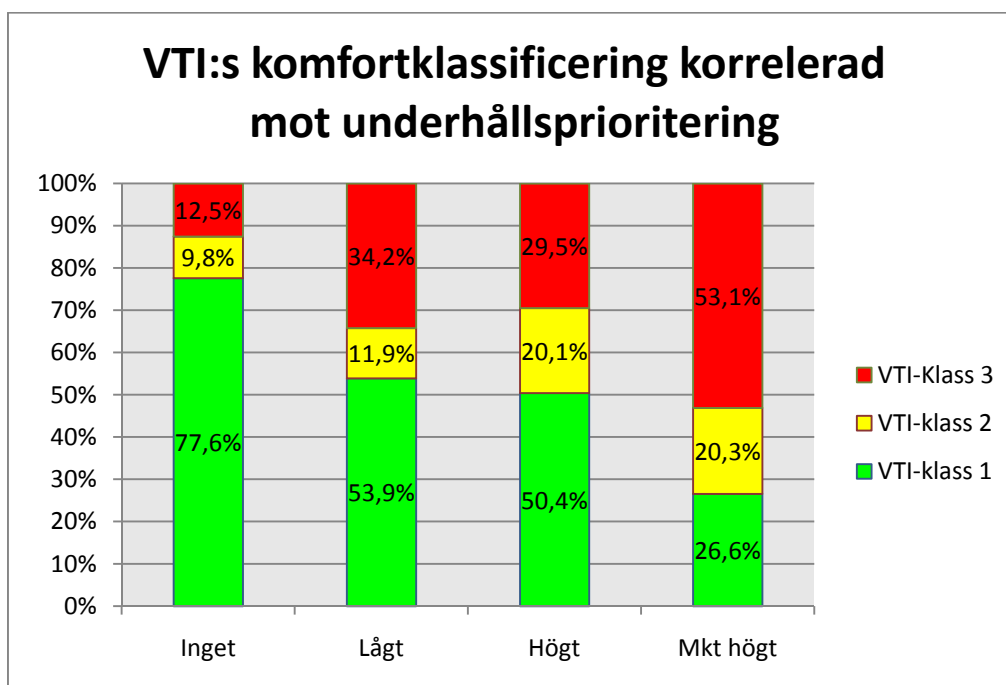
För att analysera och åskådliggöra hur väl de båda beräkningsmodellernas respektive klassificering stämmer överens med prioriteringen av underhållsbehovet på gång- och cykelvägnätet i Lidingö har modellernas beräknade komfortvärden korrelerats mot prioriteringen av underhållsbehovet. Prioriteringen av underhållsbehovet för de ingående länkarna i mätobjektet Lidingö är hämtade från slutdokumentationen för projektet. Detta är illustrerat i stapeldiagram, se Figur 7.16 och Figur 7.17 nedan, där respektive stapel är uppdelad

Resultat

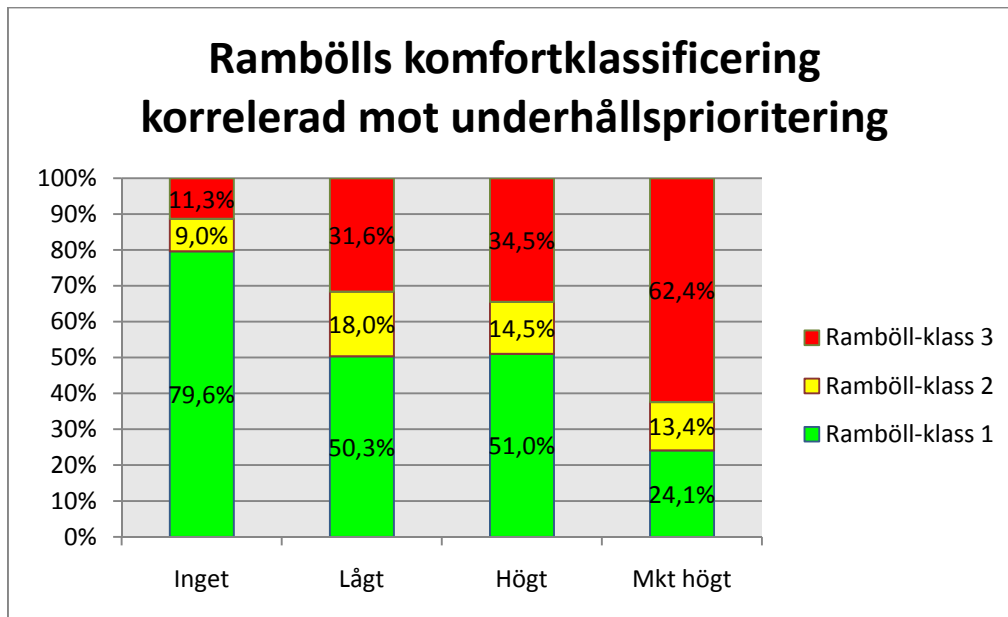
efter de andelar som respektive beräkningsmodell har klassat de ingående 5- metersintervallen. Staplarna representerar samtliga tidigare uppmätta länkar av gång- och cykelvägnätet i Lidingö Stad.

Utgångspunkten vid valideringen av beräkningsmodellerna har i första hand varit att:

- Sträckor klassificerade som underhållsmässigt bra får inte klassificeras som dåliga av beräkningsmodellerna
- Sträckor klassificerade som underhållsmässigt dåliga får inte klassificeras som bra av beräkningsmodellerna



Figur 7.16 VTI:s komfortklassificering korrelerad mot underhållsprioritering



Figur 7.17 Rambölls komfortklassificering korrelerad mot underhållsprioritering.

Vid denna validering erhålls ett tämligen lika resultat och några slutsatser kring direkta skillnader mellan modellerna eller respektive för- och nackdelar är svåra att tyda. Gemensamt för båda beräkningsmodellerna är dock hur de bättre lyckas urskilja de sträckor med inget respektive mycket högt underhållsbehov.

För väghållaren är de sträckor som erhållit en mycket hög prioritering av underhållsbehov viktigast att kunna identifiera i gång- och cykelvägnätet. För de sträckor som i Lidingö klassificerats med ett mycket högt underhållsbehov har omkring 25 procent klassificerats som komfortmässigt bra av båda beräkningsmodellerna. Således är det 25 % chans att de två beräkningsmodellerna faktiskt missar en cykelväg med ett högt behov av underhåll. Vid ytterligare jämförelse mellan beräkningsmodellernas resultat kan urskiljas hur Rambölls beräkningsmodell i denna kategori klassificerar 9,3 procentandelar fler som komfortmässigt dåliga än VTI:s beräkningsmodell. Ingen av beräkningsmodellerna kan dock sägas lyckas identifiera underhållsbehovet fullt ut.

Anledningen till att 25 % av de sträckor som har ett mycket högt underhållsbehov istället klassificerats som komfortmässigt bra antas till viss del bero på följande faktum:

- Alla ojämnheter kan inte mätas med lasrarnas två mätspar.
- Beräkningsmodellernas komfortvärden har klassificerats i intervall om 5 meter medan underhållsbehovet har klassificerats över betydligt längre intervall. Vissa delar av de sträckor som i helhetsbedömningen blivit klassificerade med en mycket hög underhållsprioritering kan således även förväntas ha vissa jämna partier.

Resultat

Precis som för mätsträckan mellan Lund och Malmö torde valideringsmässigt intervallet som använts vid beräkning av komfortvärden varit något längre. En ökning med 5 m, till 10-metersintervall kan förväntas ge ett avsevärt mycket bättre resultat och korrelation.

8 Diskussion

I detta kapitel diskuteras resultatet av den genomförda valideringen. Övriga reflektioner och problemområden utanför studiens syfte diskuteras även.

8.1 Kommentarer till respektive beräkningsmodell

8.1.1 VTI:s beräkningsmodell

VTI:s beräkningsmodell bygger på en så kallad rätskenemetod där en 0,5 meter lång rätskena förflyttas längs med den uppmätta längsprofilen i intervall om 10 cm. Det största uppmätta avståndet mellan rätskenan och cykelvägen registreras och utgör data redovisat över bestämda intervall för VTI:s beräkningsmodell. Rätskenemetoden medför emellertid att det beräknade komfortvärdet värderar cykelvägens ojämnheter på olika vis. Figur 8.1 och Figur 8.2 nedan illustrerar längsprofiler som exemplifierar hur utbredda ojämnheter och singulära ojämnheter uppfattas olika av VTI:s beräkningsmodell.



Figur 8.1 Rätskenans uppfattning av singulär ojämnhet.

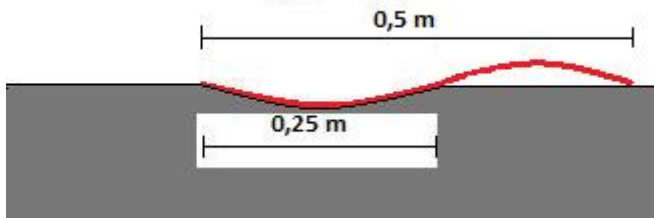


Figur 8.2 Rätskenans uppfattning av utbredd ojämnhet.

VTI:s beräkningsmodell, baserar sig på en medelvärdesbildning över 5- till 10-metersintervall av de högst uppmätta värdena över decimeterförflyttningarna. Detta medför att modellen blir känslig vid mätdata där enstaka större toppar i längsprofilen påträffas. Det förklarar varför VTI:s beräkningsmodell i resultatet oftare har givit utslag för singulära ojämnheter vid exempelvis beläggningsbyten, brunnslock och diverse kantskador. Dess känslighet för singulära ojämnheter åskådliggörs dock även över de mätsträckor där löv och kvistar återfanns på vägytan, då dessa genomgående har klassificerats som komfortmässigt dåliga. De utbredda ojämnheter har däremot inte givit några större utslag och därmed ofta klassificerats som komfortmässigt bra.

8.1.2 Rambölls beräkningsmodell

Rambölls beräkningsmodell baserar sig på vägens ojämnheter inom våglängdsintervallet mellan 0,5 och 1 m. Ojämnheter inom detta våglängdsintervall summeras genom beräkning av RMS, vilket efterföljs av en medelvärdesbildning över bestämda intervall. Specifika egenskaper för beräkningsmodellen kan således härledas ur detta. Eftersom beräkningen utförs inom våglängdsintervallet 0,5 – 1 m betyder det generellt att ojämnheter kortare än halva våglängdsintervallet, det vill säga 0,25 m, inte tages i beaktande vid beräkningen, se Figur 8.3 nedan.



Figur 8.3 RMS-värdet inom våglängdsintervallet 0,5 – 1 m.

Att komfortvärdet baseras på ojämnheter inom detta våglängdsintervall gör att beräkningsmodellen är relativt okänslig för exempelvis små kanter, kvistar och andra företeelser med korta våglängder i vägbanan. De sektioner som klassificerats som komfortmässigt dåliga av beräkningsmodellen är till stor del sträckor där mer utbredda ojämnheter återfinns. Orsaken till varför den i många fall inte givit utslag för de kortare ojämnheter som återfanns på cykelvägen härleds även bero på det faktum att ett medelvärde över 5- till 10-metersintervall används vid beräkningarna.

8.1.3 Sammanfattande reflektion

För att en mer fullständig bild av en sträckas underhållsbehov, eller för att ett mer tillförlitligt komfortvärde ska erhållas, anses det bästa enligt resultatet i denna studie vara att använda sig utav båda beräkningsmodellerna vid beräkning. På så vis skulle både singulara och utbredda ojämnheter kunna identifieras och tagas i beaktande och man skulle erhålla det mest sanningsenliga resultatet.

Rambölls komfortvärde antas vidare kunna identifiera eftersatta sträckor än bättre om det intervall, som RMS-värdet beräknas över, ökades något. Vid mätningarna i Lidingö utfördes beräkningarna över 5-metersintervall och vid mätningarna mellan Lund och Malmö över 10-metersintervall. En beräkning av komfortvärdet över intervall om exempelvis 20 m torde medföra en högre tillförlitlighet i resultatet. Det skulle innebära att Rambölls beräkningsmodell bättre kommer finna sträckor med utbredda ojämnheter, vilket ofta är karaktäristiskt för just slitna och skadade beläggningar.

Resultatet från Rambölls beräkningsmodells uppvisade bäst överensstämmelse med den upplevda komforten över sträckan mellan Lund och Malmö. En anledning till att VTI:s beräknade komfortvärden här uppvisade en något sämre överensstämmelse var att modellen är mindre känslig för den krackelerade och skadade beläggningen som återfanns på de delsträckor som i helhetsbedömningen ansågs som tydligt skrovliga. VTI:s beräkningsmodell har dock lyckats identifiera en större andel singulara ojämnheter över mätsträckan.

Identifiering av ett fåtal singulara ojämnheter är ur väghållarens perspektiv ofta av mindre relevans. Detta eftersom brunnar, lappningar och mindre kanter i cykelvägen i regel inte utgör föremål för underhållsåtgärder. Väghållaren har dock ur säkerhetssynpunkt krav gällande ojämnheter av detta slag varför de heller inte kan tillåtas bli för stora. Således tyder resultatet på att det bästa även ur underhållssynpunkt är att använda sig utav båda beräkningsmodellerna. Att använda sig utav båda beräkningsmodellerna innebär inte någon direkt extra kostnad eftersom att mätobjektet fortfarande bara behöver inmätas en gång.

8.2 Diskussion kring data från Göteborg Stad och Dynatest

För validering av de två beräkningsmodellerna har även data från tidigare utförda mätningar av företaget Dynatest och erhållits. Mätningarna har utförts med, den i kapitel 4.2.3 tidigare redogjorda för, mätmetoden 6450 Lightweight Profilometer från Dynatest på anvisade delar av cykelvägnätet inom Göteborg Stad. Ingående parametrar i den data som har erhållits är klassificering, longitud, latitud, altitud samt namn på de cykelvägar uppdraget har omfattat. Klassificering har vid det aktuella uppdraget skett med företagets responsmått, BPI (Bicycle Path Index), som baseras på cykelvägens jämnhet.

Av Göteborg Stad har även data från en cykelbesiktning, tidigare redogjord för i kapitel 4.1.3, erhållits. Cykelbesiktningen som har utförts på anvisade delar av cykelvägnätet på Hisingen i Göteborg är utförd av företaget NCC. Erhållen data från cykelbesiktningen inkluderar namn och längd på respektive besiktigad cykelväg, erhållen klassificering efter dess underhållsbehov samt tillhörande kommentarer.

Avsikten med studien var inledningsvis att vid valideringen även inkludera ett responsmått i jämförelsen och analysen. Detta för att ställa de geometriska mått erhållna från Rambölles respektive VTI:s beräkningsmodell emot resultatet av responsmättet BPI. Detta hade kunnat genomföras om inte vintern 2010 hade inletts så tidigt vilket innebar att de för studien planerade fältundersökningarna i Göteborg tvingades ställa in.

Att finna och tolka samband mellan data från Dynatest och data från NCC:s cykelbesiktning var dessvärre inte heller möjligt. Detta eftersom resultat från Dynatest har delgivits i form av GPS-koordinater och namn på cykelvägarna utan anvisningar om vilka delar eller längder datan omfattar. Av NCC erhöles, utöver namn på cykelvägar och den inventerade längden, korta beskrivningar av skadornas position och grad, var sträckindelningar sker samt enstaka övriga kommentarer. Det går således inte att med säkerhet bestämma vilka mätsträckor eller vilka delar av dessa som är samma i de båda mätresultaten. De sträckor som trots allt återfinns i både NCC och Dynatests data kan således inte analyseras eller korreleras på tillräckligt tillförlitliga grunder.

Vidare har information kring betydelsen av Dynatests responsmått BPI varit svår att tillgå. Vad klassificeringen med detta cykelvägsindex egentligen innebär översatt till cykelvägsstandard och komfortupplevelse är fortfarande svårttytt.

8.3 Problemområden utanför studiens syfte

Under studiens gång har flera gånger problemområden stötts på och diskuterats men som tyvärr ansetts hamna utanför studiens uppsatta syfte och mål. Några av dessa områden har trots detta valts att behandlas nedan.

8.3.1 Val av sidolägesplacering och problemet med ojämnheter

Valet av sidolägesplacering för mätfordonet under mätning kan diskuteras eftersom cyklistens komfortupplevelse bäst uppfattas genom mätning i dennes körspår. Generellt sett väljer

Diskussion

emellertid cyklister att, om möjligt, undvika singulära ojämnheter under sin framfart varför, ur cyklistens perspektiv, en viss felaktighet i erhållen data med ett bestämt avstånd från cykelvägens kant är att förvänta. Att under mätning eftersträva varierande sidolägesplacering, för att följa cyklistens körspår, skulle ur underhållssynpunkt innebära att de flesta skador på mätobjektet inte skulle registreras. Att istället arbeta med en bestämd sidolägesplacering av mätfordonet under mätningarna möjliggör bland annat enhetliga jämförelser och uppföljningar av olika mätningar och ökar även metodens repeterbarhet.

Studier utförda vid VTI visar dock på hur cyklisten, med förutsättning att cykelvägens yta är jämn och skadefri, i regel placerar sig omkring 50 cm in från väggkanten. Studiens fältundersökning har eftersträvat att utföras enligt denna sidolägesplacering. Sensorboxarna har därför varit monterade 30 cm in från hjulets yttre kant och mätfordonet har framförts med en marginal på omkring 20 cm från cykelvägens eller cykelfältets högra kant. Nämnas bör dock att över många sträckor gav cykelvägarnas begränsade bredd ingen möjlighet till variation tvärs vägen då dess bredd knappt översteg mätfordonets. I praktiken har inte heller mätfordonet framförts helt rakt varför omkring 1 dm av vägytan kan anses ha täckts och registrerats av respektive laser.

Oavsett val av sidolägesplacering skall mätfordonet framföras rakt fram i linje varför alla ojämnheter omöjligt kan detekteras av de båda lasrarna. Det innebär att man aldrig kan få en fullständig bild av skador på den aktuella cykelvägen. Det faktum att komfortvärdet i båda beräkningsmodellerna baseras på ojämnheter betyder dock att samtliga dessa torde försöka beaktas vid mätning. Generellt sett väljer emellertid cyklister att undvika dessa ojämnheter under sin framfart varför ojämnheter som i regel inte påverkar cyklisterna därmed skulle tages i beaktande vid beräkningen av ett komfortvärde. Att behöva väja mellan till exempel potthål och brunnsdäcklar påverkar givetvis dock den totala komfortupplevelsen för cyklisten och torde därför i någon mån ändå vägas in vid beräkningen av ett komfortvärde. Det finns således två sätt att se på problemet.

Problematiken kring att få med samtliga, av de för cyklisten väsentliga, ojämnheter i beräkningen är emellertid besvärligt. Enligt studier genomförda av Ramböll RST finns dock inget som tyder på att tillståndet skulle vara mindre bra i något särskilt avsnitt tvärs över cykelvägen. Vid dessa tester utfördes mätmetoden istället med RST 29, vilken inkluderar hela 23 lasrar. Resultatet påvisade hur ett tämligen litet tillskott information kring profilen och dess ojämnheter erhöles gentemot resultatet från 2 lasrar. Med RST 29 som mätutrustning skulle dock mätmetodens befintliga flexibilitet och kostnadseffektivitet minska radikalt.

Ett ytterligare alternativ vore istället att försöka mäta samtliga cykelvägens ojämnheter i tvärled. Detta skulle kunna ske genom att under mätning istället använda sig utav en så kallad linjelaser. Med en linjelaser kan hela profilen mätas in vilket innebär att samtliga singulära ojämnheter skulle kunna identifieras. Samtidigt skulle även de långsgående sprickor, som med två lasrar är svåra att identifiera, även kunna inmätas och registreras. Alternativ likt detta som mätutrustning skulle dessvärre aldrig kunna vara kostnadsmässigt möjligt. Vidare skulle även mätmetodens befintliga flexibilitet försvinna.

8.3.2 Antal operatörer under mätning

Den i studien utförda fältundersökningen har genomförts av två operatörer med olika arbetsuppgifter. Föraren har haft till uppgift att framföra mätfordonet korrekt med en jämn hastighet och korrekt sidolägesplacering. Utöver detta har denna även haft fokus på aktuell trafiksituation, övriga trafikslag etcetera. Den andra operatörens uppgift har varit att övervaka mätningen och med funktionsdosan registrera icke tillförlitliga mätpartier samt sträckor där stora utslag är att förvänta. De två operatörerna har tillsammans även sett till att navigera rätt och följa uppsatt delsträcka. Tanken är att mätningen skall säljas in med en operatör som under mätning därmed ska ansvara för samtliga ovan redogjorda åtaganden. Med grund i författarnas egna erfarenheter av bland annat de oplanerade mätsituationer som uppkom i framförallt stadsmiljö betvivlas dock detta om inte ytterligare automatisering av mätdatainsamlingen införs. Även de av Ramböll tidigare utförda mätningarna i Lidingö kommun utfördes med två operatörer i mätfordonet. Dessa mätningar genomfördes dock i kombination med en underhållsutredning varför antalet funktionsknappar också var utökade.

8.3.3 Data registrerad som inte helt tillförlitlig

Erhållen mätdata som under fältundersökningar ansetts som inte helt tillförlitlig har filtrerats bort. Oförutsedda stopp, vid till exempel korsningar eller vid möte med cyklister och gående, under mätningarna är exempel på sådan data. Detta har under mätning registrerats med hjälp av att en funktionsknapp hållits inne under den tid mätfordonet till exempel stått stilla eller korsat en väg avsedd för motorfordon. Ur resultatet visar sig dessa stopp dock påverka insamlad mätdata över en längre sträcka än vad författarna inledningsvis utgått från.

Vid framtida mätningar bör därför mätstopp och oklara mätsituationer registreras med funktionsknappen under ett något längre intervall. Om ytterligare 10-15 m efter stoppet registreras som icke tillförlitlig mätsträcka skall inte resultatet påverkas. Kraftiga accelerationer och retardationer skall även i än större mån undvikas och mät hastigheten begränsas till mellan 15 - 20 km/h för att eventuella oförutsedda stopp inte skall bli lika tydliga.

8.3.4 Mätning av cykelvägar i stadsmiljö

Mätmetoden avser mätning av homogena beläggningar varför mätdata för till exempel korsningar eller cykelöverfarter anses som icke tillförlitlig och skall ej inkluderas vid beräkning av ett komfortvärde. Till följd av detta blir erhållen mätdata vid mätning i stadsmiljö osammanhängande och det är svårt att erhålla något enhälligt resultat. Detta faktum leder även till frågan huruvida mätmetoden faktiskt lämpar sig för alla typer av cykelvägnät. Cykelvägar i stadskärnor och bostadsområden har i regel överfarter eller liknande mellan varje kvarter, tomt eller byggnad, vilket leder till att en tämligen stor del av delsträckorna måste klassificeras som icke tillförlitliga.

Vad beträffar komfortvärdet för motorfordonstrafik, IRI, utförs sällan sådana mätningar på mindre vägar, gator eller lokalgator. Detta eftersom man på det större vägnätet är beroende av komforten på helt annat vis än på mindre vägar och gator. Kan detsamma gälla komfortvärdet för cykelvägar? Om mätmetoden begränsas till att användas på högtrafikerade och längre sträckor i cykelvägnätet skulle dess syfte komma än mer väl till pass. På de större cykellederna

och huvudlederna i cykelvägnätet finns färre avbrott i form av korsningspunkter etcetera och en i allmänhet genare sträckning. På så vis skulle betydligt färre oförutsedda stopp och oklara mätsituationer uppkomma. Här finns således både motiv till att värna om en högsta möjliga komfort och förutsättningar för att insamlad mätdata både blir pålitlig och användbar.

En idé för att reglera detta kan vara att endast sälja in tjänsten och utföra komfortmätningen på cykelvägar med krav på minsta sammanhållande sträcka. Mätningarna skulle i större grad då kunna användas för att exempelvis objektivt årligen kunna följa upp hur komforten på aktuell sträcka försämras. En uppföljning svår att genomföra med till exempel manuella okulära besiktningar. Något som ytterligare talar för detta resonemang är rimligheten i att utföra en komfortmätning på cykelvägar av mycket låg kvalitet och eftersatt standard. Vore det i dessa fall inte mer lämpligt för kommunen att beställa en underhållsutredning.

Valet att exkludera mätdata för korsningar och överfarter kan emellertid ifrågasättas. Om avsikten är att beskriva komfortupplevelsen ur cyklistens perspektiv över en viss sträcka torde även de partier vid till exempel korsningar eller cykelöverfarter tagas i beaktande vid mätning. Detta eftersom korsningspunkter ofta kan uppvisa ojämnheter större än 10 mm och därmed upplevas som okomfortabla för cyklisten.

8.3.5 Produktionstekniska detaljer - Vad kan vi mäta bra?

För att mätmetoden och idén att erbjuda ett funktionsvärde ur cyklistens perspektiv skall kunna bedömas relevant av kommunerna och få genomslag bör dess syfte konkretiseras. Det faktum att marknaden för jämnhetsmätning av cykelvägar är relativt liten i kombination med de ofta mycket hårt ansträngda kommunala budgeterna medför att produkten bör avgränsas tydligare. Det innebär även att enkom ett komfortmått i dess nuvarande tappning förmodligen inte kan användas. För väghållare som beställer tjänsten är förmodligen underhållsbehovet alltid den mest intressanta och styrande faktorn.

Antingen är syftet att standardisera komfortvärdet och arbeta för att låta det stå som krav för cykelvägar på ett liknande vis som IRI sedan länge har använts för vägar avsedda för motorfordonstrafik. Vill man kunna erbjuda information om underhållsbehovet till väghållaren är dock inte dagens komfortmätning att föredra utan en underhållsutredning skulle med säkerhet ge ett mer tillförlitligt resultat. Ur väghållarens perspektiv betyder inte att en sträcka betraktas som okomfortabel av beräkningsmodellerna automatiskt att beläggningen är i dålig kondition och är föremål för underhållsåtgärd.

Huruvida vissa tillståndsförändringar är mer allvarliga för cykelvägens restlevnadstid än dess komfort och vice versa är ett faktum som bör beaktas. Ojämnheter kan bero av till exempel ett, mot övrig beläggning, något uppstående brunnlock. Något som inte skulle anses prioriterat att åtgärda av väghållaren för att förbättra vägens restlevnadstid men som ändå behöver kartläggas ur säkerhetssynpunkt. För cyklister däremot är dessa ojämnheter definitivt något som påverkar komfortupplevelsen av att färdas längs med cykelvägen. Andra exempel på ojämnheter likt denna kan vara exempelvis kantsten, övergångar och dylikt på cykelvägen. Data som ur ett underhållsperspektiv således bör filtreras bort och anses som icke tillförlitlig men som ur säkerhetssynpunkt för väghållaren samt för cyklisternas komfortupplevelse är viktig.

Mätmetoden skulle kunna modifieras till att i princip integreras med tjänsten underhållsutredning och de två tjänsterna istället säljas som en. Något som uppdraget för Lidingö Stad skulle kunna liknas vid. Rambölls underhållsutredningar karakteriseras ofta av flera stopp längs med mätsträckorna för att manuellt så noggrant som möjligt kunna registrera allt av väsentlighet. Detta gör att komfortmätning inte kan utföras samtidigt som en underhållsutredning. Vissa andra aktörer utför idag liknande underhållsutredningar utifrån bilder tagna i fält men från kontorsplats. Även om detta spar tid och resurser anser Ramböll att detta inte ger ett lika fullgott resultat och därmed är något som man inte vill befatta sig med. Om man kunde bortse från detta faktum och istället beslutade att utföra underhållsutredningen i efterhand, utifrån de under komfortmätningen tagna bilderna, skulle de båda produkterna kunna slås samman till en mycket värdefull och attraktiv tjänst.

Ett annat alternativ vore att använda produkten som ett medel att mäta komforten med, det vill säga ett mått på hur bra någonting faktiskt är. Med detta alternativ bör även avsikten vara att kunna erbjuda kommunen olika tilläggstjänster. I och med att mätfordonet är utrustad med en DGPS-mottagare kan den koordinatbundna informationen från insamlad mätdata lagras, analyseras och presenteras i ett geografiskt informationssystem (GIS). Med ett GIS kan kommunen i sin tur sedan erbjuda medborgarna en rad olika tilläggstjänster som till exempel planering av resrutter eller jämförelse av olika resrutter beträffande kaloriförbrukning och komfortklass. Användandet av ett GIS vid komfortklassning av cykelväg möjliggör även ett hanterande av olika lägesbundna objekt och information som hör till detta objekt. Genom att koppla information om allt från till exempel cykelparkeringar, typ av cykelväg, kollektivtrafikanslutningar och tidtabeller, cykelpumpar till aktuellt vägslag etcetera främjar kommunen valet av cykel som transportmedel. Till regionala cykelleder skulle vidare, utöver komfortklassning och kaloriförbrukning, information om till exempel rekreativsområden och kulturminnen även kunna kopplas. Komfortklassificeringen kan även fungera som jämförelse mellan olika kommuner. Något som kan vara särskilt intressant för de större kommunerna eller de kommuner som titulerar sig som så kallade cykelkommuner.

Mätmetoden och beräkningsmodellerna för ett komfortvärde kan idag inte ersätta de okulära skadebesiktningarna eller underhållsutredningarna. De kan däremot utgöra ett gott komplement. För att kunna använda mätmetoden och beräkning av komfortvärde bör tjänsten integreras med underhållsutredningar alternativt klara och konkreta förslag på tilläggstjänster kunna presenteras.

8.3.6 Val av klassificering

Att komfortmässigt klassificera den enskilde cyklistens upplevelse av att cykla en viss sträcka är en komplicerad uppgift. Frågor som uppkommit under arbetet med denna studie har många gånger berört klassificeringen av den mångfacetterade komfortupplevelsen. Statistiskt sett torde det mest tillförlitliga komfortvärdet för en cykelväg vara medelvärdet av hur ett stort antal olika typer av cyklister upplevt en cykelväg.

Klassificeringssystemet som använts vid valideringen av beräkningsmodellerna har till uppgift att redovisa de beräknade komfortvärdena på ett enkelt och lättöverskådligt vis. Huruvida beräkningsmodellerna har klassificerat sträckan med en för bra eller för dålig komfort grundar

sig i de andelar av bra, medelbra och dålig komfort som inledningsvis bestämdes för att möjliggöra valideringen. Vid analys av resultatet från mätningarna mellan Lund och Malmö uppfattas i regel de båda modellerna som något för känsliga vilket skulle kunna korrigeras med hjälp av en kalibrering av gränsvärdena för respektive modell. Ett alternativ skulle även vara att ha förutbestämt beräkningsmodellernas klassificeringsandelar efter delsträckornas klassificering av den upplevda komforten under cykelutvärderingen. Sträckornas inhomogenitet skulle dock ha gjort att en sådan uppdelning inte hade bidragit med ett bättre resultat.

En ytterligare önskan vore en inkludering av fler klasser i klassificeringssystemet. Resultatredovisningen för beräkningsmodellerna lämpar sig idag väl för att klassificera hur cykelvägar av hög standard står sig mot eftersatta och skadade cykelvägar med underhållsbehov. Resultatredovisningen skiljer dock mindre på jämna cykelvägar även om dessa ur cyklistens perspektiv kan uppvisa komfortmässiga skillnader sinsemellan. Fokus med nuvarande klassificering är således på att hitta det dåliga. En enkel och lättöverskådlig resultatvisning har givetvis många fördelar men man hade således kunnat önska ytterligare klassificeringar.

8.3.7 Begreppet komfort

Komfort är ett tämligen oprecist begrepp och man kan fråga sig vad cyklister fäster sig vid i ett sådant ord. Det råder ingen tvivel om att begreppet komfort avseende cykelvägar är starkt beroende av jämnheten men sambanden är säkerligen även beroende av ett antal ytterligare faktorer som är än svårare att beskriva. I begreppet komfortupplevelse skulle till exempel fordonsspecifika egenskaper likt lufttryck i cykeldäck och sadelns mjukhet även ingå. Företeelser i omgivningen, så som upplevelsen av den omkringliggande miljö eller bullernivå, spelar även in i komfortupplevelsen.

Utöver detta är upplevelsen alltid subjektiv varför betydelsen av respektive faktor kan variera stort från person till person. VTI har under arbetets gång valt att övergå till att istället tala om åk-kvalitet. Valet av ord kan således diskuteras och bör kanske funderas kring ytterligare en gång. Är avsikten att ta fram ett standardiserat mått likt IRI, på vägar avsedda för motorfordonstrafik, är kanske ett begrepp likt det danska BPI (Bicycle Path/Profile Index) lämpligt.

8.3.8 Förhoppningar kring vidareutveckling av mätmetoden

Makrotexturen har en stark anknytning till både friktion och rullmotstånd på cykelvägar. Skillnader på makrotexturnivå påverkar således direkt den upplevda komforten för cyklisten och bör därför sannolikt inkluderas i komfortvärdet. Av erfarenhet utifrån den utförda cykelutvärderingen på sträckan mellan Lund och Malmö erfors vikten av vägytans textur i den subjektiva helhetsbedömningen av delsträckorna. Beläggningens textur var mellan många av delsträckorna den enda och huvudsakliga skillnaden och var således den parameter som flera gånger fick avgöra vilken klassificering delsträckan skulle tilldelas.

Ett komfortmått ur cyklistens perspektiv torde därför ge en än bättre överensstämmelse med verkligheten om makrotexturen även togs hänsyn till i beräkningsmodellen. För att cykelvägens

Diskussion

längsprofil skall kunna mätas med sådan noggrannhet krävs att nuvarande lasertyp byts ut och systeminställningarna korrigeras något. Således två relativt enkla åtgärder.

9 Slutsats och rekommendationer

Utifrån resultatet av den genomförda valideringen skall detta kapitel redovisa studiens slutsatser. I kapitlet återfinns även rekommendationer för vidare forskning.

Syftet med denna rapport har varit att validera två existerande beräkningsmodeller för komfortmätning av cykelvägar baserade på profilometermätning med laser. Målsättningen har varit att belysa styrkor och svagheter med de två beräkningsmodellerna samt att föreslå eventuella förändringar. Slutsatser och rekommendationer från denna studie är främst riktade till Ramböll och VTI, men flertalet kan anses generella och aktuella även för övriga aktörer inom branschen.

Följande samband och slutsatser har av studien kunnat identifierats:

- VTI:s beräkningsmodell identifierar lättare singulära ojämnheter.
- Rambölls beräkningsmodell identifierar lättare utbredda ojämnheter.
- En samkörning med båda beräkningmodellerna skulle identifiera störst andel ojämnheter och rendera det mest tillförlitliga resultatet, avseende komfortupplevelse och underhållsbehov.
- Resultat från mätningar mot komfortupplevelse tyder på att Rambölls beräkningsmodell är bättre på att särskilja komfortmässigt bra och komfortmässigt dåliga sträckor åt.
- VTI:s beräkningsmodell visar sig i resultatet av denna studie att vara mycket känslig för eventuella föremål på vägytan.
- I denna studie uppvisar VTI:s förslag på klassificeringssystem ett inte helt tillförlitligt resultat.
- Komfortmätningens syfte bör konkretiseras avseende fokus på cyklistens eller väghållarens perspektiv

Resultatet av studien uppvisar tämligen starka samband mellan den upplevda komforten respektive underhållsbehovet och de beräknade komfortvärdena. På flera punkter återstår dock arbete angående beräkningsmodellernas utformning, dess ingående parametrar och klassificeringssystem. Studiens resultat stärker dock förhoppningarna om att subjektiva skadeinventeringar på ett tillförlitligt sätt skulle kunna ersättas eller kompletteras av profilometermätningar.

Slutsats och rekommendationer

Under arbetet med studien har flera intressanta problemområden stötts på som dock ansetts hamna utanför rapportens syfte och mål. Även utifrån resultatet av denna studie har det framkommit vissa problemområden lämpliga för vidare forskning. För att underlätta framtida eventuella studier i att anpassa och skapa en gemensam och enhetlig metod för komfortmätning med beräkningsmodell presenteras därför nedan några av dessa:

- Vid framtida studier av cyklisters komfortupplevelse bör den upplevda komforten bedömmas över kortare sträckor för att bättre kunna korreleras mot beräknade komfortvärden.
- Försök att inkludera texturen i mätmetoden och beräkningsmodellerna bör genomföras.
- Gränsvärden och möjliga utformningar av klassificeringssystem bör utvärderas ytterligare.

10 Referenser

10.1 Bibliografier

Alm L-O. (1979). *Mätning av beläggnings makrotextur för friktionsbedömning: Principer och mätmetoder*. VTI Rapport nr. 163, Linköping

Berntman M., Modén B. (1996). *Malmötrafikens problem i ett sjukhus perspektiv: en medicinsk uppföljning av trafikskadade två år efter olyckan*. Gatukontoret Malmö, Malmö

Bridges J. (2004). *Bicycle level of service evaluation update & pedestrian level of service evaluation*. Baltimore Metropolitan Council, Baltimore, USA

Cairney P., King, K. (2003). *Development of a performance based specification for a major bicycle facility. Research Report ARR 358*. ARRB Transport Research Ltd., Vermont South, Victoria, Australia

COWI (2010). *Tiny car helps make big improvements for cyclists*. International news magazine from COWI, Kongens Lyngby

Dahlstedt S. (2001). *Bedömd ojämnheter på vägar med låga IRI-värden*. VTI, Linköping

Ekdahl P. (2003). *Handbok i vägytemått – En hjälp på vägen*. Scandiaconsult, Malmö

Eriksson L. T., Wiedersheim-Paul F. (2006). *Att utreda, forska och rapportera*. 8. uppl. Liber AB, Malmö

Eriksson L. (2009). *Tema cykel – faktorer som påverkar cykelanvändning utifrån ett individperspektiv*. Rapport nr. 652. VTI, Linköping

Gillespie D. T. (1992). *Everything You Always Wanted to Know about the IRI, But Were Afraid to Ask!* University of Michigan Transportation Research Institute, Michigan

Holme I. M., Solvang B. K. (1997). *Forskningsmetodik - Om kvalitativa och kvantitativa metoder*. 2. uppl. Studentlitteratur, Lund

Höst, M., Regnell, B., Runeson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Studentlitteratur, Lund

Kelvin P. Y., Fwa T. F., Chooc Y. S. (2005). *Effect of pavement surface texture on British pendulum*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Singapore

Larson, R., Scofield, L., Sorenson, J. (2004). *Pavement functional surface characteristics*. Symposium on Pavement Surface Characteristics, Toronto

Referenser

- Loukopoulos P., Forsberg I., Ihs A., Sjögren L. (2008). *Trafikanter krav på vägars tillstånd*. VTI, Linköping
- Magnusson G., Sjögren L., Dahlstedt S. (2002). *Mätning av vägytans longitudinella jämnhet – metoder och nödvändig noggrannhet*. VTI, Linköping
- Merriam B. S. (1994). *Fallstudien som forskningsmetod*. Studentlitteratur, Lund
- NCC Roads (2009). *Tjänstecykel gör jobbet*. Roads – Tidningen om ballast och beläggning nr. 4 2009, Solna
- Nilimaa J. (2009). *Cykelbanors komfort och säkerhet*. Luleå Tekniska Universitet, Luleå
- Niska A. (2006). *Cykelvägars drift- och underhållsstandard – Intervjuer med 13 cykelkommuner*. VTI, Linköping
- Niska A., Sjögren L., Gustafsson M. (2010). *Jämnhetsmätning på cykelvägar*. VTI Publikation under arbete, Linköping
- Niska A., Sjögren L. (2007). *Mätmetoder för tillståndsbedömning av cykelvägar – En kunskapsöversikt*. VTI, Linköping
- Niska A., Thulin H. (2009). *Tema cykel – Analys baserad på sjukvårdsregistrerade skadade i STRADA*. VTI, Linköping
- Patel R., Davidson B. (2003). *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. 3. uppl. Studentlitteratur, Lund
- Ramböll (2009). *Underhållsinventering GC-nätet 2009 – Sammanfattande teknisk redovisning*. Ramböll RST, Malmö
- SKL (1998). *Gatuvård = Trafikantsorg, Behovet av att underhålla kommunernas gator, broar och belysningsanläggningar*, Svenska kommunförbundet, Stockholm
- Vägverket (2005) *ATB VÄG 2005*. Vägverket publ. 2005:112, Borlänge
- SKL (2003). *Kommuners väghållning 2002 – Kostnader, mängder och nyckeltal*. Svenska kommunförbundet, Stockholm
- Wallberg S., Grönvall O., Johansson O., Hermansson M., Linderholm L., Nilsson A., Söderström L., Öberg G., Niska A. (2010). *GCM handbok – Utformning, drift och underhåll med gång-, cykel-, och mopedtrafik i fokus*. Trafikverket & SKL, Solna
- Spolander K. (2006). *Utveckling av metod för säkerhetsklassning av cykelleder*. Krister Spolander Consulting, Stockholm

Referenser

Wallman C-G., Åström H. (2001). *Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety*. VTI, Linköping

Wågberg L-G. (2003). *Bära eller brista – Handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar*. Svenska Kommunförbundet, Stockholm

Wågberg L-G. (2000). *Topp och belägg – Beläggningsunderhåll på lågtrafikerade gator*. Svenska Kommunförbundet, Stockholm

Wälivaara B. (2005). *VTI Portable Friction Tester*. VTI, Linköping

Vägverket (2007). *Underlag till infrastrukturplaneringen 2010-2019 vägtransportsektorn - Del 2. Förutsättningar för infrastrukturplaneringen*. Vägverket, Borlänge

Vägverket - Enheten för planering av vägtransportssystemet (2000). *Nationell strategi för ökad och säker cykeltrafik*. Vägverket, Borlänge

10.2 Elektroniska källor

Dynatest (2010). <http://www.dynatest.com>. *Dynatest 6450 Lightweight Profilometer* [2010-10-29]

Riksdagen (2009). <http://www.riksdagen.se>. *Åtgärdsplanering för transportsystemet 2010-2021* [2010-10-14]

VTI (2006). <http://www.vti.se>. *SAAB Friction tester* [2010-10-27]

10.3 Normer och föreskrifter

Ramböll (2008). *Manual Laser RST Portable – Users Manual*. Ramböll Sverige AB

Trafikverket (2004). *Vägar och gators utformning – VGU*. Vägverket publikation 2004:80. Trafikverket, Borlänge

Vägverket (2008). *VVTBT Bitumenbundna lager*. Vägverket publikation 2007:119, Borlänge

Vägverket (1990). *Regler för underhåll och drift. Interna föreskrifter och allmänna råd*. Vägverket publikation 1990:51, Borlänge

Bilaga 1. Resultat och klassificering av mätsträcka Lund – Malmö

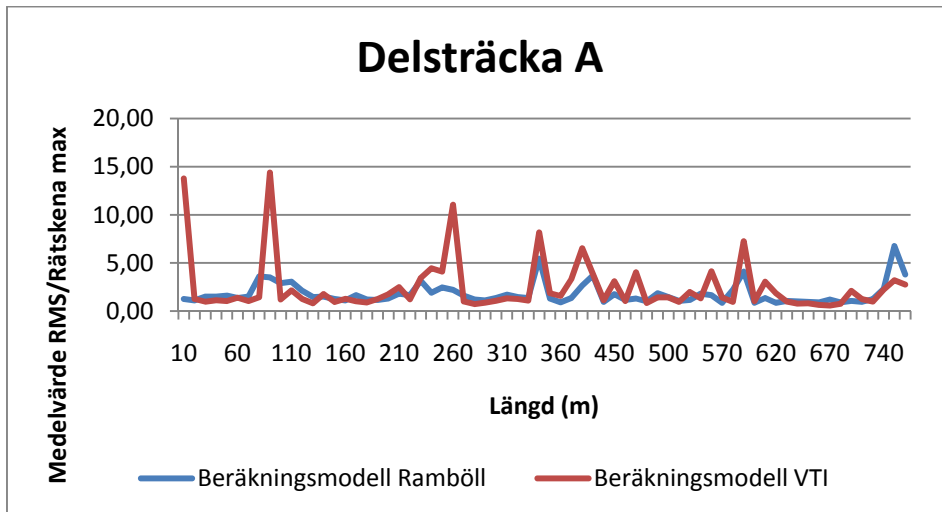
Delsträcka A

Avsnitt: 0 - 780 m

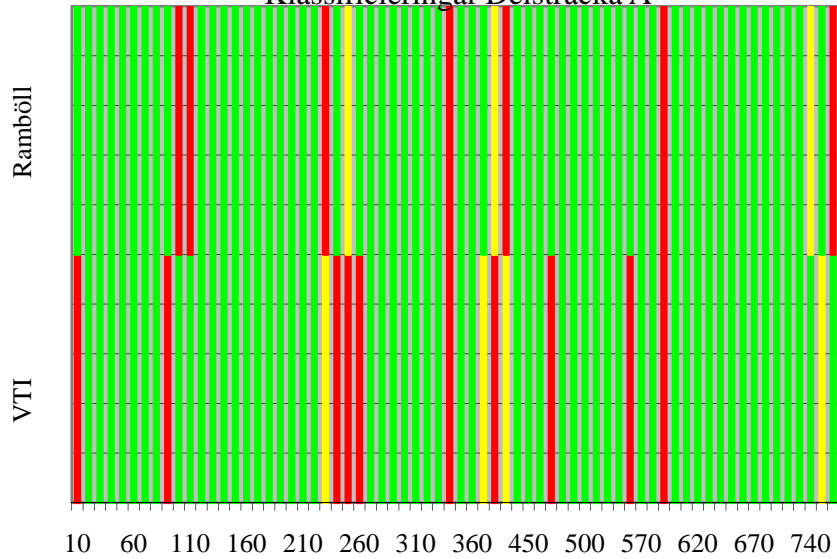
Längd: 780 m

Stora delar av delsträcka A anses under cykelutvärderingen ha en något grövre textur än cykelvägar i allmänhet. Detta eftersom stora delar av delsträckan är förlagd genom ett villakvarter där vägen också är avsedd för motorfordonstrafik. Delsträckan uppvisade mindre sättningar i vilka det under aktuell mättag ansamlats vatten. Längs sträckan fanns även ett fåtal mindre bra skarvningar och lappningar efter tidigare genomförda schaktarbeten.

Klassificering cykelutvärderingen: 3 - Övervägande slät



Klassificeringar Delsträcka A



Sektion 90: Vid sektion 90 indikerar VTI för en mindre väl utförd lappning emedan Ramböll vid sektion 100 och 110 istället reagerar på mer utbredda ojämnheter i tunneln.



Sektion 250: I sektion 250 återfinns ett antal mindre kantigheter i belägningen vilka har erhållit ett större utslag i VTI:s komfortvärde.



Sektion 590: Båda modellerna har vid sektion 590 givit utslag för de begynnande potthålen som syns i bilden.

Bilaga

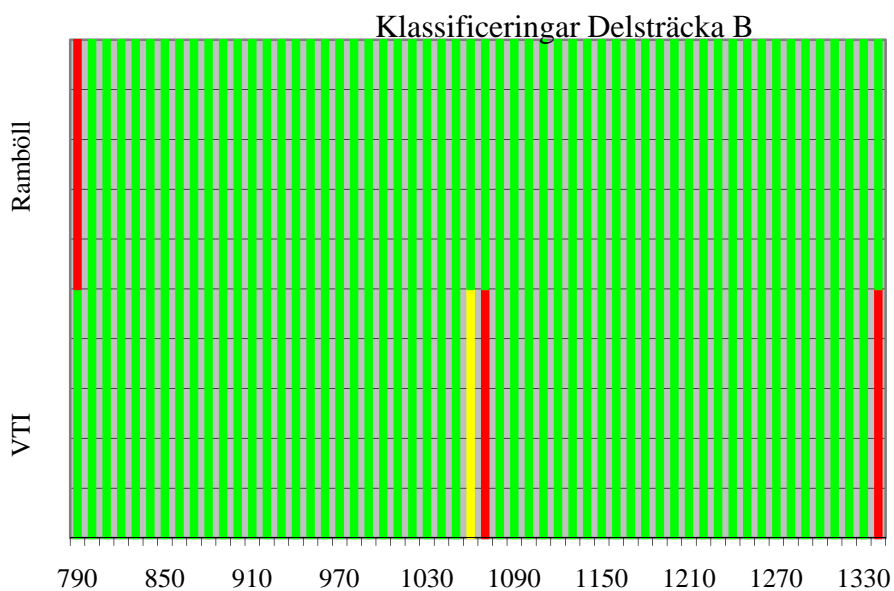
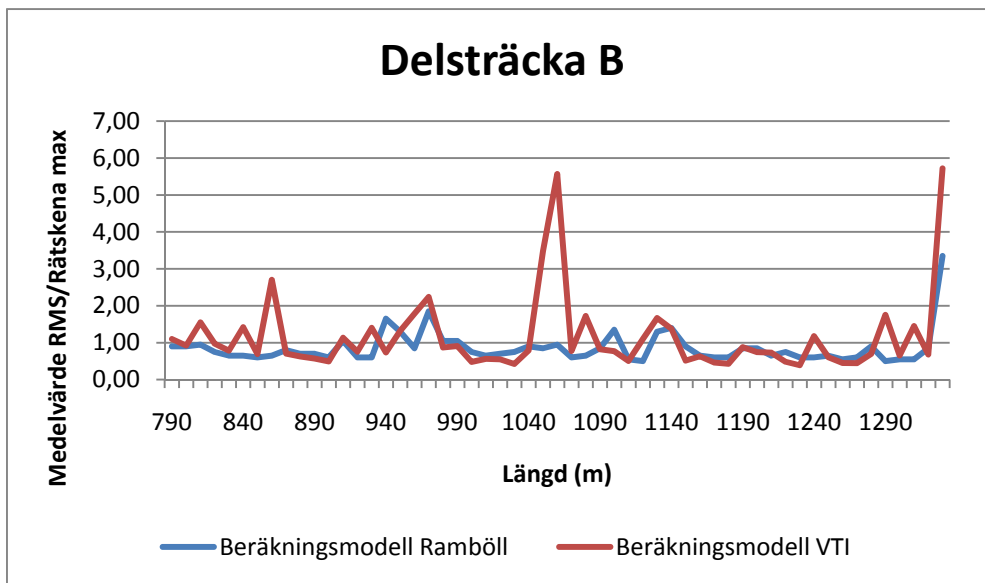
Delsträcka B

Avsnitt: 780 - 1340m

Längd: 560 m

Delsträcka B upplevdes under cykelutvärderingen som komfortabel med en tät och jämn beläggning. Utbredda sättningsrelaterade ojämnheter iakttoogs dock.

Klassificering cykelutvärderingen: 2 - Nästan helt slät



Bilaga



Sektion 790: Rambölls låga komfortvärde över denna sektion av mätsträckan kopplas till de utbredda sättningsrelaterade ojämnheter som vagt kan urskiljas på bilden.



Sektion 1050: En del löv och kvistar återfinns vid sektion 1050 och 1060 vilket härleds föränleda den enligt VTI:s beräkningsmodell dåliga komforten i dessa sektioner.



Sektion 1330: Ojämnheten som står att finna vid skiftet av beläggningstyp har enligt VTI:s beräkningsmodell medfört en dålig komfort.

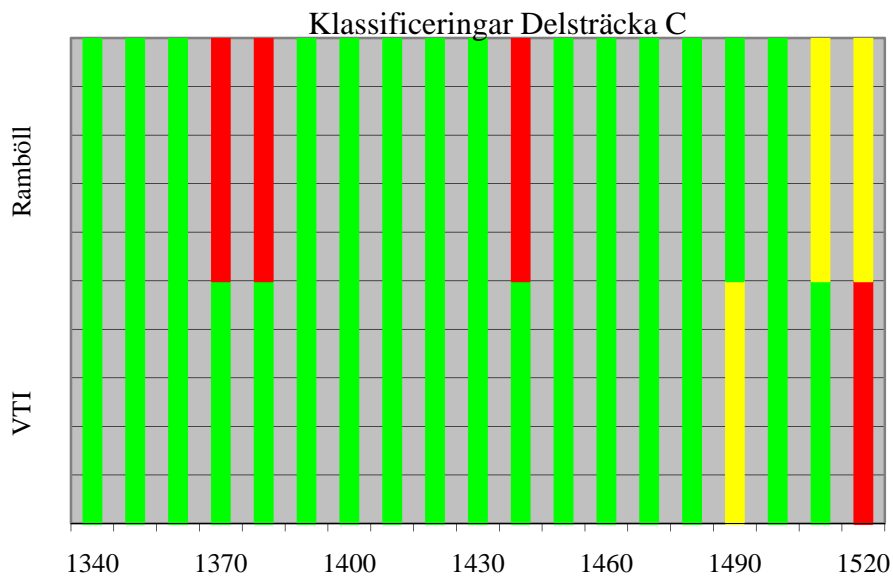
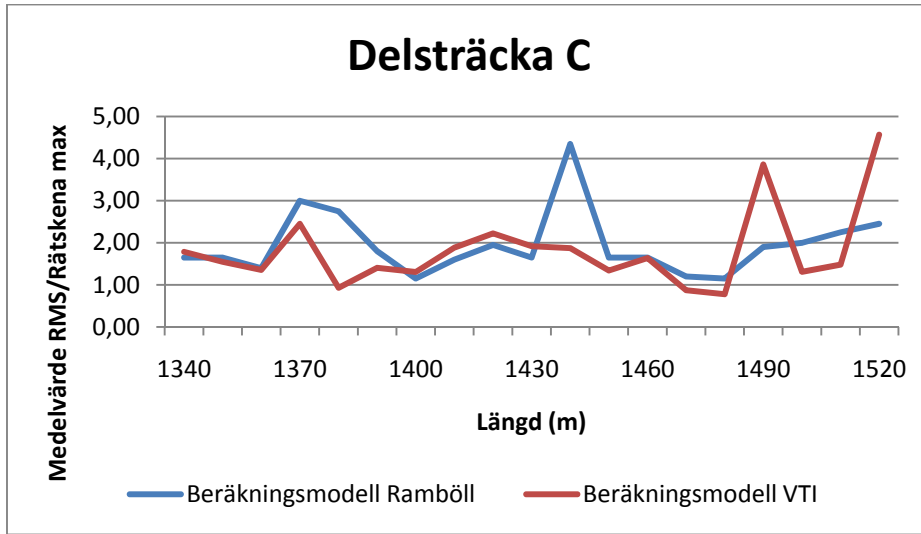
Delsträcka C

Avsnitt: 1340 – 1530 m

Längd: 190 m

Delsträckan uppvisar under cykelutvärderingen en del sättningsrelaterade skador.

Klassificering cykelutvärderingen: 3 – Nästan helt slät



Bilaga



Sektion 1370: De tre 10-meters sektioner som av Rambölls beräkningsmodell klassats inneha en mindre bra komfort härleds bero av de utbredda ojämheterna längs med sträckan orsakade av sättningar.



Sektion 1490: Denna sektion har påvisat en mindre bra komfort enligt VTI vilket antas bero på de löv och kvistar som funnits på vägytan.

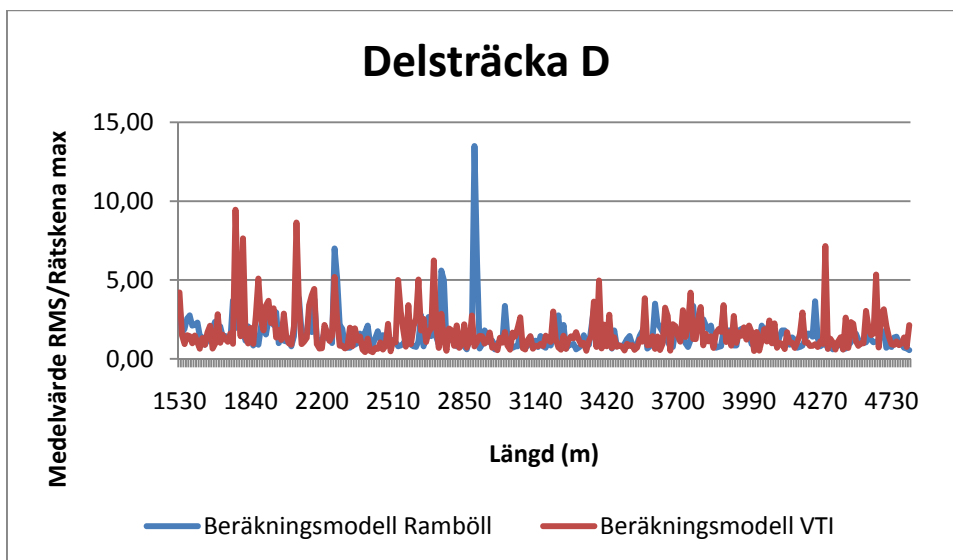
Delsträcka D

Avsnitt: 1530 – 4810 m

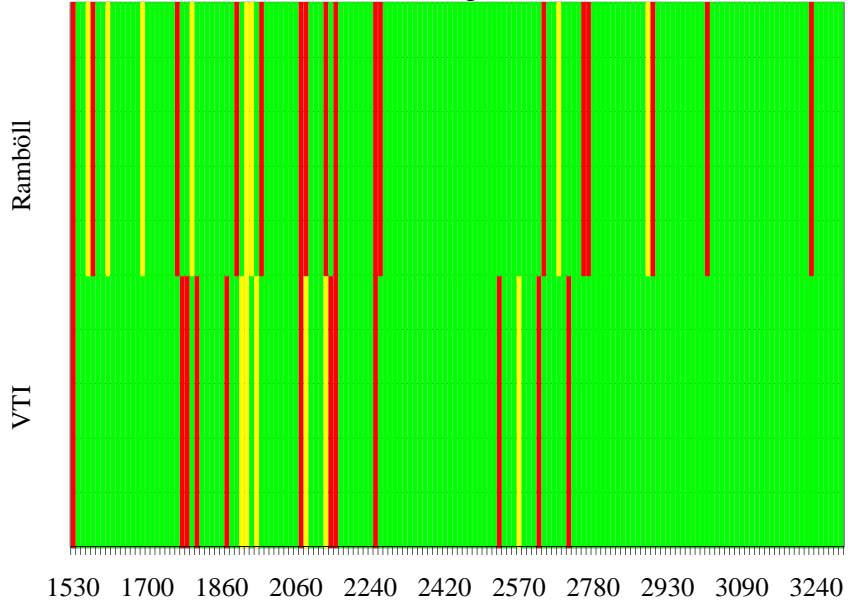
Längd: 3280 m

Delsträckan är beläggningmässigt bra men uppvisar ett fåtal sättningsrelaterade skador, potthål, tjälspäckor samt singulära ojämnheter.

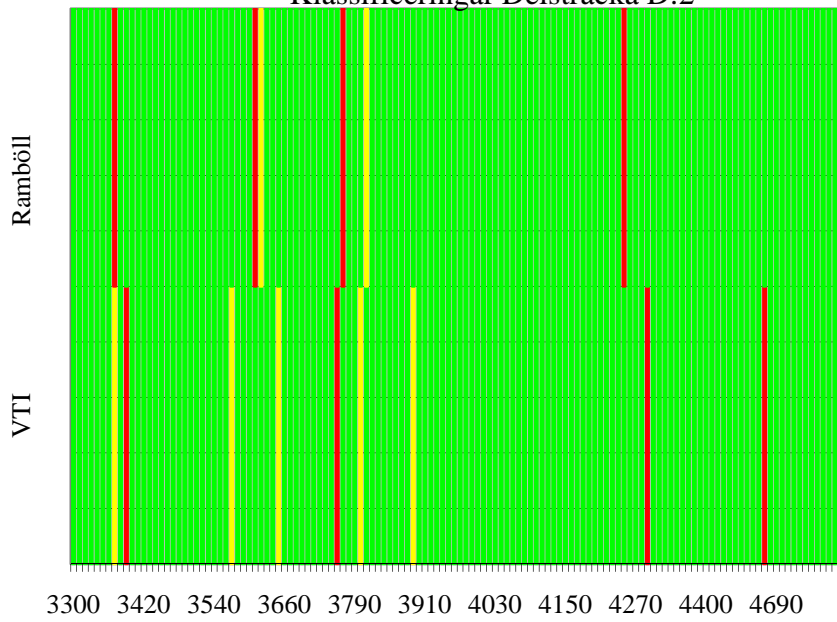
Klassificering cykelutvärderingen: 2 – Nästan helt slät



Klassificeringar Delsträcka D:1



Klassificeringar Delsträcka D:2



Bilaga



Sektion 1620: Resultatet från sektion 1550 till 2090 kan inte anses helt tillförlitligt på grund av de lerkockor efter jordbruksfordon som syns i bilden.



Sektion 2900: Rambölls komfortvärde indikerar vid denna sektion på dålig komfort vilket ur bild syns bero av de sinusplattor som leds ut i cykelvägen.



Sektion 3040: Sträckan mellan sektion 3000 och 3300 har i ett antal 10-meterssektioner klassificerats som dålig komfort enligt Rambölls beräkningsmodell vars anledning är svårt att tyda.

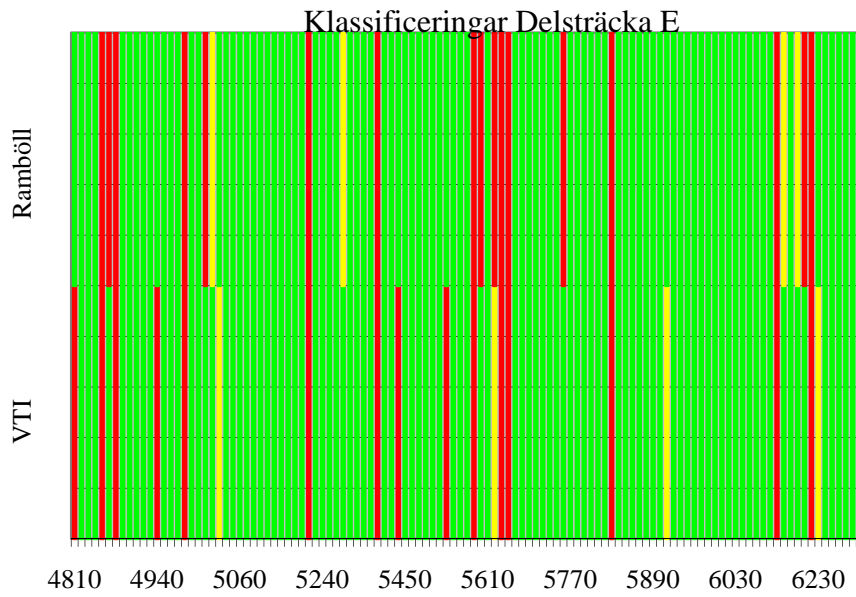
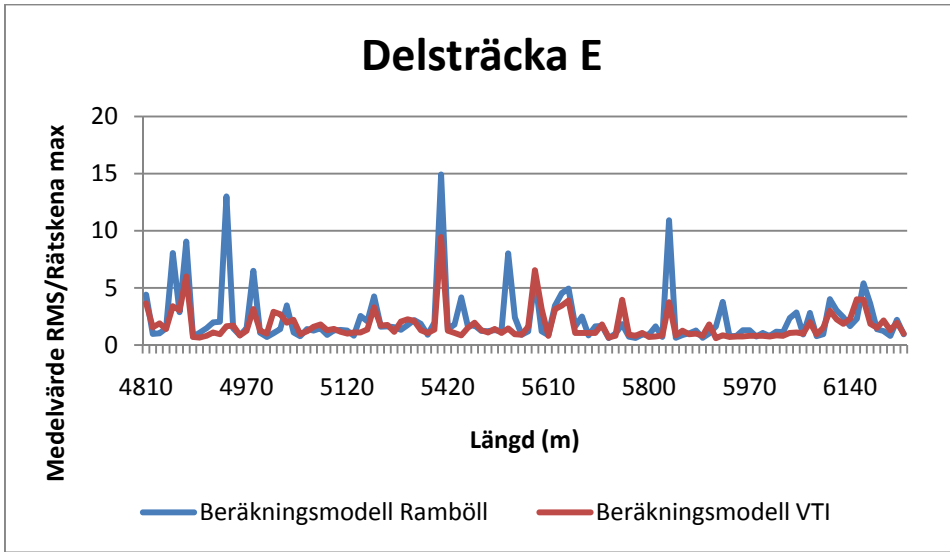
Delsträcka E

Avsnitt: 4810 – 6370 m

Längd: 1560 m

Delsträckan upplevs inte under cykelutvärderingen ha några ojämnheter bortsett från ett kortare parti med något mindre bra beläggning. Generellt sett således en god komfort.

Klassificering cykelutvärderingen: 2 – Nästan helt slät



Bilaga



Sektion 4810: En mindre skarv vid beläggningsskiftet påvisar en dålig komfort enligt VTI.



Sektion 5380: Ett fåtal sektioner mellan 5380 och 5640 har av båda beräkningsmodellerna klassificerats som komfortmässigt dåliga. Anledningen till denna klassificering kan inte med säkerhet tydas ur bilderna.



Sektion 5910: Ojämnheter i kanten av cykelvägen härleds vara orsaken till att VTI har klassificerat vägens komfort i denna sektion som mindre bra.



Sektion 5830: I delsträcka E återfinns ett antal mindre bra skarvar vid lappningar vilka härleds vara orsaken till att båda modellerna ofta i enighet med varandra påvisat en dålig komfort i dessa sektioner.

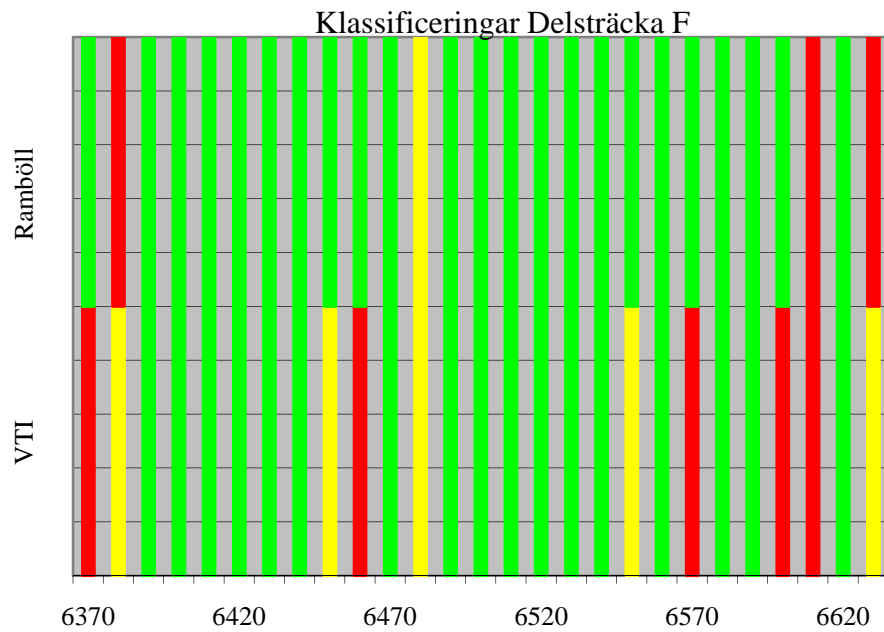
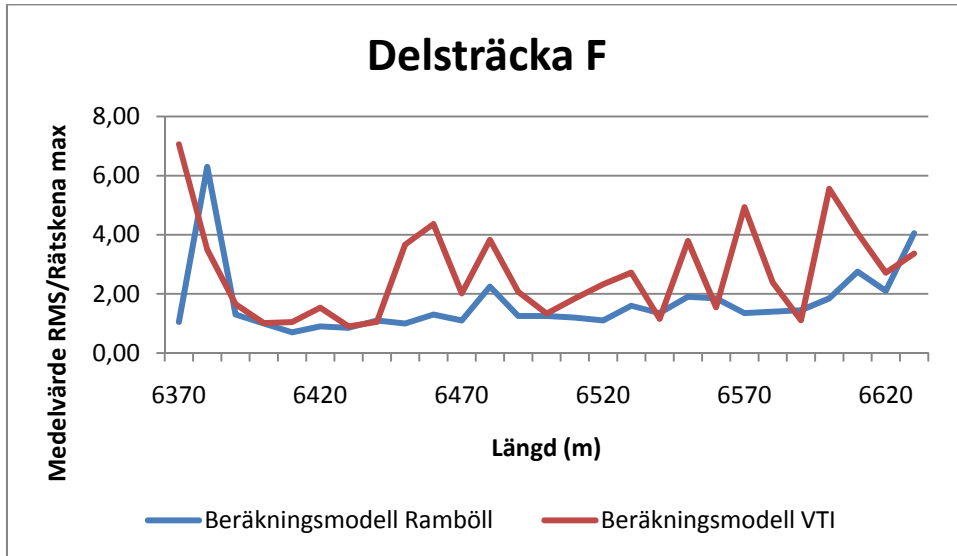
Delsträcka F

Avsnitt: 6370 – 6640 m

Längd: 270 m

Under cykelutvärderingen registrerades ett fåtal tvärgående sprickor, ett antal mindre bra skarvar och lappningar. Beläggningmässigt var delsträckan inte perfekt men upplevdes ändå som komfortabel.

Klassificering cykelutvärderingen: 2 – Nästan helt slät



Bilaga



Sektion 6450: En mindre skarv vid bron föranleder att dessa tio meter av sträckan påvisat en medelbra komfort enligt VTI.



Sektion 6480: Vid sektion 6480, 6560 och 6580 indikerar VTI:s beräkningsmodell för en dålig komfort av okänd anledning.



Sektion 6600: En beläggningskant samt mindre sättningsrelaterade ojämnheter återfinns strax innan en överfart vilket har föranlett en dålig komfortklassificering av de båda beräkningsmodellerna.



Sektion 6640: Ojämnheter i kanten av cykelvägen har föranlett att en medelbra komfort beräknats av VTI emedan en dålig komfort beräknats av Ramböll.

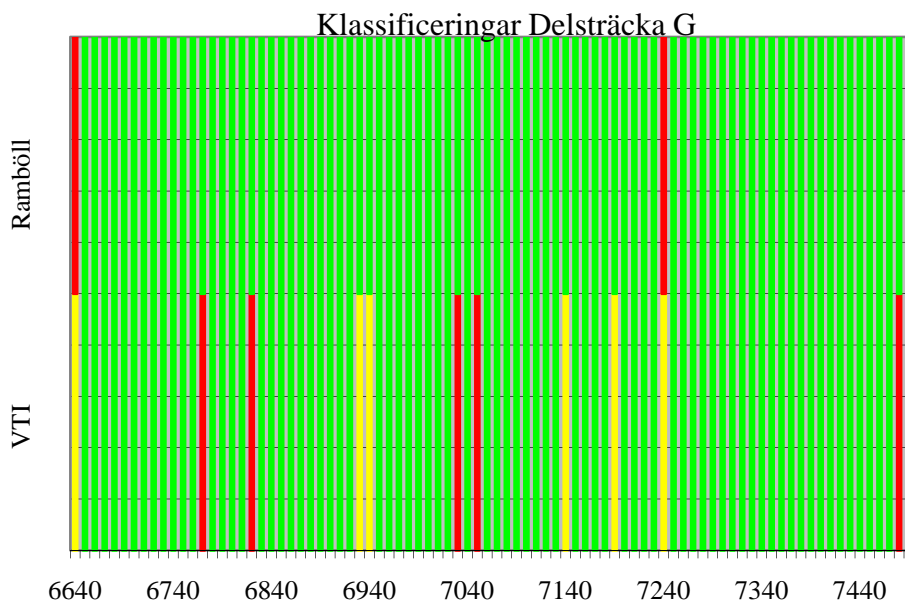
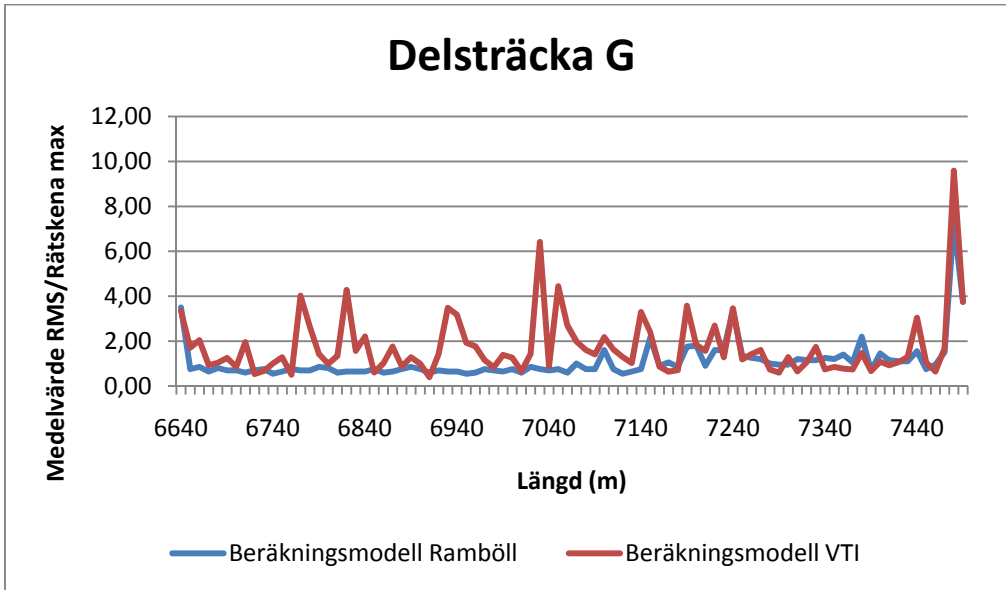
Delsträcka G

Avsnitt: 6640 – 7490 m

Längd: 850 m

Under cykelutvärderingen upplevs delsträckan som komfartabel. Beläggningen har en bra textur och rullmotstånd och asfalten är finkornig.

Klassificering cykelutvärderingen: 1 – Helt slät



Bilaga



Sektion 6770: En gropighet i kanten av cykelvägen härleds vara orsaken till att en dålig komfort påvisats av VTI.



Sektion 6930: Vid sektionerna 6930,6940, 7040 samt 7060 återfinns kantsättningar likt de på bilden, dessa härleds vara orsaken till att VTI:s klassificerat sektionerna som dåliga.



Sektion 7140: Skarv vid byte av beläggning vilket kan kopplas till den medelbra komfort som beräknats av VTI:s beräkningsmodell.



Sektion 7240: De små kvistar och löv som återfinns på vägbanan härleds vara anledningen till att båda beräkningsmodellerna klassificerat sektionen som dålig.



Sektion 7480: Sättningar kring brunnen i bild och skarven i beläggningen gör att båda modellerna påvisar en dålig komfort i denna sektion.

Bilaga

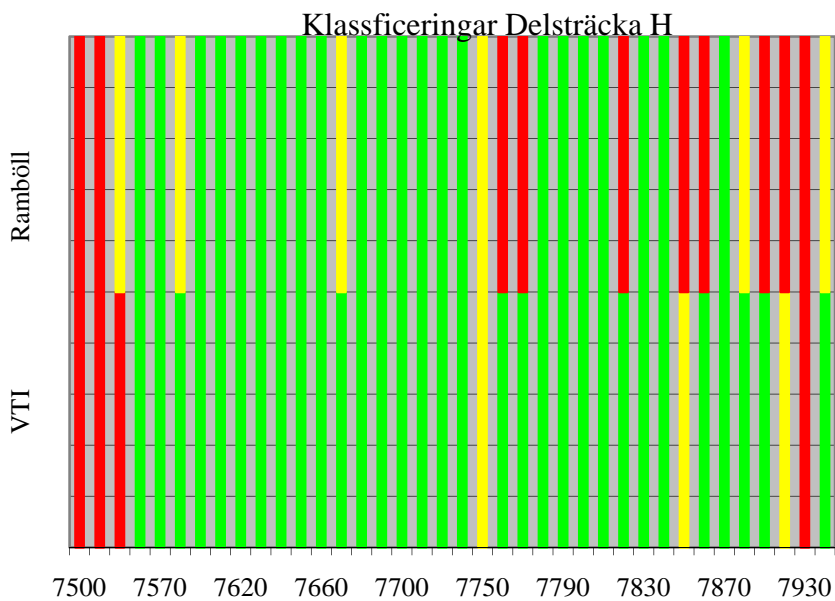
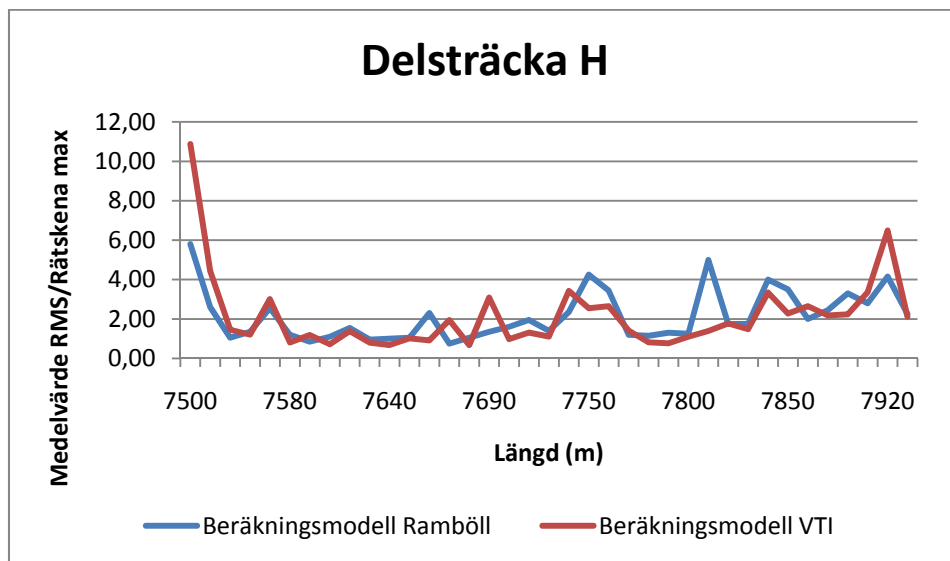
Delsträcka H

Avsnitt: 7490 – 7950 m

Längd: 460 m

Första halvan av delsträcka H upplevs under cykelutvärderingen som komfortabel, andra halvan som något mindre bra. Detta mycket på grund av ett antal mindre bra utförda lappningar och stora potthål. Längs delsträckan finns även flera olika beläggningstyper.

Klassificering cykelutvärderingen: 2 – Nästan helt slät



Bilaga



Sektion 7500: Gallerbrunnar i cykeltunneln härleds vara anledningen till den av modellerna påvisade dåliga komforten i sektionen



Sektion 7760: En krackelerad och något ojämn beläggning härleds ligga till grund för att Rambölls komfortvärde påvisat en dålig komfort.



Sektion: 7850: Rambölls beräkningsmodell klassificerar sektionen med en dålig komfort till följd av den krackelerade och ojämna beläggningen.



Sektion 7880: Potthål och en allmänt skadad beläggning är signifikativt för sträckan mellan sektion 7880 och 7930. Sträckan klassificeras som sämre av Ramböll än av VTI.

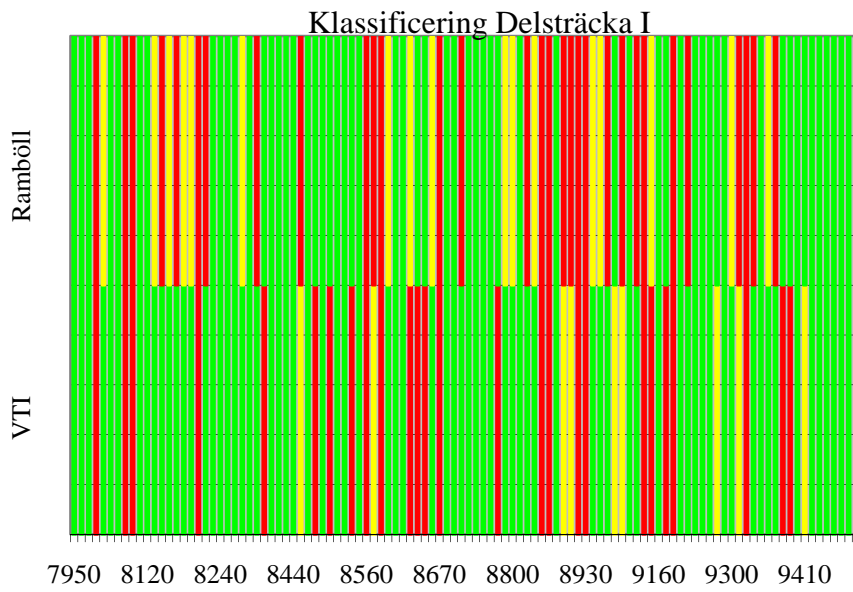
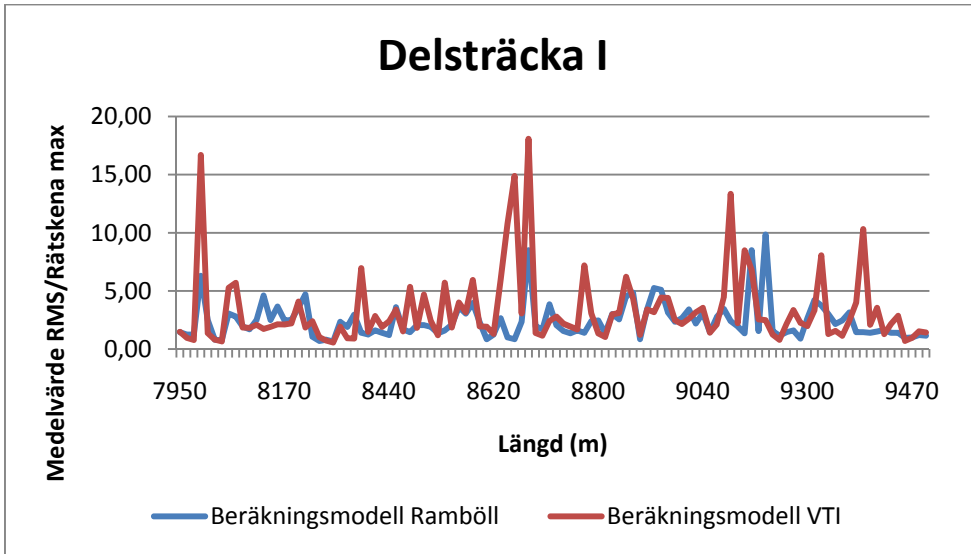
Delsträcka I

Avsnitt: 7950 – 9500

Längd: 1550 m

Delsträckan uppvisar inledningsvis och i slutet en mindre bra textur, inga direkta ojämnheter upplevs förekomma men en del mindre bra lappningar och lagningar från tidigare utförda schaktarbeten. Mittpartiet av delsträckan är nybelagd och upplevs som mycket behaglig att cykla på.

Klassificering cykelutvärderingen: 2 – Nästan helt slät



Bilaga



Sektion 8130: Över en sträcka om 60 meter med en tämligen grov beläggning och ett antal mindre väl utförda lappningar klassificerar Ramböll:s beräkningsmodell sträckans komfort som medelbra och dålig medan VTI:s beräkningsmodell klassificerar komforten som bra.



Sektion 8560: Sträckan mellan sektion 8560 och 8580 upplevdes under cykelutvärderingen som relativt komfortabel. Båda beräkningsmodellerna har dock klassificerat denna sträcka som dålig.



Sektion 8950: Från sektion 8900 till 9040 fanns under mätning ett flertal övriga trafikanter i cykelvägen varför mätningarnas resultat kan ifrågasättas. Trots endast ett fåtal kanter och en brunn över sträckan har den klassificerats som dålig av Ramböll och medelbra av VTI.



Sektion 9230: Den utbredda sättningen som kan skönjas i högra delen av cykelvägen härleds vara orsaken till att Rambölls beräkningsmodell har klassificerat sträckan som komfortmässigt dålig.

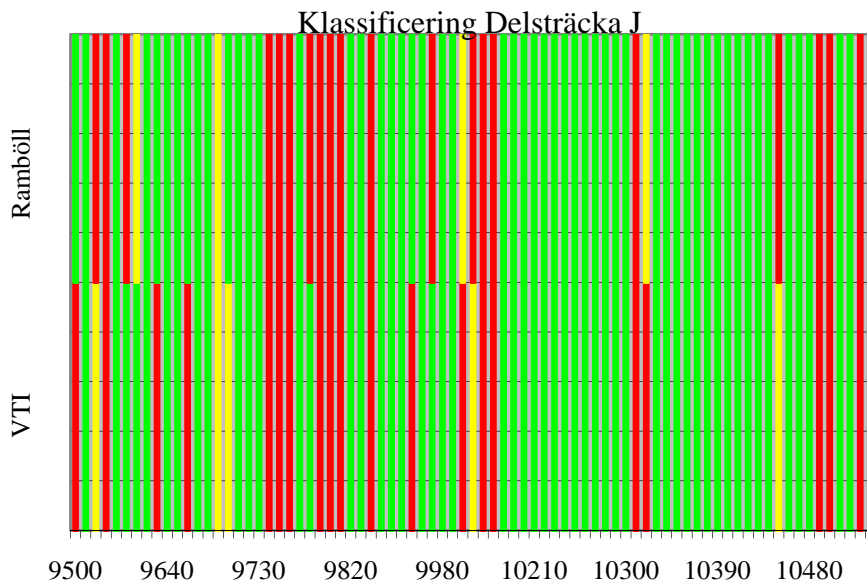
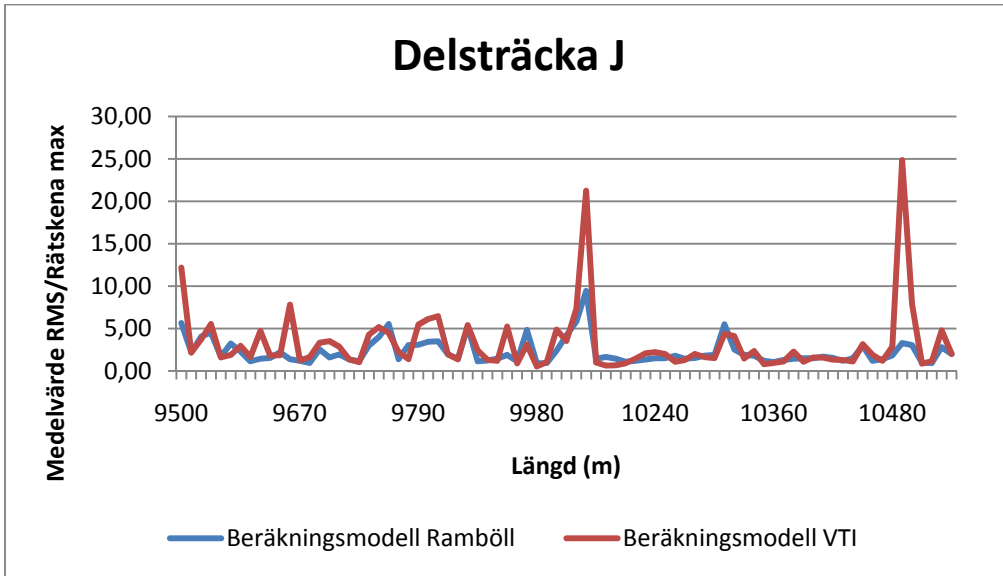
Delsträcka J

Avsnitt: 9500 – 10560 m

Längd: 1060 m

Delsträckan är jämn och fin, vissa märkbara singulära ojämnheter på grund av lappningar och lagningar registreras.

Klassificering cykelutvärderingen: 3 – Övervägande slät



Bilaga



Sektion 9570: En mindre skarv samt en sättning vid lagningen av cykelvägen föranleder att Ramböll klassificerar sträckan som dålig och VTI den som medelbra.



Sektion 9900: I sektionen ovan syns en för delsträckan signifikativ lappning som föranleder en dålig komfortklassificering av VTI:s beräkningsmodell.



Sektion 9920: En mindre väl utförd lappning vilket härleds vara anledningen till att Rambölls beräkningsmodell klassificerar sektionen som dålig.



Sektion 10310: Ojämnheter som kan kopplas till en lappning och beläggningsbyte. Sträckans komfort har enligt VTI:s beräkningsmodell klassificerats som medelbra och enligt Rambölls beräkningsmodell som dålig.

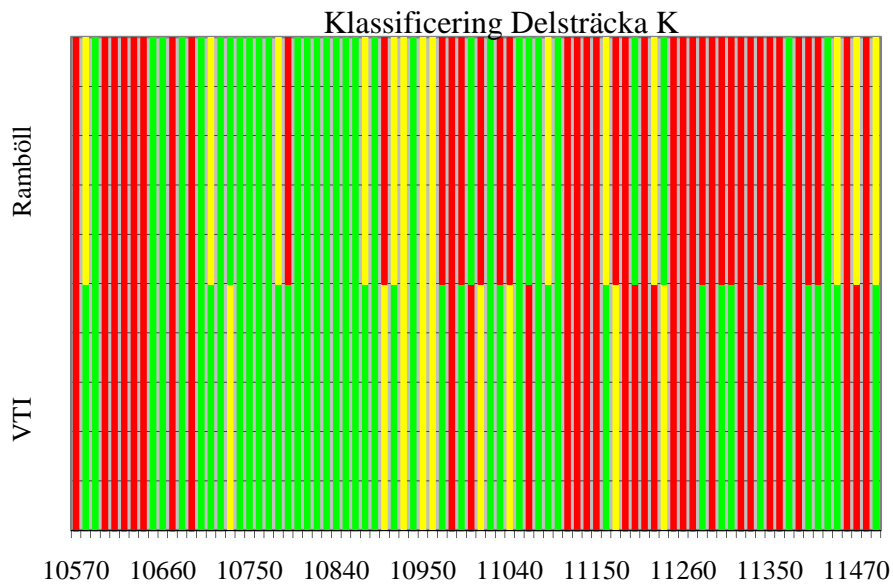
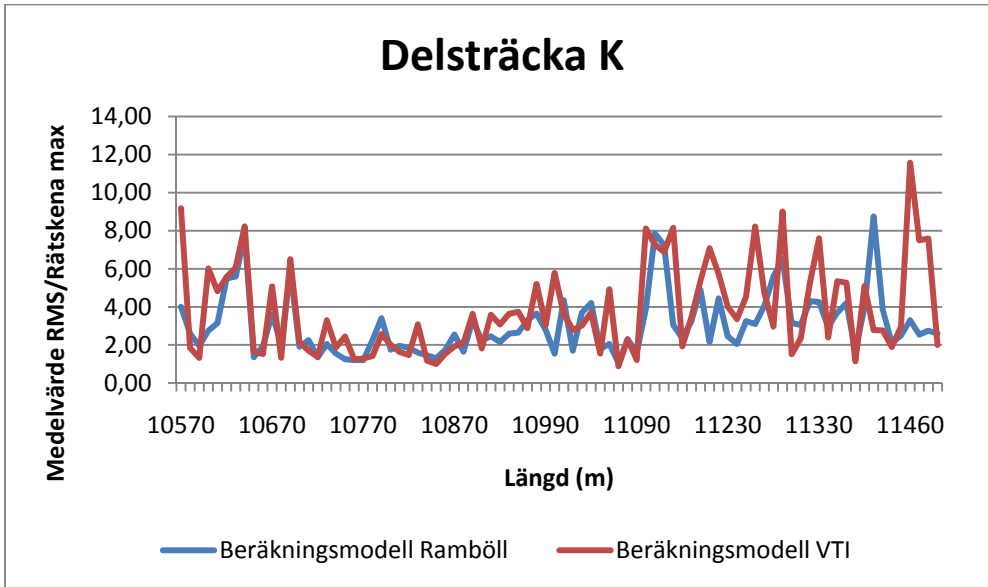
Delsträcka K

Avsnitt: 10560 – 11530 m

Längd: 970 m

Delsträcka K upplevs trots en utbredd krackelering och sprickbildning över hela sträckan som relativt komfortabel att cykla på. Beläggningen är dock av mycket dålig kvalitet.

Klassificering cykelutvärderingen: 4 – Tydligt skrovlig



Bilaga



Sektion 10690: Ett antal lappningar efter schaktning antas vara anledningen till att båda beräkningsmodellerna klassificerar sektionen som komfortmässigt dålig.



Sektion 11170: Från sektion 10900 och framåt är delsträckans beläggning krackelerad och allmänt eftersatt. Bilden över sektion 11170 är representativ för sträckan som av båda modellerna klassificerats som övervägande dålig.

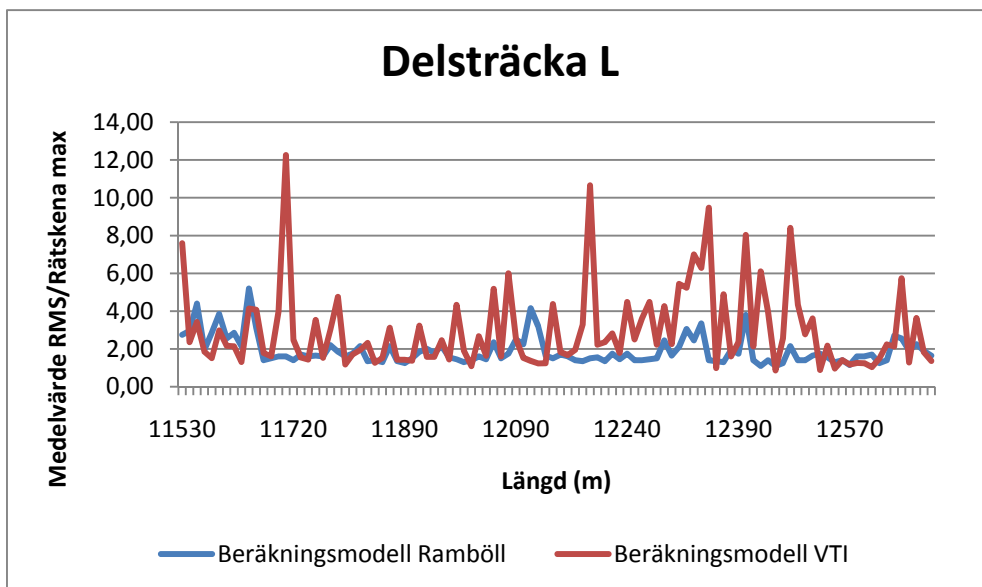
Delsträcka L

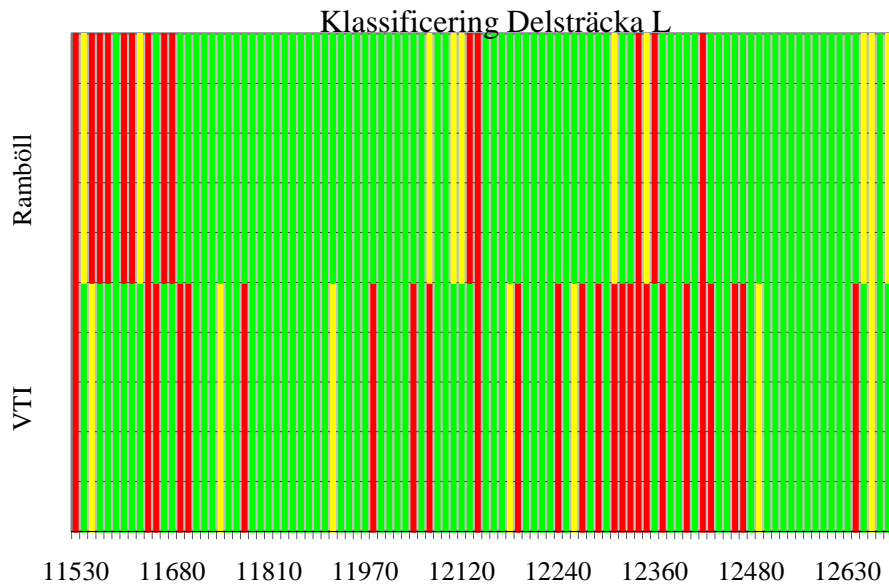
Avsnitt: 11530 – 12700 m

Längd: 1170 m

Delsträcka L uppvisar en mycket sliten och gammal beläggning men upplevs ändå som helt OK att cykla på under cykelutvärderingen. Detta trots en omfattande tvär- och längsgående sprickbildning, flertalet lappningar och lagningar samt sättningsrelaterade problem.

Klassificering cykelutvärderingen: 3 - Övervägande slät





Sektion 11560: I det inledande partiet av delsträckan skiljer sig beräkningsmodellernas klassificering åt markant. Mellan sektion 11530 och 11600 är beläggningen av relativt låg standard och i regel krackelerad likt på bilden.



Sektion 11920: På sträckan mellan sektion 11690 och 12270 återfinns många mindre kantskador, gräsintrång och sättningsrelaterade problem omkring bland annat brunnar. VTI:s beräkningsmodell har klassificerat större delen av denna sträcka som dålig.

Bilaga



Sektion 12460: Sektionerna mellan 12420 och 12520 har samtliga klassificerats som dålig komfort enligt VTI:s beräkningsmodell vilket härleds bero av de löv och dylikt som täckte delar av cykelvägen på denna sträcka.

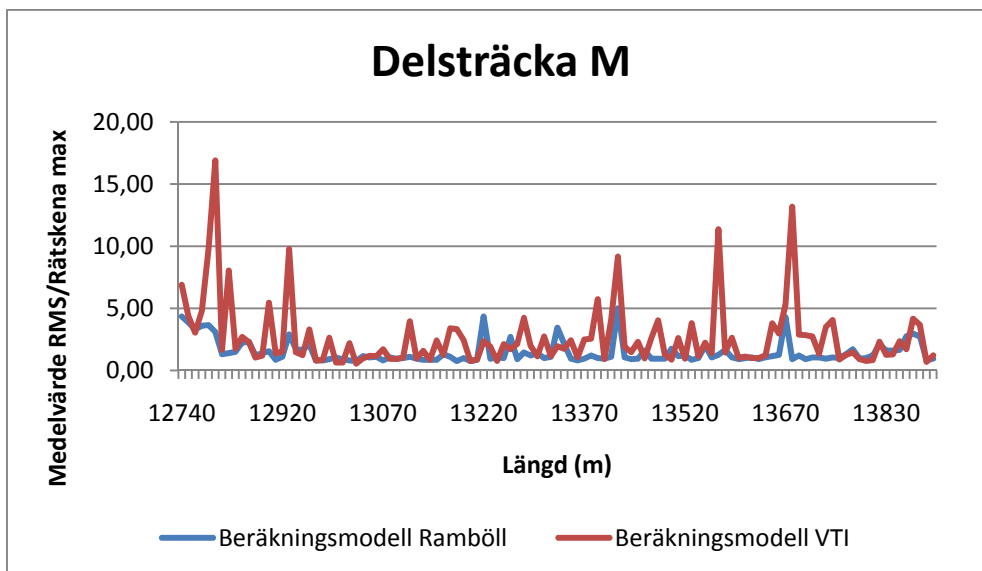
Delsträcka M

Avsnitt: 12700 – 13910 m

Längd: 1210 m

Beläggningen längs med delsträcka M är av åldern mycket sliten. Trots en hel del skador upplevs delsträckan som tämligen komfortabel att cykla på under cykelutvärderingen.

Klassificering cykelutvärderingen: 3 – Övervägande slät



Bilaga



Sektion 12750: Mellan sektion 12740 och 12790 upplevdes cykelvägens standard vara låg vilket även de båda beräkningsmodellerna påvisat genom att klassificera sträckan som dålig.



Sektion 12900: Kantojämnheter och sättningar vid bland annat en brunn antas föranleda VTI:s låga klassificering av sträckans komfort.



Sektion 13100: Mellan sektion 13100 och 13480 återfinns ett flertal lappningar och skador som medför ojämnheter på sträckan. VTI:s beräkningsmodell klassificerar oftare en dålig komfort längs med sträckningen än Rambölls beräkningsmodell.