

Denne artikel er udgivet i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)
ISSN 1603-9696
<https://journals.aau.dk/index.php/td>

Bilisters oplevede serviceniveau i kryds

Søren Underlien Jensen, suj@trafitec.dk, Trafitec
Kristian Skoven Pedersen, krsp@vd.dk, Vejdirektoratet

Abstrakt

Trafitec har for Vejdirektoratet udviklet state-of-the-art metoder til systematisk opgørelse af bilisters oplevede serviceniveau i kryds. Resultater af sådanne opgørelser beskriver, hvor tilfreds bilister er i signalregulerede og prioriterede kryds (Jensen, 2020).

Til at beskrive hvordan trafikafvikling, krydsdesign, manøvre og andre forhold påvirker bilisters tilfredshed, har 80 tilfældigt udvalgte respondenter set 42 videoklip fra 30 signalregulerede og 28 videoklip fra 20 prioriterede kryds. Videoklippene er udført i HD-format med kameradækning ud af forrude, ved sidespejle/sideruder og ud af bagrude samt et GPS-baseret speedometer.

Respondenter har vurderet videoklip på en tilfredshedsskala med 6 trin gående fra meget tilfreds til meget utilfreds. I alt er der indsamlet 2.800 tilfredshedsvurderinger af de 70 videoklip. Der er anvendt en pålidelig, valideret metode, hvor respondenter ser videoklip på 23-148 sekunder optaget fra en kørende personbil, der kører gennem krydsene ved enten at svinge til venstre, køre ligeud eller svinge til højre. Hvert videoklip og kryds er beskrevet med ca. 600 variable, der angiver trafikafvikling, krydsudformning, manøvre, vejr osv.

Der er opstillet to typer modeller, der beskriver sammenhænge mellem bilisters tilfredshed og forholdene i kryds. Både kumulative logit modeller og generaliserede lineære modeller indeholder kun statistisk signifikante variable, der påvirker bilisters tilfredshed på logisk facon. Det er hovedsageligt ventetiden, der påvirker bilisters tilfredshed i signalregulerede og prioriterede kryds. Derudover påvirkes tilfredsheden af krydstype, manøvre, type af vige-/stoppligt eller type af signal, og desuden indgår synergieffekter mellem de signifikante variable. En kumulativ logit model returnerer den procentuelle fordeling af bilister på de 6 tilfredsheds kategorier og dette oversættes efterfølgende til oplevet serviceniveau.

Baggrund og formål

Baggrunden for at kalde artiklen for "Bilisters oplevede serviceniveau ..." er, at den behandler oplevet nytte med en given transport service. I modsætning til almindelig nytteteori, så tages udgangspunktet, at der kan være forskel på oplevet nytte og beslutningsnytte (Kahneman et al., 1997). Beslutningsnytte er den nytte (eller tilfredshed) som opnås i relation til valg af transportform, rute, osv. Disse valg er forbundet med usikkerhed og beslutningsnytte må oftest betragtes som "forventet nytte". Oplevet nytte er den tilfredshed

trafikanten opnår, når alle valgene er foretaget, altså tilfredshed med fx at køre bil på en rute med flere kryds på et givet tidspunkt under givne forhold.

Empirisk forskning har vist, at oplevet nytte ofte divergerer fra nytte af beslutninger, men der er også sammenfald mellem disse to typer nytte (Kahneman, 2000; Kahneman og Sugden, 2005). Det betyder, at oplevet serviceniveau og valg af transportform, rute, osv. hænger sammen men kun til en vis udstrækning. Kahneman og Sugden (2005) angiver, at den bedste måde at måle oplevet nytte formentligt er at opgøre øjeblik-baseret eller momentant tilfredshed ved brug af "experience sampling methodology". Skulle man bruge den metode til at opgøre trafikanters oplevede nytte, så kunne fx en bilist køre med et elektronisk apparat som bipper efter et kryds er gennemkørt og spørger "hvor tilfreds er du?" og bilisten umiddelbart skal svare herpå eventuelt på nogle "smiley-knapper". Det studie afføder to problemer. Svartsituationen vil være en distraktion og et problem rent trafikikkerhedsmæssigt. Studiet vil blive dyrt, da trafikforhold, krydsudformning, osv. skal opgøres for hver enkelt tilfredshedsmåling.

I nærværende undersøgelse af bilisters oplevede serviceniveau benyttes måske den næstbedste metode. En metode anvendt i mange tidligere studier af oplevet serviceniveau. Metoden går basalt ud på, at et videoklip optaget fra en kørende bil vises for et antal respondenter, som spørges om "Hvor tilfreds var du som bilist i det viste kryds?" Dette spørgsmål kan respondenteren så besvare på en 6-punkts Likert skala. Ifølge Kahneman og Sugden (2005) kan der være et problem med en sådan metode, særligt relateret til "the focusing illusion". I denne måske næstbedste metode kræves det af respondenteren, at vedkommende fokuserer på videoklipet, og derved kan den relative betydning af de viste forhold på videoklipet blive overdrevet. Det er derfor muligt, at brug af denne metode giver større variation i oplevet nytte/tilfredshed end hvad bilister reelt oplever i trafikken.

Gennem årene er der udført mange studier af bilisters oplevede serviceniveau. Dette har givet anledning til justeringer af metoden til fastlæggelse af serviceniveau i fx Highway Capacity Manual (TRB, 2016). Men metoden til fastlæggelse af bilisters serviceniveau er fortsat ikke fuldt ud baseret på oplevet serviceniveau, da der fortsat ikke foreligger en bredt accepteret metode.

I både Highway Capacity Manual (TRB, 2016) og Håndbog Kapacitet og Servicniveau (Vejdirektoratet, 2019) anvendes middelforsinkelsen i både prioriterede kryds på sideveje og signalregulerede kryds til at beskrive det klassiske tekniske serviceniveau. Middelforsinkelsen er den gennemsnitlige ventetid blandt bilisterne. Tidligere studier af bilisters oplevede serviceniveau i kryds viser, at ventetid, manøvre, kølængde, rejsehastighed, antal fodgængere og cyklister, antal tunge køretøjer, synlighed af afmærkning, forekomst af svingbaner, brug af blinklys, krydsstørrelse og belægningskvalitet har en betydning for bilisters oplevede serviceniveau i prioriterede og signalregulerede kryds (Jensen, 2008a; Jensen, 2020). I signalregulerede kryds har grøn bølge, nedtællingssignaler, bundet venstresving, defekte signaler og signalers synlighed desuden en betydning. Ventetid er altid af størst betydning for bilisters oplevede serviceniveau i kryds.

Formålet med nærværende undersøgelse er at udvikle en beregningsmetode – en eller flere modeller – der systematisk kan beskrive bilisters oplevede serviceniveau i prioriterede og signalregulerede kryds. I flere andre danske undersøgelser er modeller for fodgængeres, cyklisters og bilisters oplevede serviceniveau i kryds og på strækninger blevet udviklet på tilsvarende vis, og derved kan serviceniveauet opgøres på tværs af transportformer og vej- og krydstyper. I modellerne kvantificeres, hvordan forskellige forhold påvirker trafikanters tilfredshed.

Tidligere forskning har vist, at den mest pålidelige metode til at opbygge modeller for oplevet serviceniveau er ved en videobaseret metodik, hvor videoklip vises i et lokale på en stor skærm og med passende lyd for respondenter, der så udfører tilfredsvurderinger, se fx Flannery et al. (2005), Foster (2014), Jensen (2008b), Jensen (2014) og Seager (2004). Det skal ses i lyset af, at den nævnte "experience sampling methodology" ikke – så vidt vides – har været anvendt i større undersøgelser af trafikanters oplevede tilfredshed. Andre anvendte metoder har været fx 1) stopinterviews, 2) respondenter kører på en valgt rute med flere kryds

der vurderes, og 3) videobaseret web-surveys. Stopinterviews er ikke særlig gode, da tidsrummet mellem kørsel i kryds og tilfredshedsvurderingen er for stort, så man får ikke en stærk relation mellem forholdene i krydset og den udtrykte tilfredshed. Problemer med kørsel på en udvalgt rute med flere kryds er, at man ikke kan "kontrollere/udvælge" trafikafviklingen, der skal vurderes, og at vurderede kryds er utilstrækkeligt forskellige, hvorfor det er svært at opstille pålidelige modeller. I web-surveys har man ikke kontrol over videofremvisningen, så billed, lyd og respondentens tilstand er uvis, og det afføder mere utilfredse respondenter og større spredning i vurderinger. En videobaseret metodik har dog det problem, at belægningskvalitetens relation til tilfredshed bliver for svag og unøjagtig.

Anvendte metoder, analyser og fremgangsmåde

Undersøgelsen er et stated perception (tilfredshed) studie, hvor hvert kryds vurderes på en fastlagt 6-punkts tilfredshedsskala. Metoden er, at respondenter ser adskillige kryds optaget på video fra en kørende personbil. Efter hvert videoklip vurderer respondenter deres tilfredshed med at køre bil i krydset under de viste forhold på videoen.

To basale forhold har været studeret forud for undersøgelsen; varighed og design af videoklip. Fra tidligere studier vides, at respondenter ønsker at vurdere et videoklip efter ca. 30-40 sekunder, men starter at miste interessen i videoklipet efter ca. 2-3 minutter (Jensen, 2013; Washburn, 2005). I forstudiet (Jensen, 2014) blev varighed og indhold af videoklip testet ved brug af et panel af respondenter. I en test skulle panelet vurdere deres tilfredshed så hurtigt som muligt, men føle sig sikker på at deres vurdering var "retvisende". I gennemsnit skulle respondenter se 12-15 sekunder videoklip for at kunne vurdere deres tilfredshed, dog varierede varigheden fra 3 til 35 sekunder. Omkring 22 % af disse hurtige vurderinger ville være blevet anderledes, hvis respondenter havde set videoklipet til ende. Konklusionen på test af varighed var, at under simple køreforhold bør videoklipet mindst være på 20 sekunder, mens det under komplekse køreforhold mindst bør være på 30 sekunder.

En anden test blev udført for at afsløre, om "The Peak-End Rule" (Kahneman, 2000) gør sig gældende. Den regel siger, at en tilfredshedsvurdering ikke vil være et simpelt gennemsnit af respondentens tilfredshed undervejs i hele videoklipet, men i højere grad vil være styret af klimaks i videoklipet og situationen til sidst i videoklipet. For at teste dette blev 80-90 sekunder lange videoklip med store variationer undervejs og forskellig afslutning vist for panelet dels i deres helhed dels i bidder på 20-30 sekunder. Gennemsnit af tilfredshedsvurderinger var de samme for hele videoklip og for samling af bidder. Selvom tilfredsheden varierede undervejs i et videoklip, så var der ikke dele af videoklipet, som betød mere for vurderingen af hele videoklipet. "The Peak-End Rule" gjorde sig ikke gældende i disse videoklip, måske fordi vejdesign og trafikforhold ikke ændrer sig hurtigt nok til, at den regel kan materialisere sig i løbet af 80-90 sekunder. Det blev derfor konkluderet, at tilfredshedsvurderinger af videoklip op til mindst 90 sekunder vil repræsentere et gennemsnit af de stimuli – de viste vejdesign, trafikforhold, omgivelser mv. – som respondenter ser og hører. Med andre ord bør forhold på videoklipet vægtes lige højt – variable for klimaks og slutning af videoklip vil ikke være bedre at anvende i modeller for oplevet tilfredshed.

Ud fra tidligere studier og test i forstudiet blev det vurderet, at videoklip bør være 20-90 sekunder lange, men undtagelsesvis kan de være 90-150 sekunder lange. Hvis videoklip er længere end 150 sekunder er der en tendens til kedsomhed/træthed blandt respondenter, hvilket giver mere utilfredse vurderinger.

En række test havde til formål at indrette videoklip (Jensen, 2014). Her blev forekomst, placering og udformning af videooptagelse ud af bilens forrude, bagrude, sideruder inklusiv sidespejle samt et speedometer testet via panelet af respondenter. Med i testene indgik også forskellige lydoptagelser og måder at separere de forskellige videooptagelser. I figur 1 er vist den foretrukne indretning af videoklip. Denne indretning giver respondenter mulighed for meget hurtigt at opfatte forholdene på køreturen, og mulighed for at vurdere sin tilfredshed.



Figur 1. Den foretrukne og benyttede indretning af videoklip.

Valg af kryds

Ud fra erfaringer med opbygning af kvantitative modeller for oplevet serviceniveau blev det valgt, at de videobaserede undersøgelser af bilisters oplevede serviceniveau i kryds skulle indeholde 20 prioriterede kryds og 30 signalregulerede kryds. For 40 % af disse kryds – tilfældigt udvalgt – skulle der være ikke kun et videoklip men to videoklip. På det andet videoklip skulle der være meget anderledes trafikforhold end på det første videoklip af samme kryds. Disse "andet videoklip" indgår i undersøgelserne, da de muliggør en bedre kvantificering af trafikforholds betydning for tilfredsheden, og muliggør en bedre indsigt i tilfredsheden i en free-flow situation, altså hvor personbilen, hvorfra video er optaget, kører frit og uafhængigt af andre trafikanter. I undersøgelserne indgår 70 videoklip, heraf 28 fra prioriterede kryds og 42 fra signalregulerede kryds.

Med få kryds er det vigtigt, at kryds- og trafikforhold samt manøvre i kryds varierer så tilpas meget, at flest forholds betydning for tilfredsheden kan kvantificeres på pålidelig facon. Det gøres ved at anvende ortogonale eksperimentelle sæt af kryds med valgte trafikforhold og manøvre. Da det nogenlunde på forhånd vides, hvilke forhold, der er af betydning for tilfredsheden, er nogle af disse forhold blevet orthogonaliseret, se tabel 1. Af tabel 1 ses, at ventetid, manøvre, antal krydsben og hastighedsgrænse er orthogonaliserede forhold i alle kryds, og desuden indgår svingpile i signalregulerede kryds og krydstørrelse i prioriterede kryds i orthogonaliseringen. Ved valg af prioriterede kryds er der også valgt en variation i typen af vigepligt, idet der indgår kryds med stoppligt (stoptavler og stoplinje) og diverse afmærkninger af ubetinget vigepligt (hajtænder, B11-tavle – trekant på spids samt overkørsel). Ved valg af signalregulerede kryds indgår også stor variation i antal svingbaner og i mængden af tværkørende trafik ved standsning for rødt lyssignal.

Alle kryds er lokaliseret i Danmark og er nærmere beskrevet af Jensen (2020). Et kryds skulle – ud over de orthogonaliserede forhold – opfylde en række andre ting. I krydset måtte der ikke være vejarbejde og der måtte ikke forekomme specielle hændelser såsom uheld og udrykninger. Derudover skulle vejbelægningen være af god kvalitet, altså rimelig jævn asfalt, og afmærkningen være rimelig god. Videoklip er afgrænset, således at videoklipet startes ca. 15 sekunder før passage af stop- eller vigepligt eller før standsning ved kø op til krydset, og videoklipet slutter ca. 5 sekunder efter passage af krydset. På denne måde vil et

videoklip mindst vare 20 sekunder. Faktisk varer videoklippene mellem 23 og 148 sekunder, så den længste ventetid er godt 2 minutter.

Tabel 1. To sæt af kryds ortogonaliseret ud fra de angivne variable og tilhørende kategorier. I højre side af kolonner for kategorier er angivet antal kryds inden for hver kategori.

Prioriterede kryds – fra sidevej			Signalregulerede kryds		
Variabel	Kategorier		Variabel	Kategorier	
Individuel ventetid	0-5 sekunder	(5)	Individuel ventetid	0-5 sekunder	(7)
	6-30 sekunder	(5)		6-30 sekunder	(7)
	31-60 sekunder	(5)		31-60 sekunder	(8)
	61-120 sekunder	(5)		61-120 sekunder	(8)
Manøvre og antal krydsben	Højre, 3-ben	(3)	Manøvre og svingpile	Højre, bundet/1-pil	(5)
	Højre, 4-ben	(3)		Højre	(5)
	Ligeud, 4-ben	(8)		Ligeud	(10)
	Venstre, 3-ben	(3)		Venstre	(5)
	Venstre, 4-ben	(3)		Venstre, bundet/1-pil	(5)
Vognbaner på overordnet vej	2	(10)	Antal krydsben	3	(10)
	3	(5)		4	(20)
	4-	(5)			
Hastighedsgrænse på overordnet vej	-50 km/t	(8)	Hastighedsgrænse på tilfartsvej	-50 km/t	(14)
	60 km/t	(4)		60 km/t	(6)
	70- km/t	(8)		70- km/t	(10)

Videoproduktion

Videoptagelser blev udført juni-august 2019. Optagelser blev udført i dagslys uden nedbør. Optagelser blev udført fra en kørende personbil med synkroniserede GoPro kameraer og VBOX system med tilhørende højfrekvent GPS speedometer. Bilen, hvorfra video blev optaget, kørte altid under hastighedsgrænsen. Bilen skulle enten foretage venstresving, kørsel ligeud eller højresving gennem krydset. Der blev altid benyttet et relevant/lovligt kørespor. Ved svingning blev blinklys altid aktiveret før kørsel ind i svingspor eller mindst 8-10 sekunder før standsning ved kryds. Der var ikke tændt radio, musik, snak eller fifle med ting inde i bilen, hvorfra der blev optaget video. Alle optagelser med aggressiv eller usædvanlig adfærd blev fravalgt fx optagende bil i dilemmazone, næsten ulykker, ekstremt høje hastigheder, dytten, gøende hunde, biler under udrykning, forulykkede køretøjer, høje maskinlyde, osv. Hvert kryds blev filmet 3-12 gange. Udvalgte videoklip blev redigeret sammen til i alt 4 film med en varighed på hver ca. 1 time ved brug af Adobe Premiere Elements. Videoklip varede 23-148 sekunder.

Dataindsamling

Kryds- og vejudformninger, omgivelser o. lign. blev målt på stedet og ved brug af luftfotos og vejdata-baser. Disse data inkluderer forhold som antal krydsben og mulige manøvrer, tværprofiler, kanalisering, svingspor, afmærkning, belægninger, beplantning, tavler, adskillelse af trafikarter, belysning, autoværn, vejudstyr, ind-/udkørsler, sideveje, fartdæmpende tiltag og busstoppesteder fra ca. 50 m før videoklippets start til ca. 50 m efter videoklippets afslutning.

Et stationært kamera, der var synkroniseret med kameraer i den kørende personbil, blev opstillet i et krydshjørne, så al trafik i krydset blev filmet. Al trafik, der ville være muligt at se på et videoklip, blev talt.

Videoptagelser fra kameraer i den optagende bil er anvendt til at registrere bl.a. vejr, sollys, hastighed for hvert sekund (GPS speedometer), tider og position i kø, den optagne bils placering, oversigtsforhold, signalskift, passeret trafik og parkerede biler. I alt er der indsamlet oplysninger om ca. 600 variable om kryds, trafik, omgivelser, vejr mv. for hvert kryds og videoklip.

Respondenter, videofremvisninger og spørgeskemaer

I alt blev ca. 900 husstande og ca. 200 enkeltpersoner i Gladsaxe og omegn inviteret til at deltage som respondenter i undersøgelserne. 80 respondenter deltog. 12 videofremvisninger blev udført november 2019. Der var mellem 2 og 11 respondenter pr. fremvisning. Video blev vist på 55-tommers fjernsyn med et tilsluttet hi-fi anlæg med godt lydsystem. Under videofremvisning blev der afholdt en 10 minutters pause, hvor respondenter blev tilbudt vand, sodavand og chokolade. Efter videofremvisning fik respondenter en gave bestående af selvvalgt vin, chokolade og slik.

Ved en videofremvisning fik respondenter et spørgeskema, hvorpå alle svar skulle gives. I starten af fremvisningen blev der stillet 6 baggrundsspørgsmål (køn, alder, boligtype, kørekort, år med kørekort og årlig kørsel). Efter en introduktion skulle respondenter udføre tilfredshedsvurdering af to lærings-videoklip, hvorefter der kunne stilles spørgsmål i relation til vurdering af videoklip. Lærings-videoklip blev udført for at undgå begynderproblemer. Vurderinger af lærings-videoklip indgår ikke som observationer til opstilling af modeller for oplevet tilfredshed. Derefter skulle der vurderes 17-18 videoklip, så en pause, og så yderligere vurderes 17-18 videoklip. Videoklip blev vist i tilfældig rækkefølge, og denne tilfældige rækkefølge blev vendt i en anden fremvisning så man kunne undgå indflydelse af træthed blandt respondenter. Efter hvert videoklip havde respondenter 10 sekunder til at foretage deres tilfredshedsvurdering. En oversigt af de anvendte tilfredshedsvurderinger er vist i tabel 2.

Tabel 2. Nominal og ordinal tilfredshedsskala samt svarfordeling af tilfredshedsvurderinger for undersøgelser af kryds.

Nominal skala	Ordinal skala	Antal tilfredshedsvurderinger – svarfordeling		
		Prioriterede kryds	Signalregulerede kryds	Alle kryds
1	Meget tilfreds	193 (17 %)	680 (40 %)	873 (31 %)
2	Noget tilfreds	243 (22 %)	457 (27 %)	700 (25 %)
3	Lidt tilfreds	185 (17 %)	223 (13 %)	408 (15 %)
4	Lidt utilfreds	171 (15 %)	144 (9 %)	315 (11 %)
5	Noget utilfreds	165 (15 %)	132 (8 %)	297 (11 %)
6	Meget utilfreds	163 (15 %)	44 (3 %)	207 (7 %)
I alt		1.120 (100 %)	1.680 (100 %)	2.800 (100 %)
Gennemsnit (nominal)		3,32	2,24	2,67
Mest tilfredsstillende kryds		1,36	1,17	1,17
Mest utilfredsstillende kryds		5,92	4,61	5,92

Af tabel 2 ses, at respondenterne har været mest tilfreds som bilist i de viste signalregulerede kryds. Der er samlet udført 2.800 tilfredshedsvurderinger, der er anvendt i modelleringer af bilisters oplevede serviceniveau, heraf 1.120 i prioriterede kryds og 1.680 i signalregulerede kryds. Der er i gennemsnit udført 40 vurderinger af et videoklip fra et kryds.

Modeludvikling

Modeller for bilisters oplevede serviceniveau er udviklet ved brug af statistikprogrammet SAS version 9.4. PROC GENMOD er anvendt til at opstille generaliserede lineære modeller (GLM). Ved en GLM benyttes den gennemsnitlige vurdering på den nominale skala til modellering. PROC LOGISTIC er anvendt til at opstille kumulative logit modeller (CLM). Ved en CLM benyttes tilfredshedsvurderingerne på den ordinale skala.

Ved en kumulativ logit model afhænger fordelingen af svar på svarkategorier af hinanden, se nedenstående modeludtryk. Den kumulative logit model er forholdsvis simpel, idet kun konstantleddet a varierer i beregning af den enkelte svarkategori andel. Modeludtrykket for en model med 6 svarkategorier kan beskrives alene ved nyttefunktionen $\text{logit}(p) = a + bx_1 + cx_2 \dots$, hvor konstantleddet a har fem forskellige værdier til beregning af de fem første andele. Nyttefunktionen er det, der i modeludtrykket nedenfor står i parentes efter "exp".

$$Andel_{Meget\ tilfreds} = 1 - \frac{1}{1 + \exp\left(a_{Meget\ tilfreds} + bx_1 + cx_2 + dx_1x_2 + x_3 \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix}\right)}$$

$$Andel_{Noget\ tilfreds} = 1 - Andel_{Meget\ tilfreds} - \frac{1}{1 + \exp\left(a_{Noget\ tilfreds} + bx_1 + cx_2 + dx_1x_2 + x_3 \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix}\right)}$$

...

$$Andel_{Meget\ utilfreds} = 1 - Andel_{Meget\ tilfreds} - Andel_{Noget\ tilfreds} - Andel_{Lidt\ tilfreds} - Andel_{Lidt\ utilfreds} - Andel_{Noget\ utilfreds}$$

Ud fra en matematisk synsvinkel er det mest korrekt at anvende logit modellen frem for den lineære model, da det er uvist om den matematiske ("euklide") afstand mellem hver svarkategori er den samme.

At udpege og kvantificere de væsentligste variable, der påvirker bilisters tilfredshed, var det primære mål for modeludviklingen. Der blev anvendt CLM trinvis regressionsanalyse til at identificere alle signifikante variable ($p \leq 0,05$). Desuden blev forskellige funktionsudtryk forsøgt anvendt for hver enkelt signifikante variabel, og der blev søgt efter synergieffekter. Hver signifikante variabel blev testet for om den var spuriøs og logisk. Optimeringsteknik var Fisher's scoring. For at medtage en ekstra variabel i en model bør der være en rimeligt fald i Akaike Information Criterion (AIC). Signifikante variable, der ikke gav et sådant fald, eller var ulogiske eller havde en vidt forskellig estimeret sammenhæng til tilfredshed afhængig af hvilke andre variable som modellen indeholdt – blev frasorteret. Efter udvikling af CLM modeller, blev de samme variable benyttet til opstilling af GLM modeller, dog indgik ikke variable for baggrundsspørgsmål (køn, alder, osv. for respondenter).

Der blev udviklet 3 sæt CLM modeller. Et sæt bestod af 3 modeller for prioriterede kryds med et tiltagende antal variable. Et andet sæt bestod af 3 modeller for signalregulerede kryds, og det sidste sæt af 3 modeller for alle kryds. Der blev desuden opstillet 2 GLM modeller for prioriterede kryds, 2 GLM modeller for signalregulerede kryds og 2 GLM modeller for alle kryds. I næste afsnit om resultater er kun vist de to modeller, som primært anbefales at anvende til beregning af bilisters oplevede serviceniveau i hhv. prioriterede og signalregulerede kryds.

Resultater

Analyser af respondenternes svar sammenholdt med kryds design, trafik, omgivelser mv. viser, at bilisters oplevede tilfredshed i kryds kan sættes på formel. Den variabel, som er klart stærkest relateret til bilisters oplevede tilfredshed, er den individuelle ventetid. Alene ud fra oplysninger om ventetid og krydstype (prioriteret eller signalreguleret) kan rimelige overslag på bilisters oplevede tilfredshed gives. Det er den individuelle ventetid, der indgår i modellerne, ikke den gennemsnitlige ventetid eller middelforsinkelse. Sammenhængen mellem ventetid og tilfredshed er dog lineær (proportional), og derfor kan en middelforsinkelse eller gennemsnitlig ventetid godt afspejle et gennemsnitligt tilfredshedsniveau – men ikke variationen i tilfredsheden. Den individuelle ventetid forklarer mere af variationen i den oplevede tilfredshed end alle andre signifikante variable tilsammen. Modeller for bilisters oplevede serviceniveau i kryds er vist i figur 2.

Relationen mellem ventetid og bilisters tilfredshed er ret enkel. Jo længere ventetid, desto mere utilfredse er bilister. Men ventetid opleves forskelligt, og derfor har den en forskellig indvirkning på tilfredsheden afhængig af hvilken manøvre, der foretages i krydset, og hvilken type af signal (hovedsignal, 1-pils eller 3-pils svingsignal), der er i signalregulerede kryds. Det er fx mere utilfredsstillende at vente for højresving end at vente for kørsel ligeud. Manøvre samt type af vige-/stoppligt og signal har også selvstændig indvirkning på bilisters tilfredshed i kryds. Det er fx mere utilfredsstillende med en overkørsel i et prioriteret kryds end med hjåntænder og B11-tavler.

Model Prioriteret Kryds Vente Logit 2

(AIC=3.121, gns. residual=0,30):

$$\text{logit}(p) = a \cdot \begin{bmatrix} \text{meget tilfreds} = -0,8352 \\ \text{noget tilfreds} = 0,7667 \\ \text{lidt tilfreds} = 1,8082 \\ \text{lidt utilfreds} = 2,9202 \\ \text{noget utilfreds} = 4,6842 \end{bmatrix} - 0,0590 \cdot \text{VenteTid} + \text{Vige} \cdot \begin{bmatrix} \text{stoptavle} = 0,0000 \\ \text{hajtænder} = 0,0170 \\ \text{B11haj} = 0,3627 \\ \text{overkørsel} = -1,0402 \end{bmatrix}$$

$$+ \text{Manøvre} \cdot \begin{bmatrix} \text{venstre} = 0,0000 \\ \text{ligeud} = -0,5027 \\ \text{højre} = 0,6977 \end{bmatrix} + \text{VenteTid} \cdot \text{Manøvre} \cdot \begin{bmatrix} \text{venstre} = 0,0000 \\ \text{ligeud} = 0,0158 \\ \text{højre} = -0,0245 \end{bmatrix}$$

Model Signalreguleret Kryds Vente Logit 2

(AIC=4.580, gns. residual=0,42):

$$\text{logit}(p) = a \cdot \begin{bmatrix} \text{meget tilfreds} = 0,9140 \\ \text{noget tilfreds} = 2,2692 \\ \text{lidt tilfreds} = 3,1315 \\ \text{lidt utilfreds} = 3,9780 \\ \text{noget utilfreds} = 5,6439 \end{bmatrix} - 0,0342 \cdot \text{VenteTid} + \text{Manøvre} \cdot \begin{bmatrix} \text{venstre} = 0,0000 \\ \text{ligeud} = 0,3333 \\ \text{højre} = -0,1658 \end{bmatrix}$$

$$+ \text{Signal} \cdot \begin{bmatrix} \text{hoved} = 0,0000 \\ \text{1pil} = 0,2819 \\ \text{3pil} = 0,5787 \end{bmatrix} + \text{VenteTid} \cdot \text{Manøvre} \cdot \begin{bmatrix} \text{venstre} = 0,00000 \\ \text{ligeud} = 0,00636 \\ \text{højre} = 0,000627 \end{bmatrix}$$

$$+ \text{VenteTid} \cdot \text{Signal} \cdot \begin{bmatrix} \text{hoved} = 0,00000 \\ \text{1pil} = -0,01250 \\ \text{3pil} = 0,00288 \end{bmatrix}$$

hvor logit(p) = Nyttfunktion for kumulativ logit model,
a = Konstantled,
VenteTid = Individuel ventetid i sekunder,
Vige = Afmærket eller udformet vige- eller stoppligt på sidevej,
Manøvre = Udført manøvre – venstresving, kørsel ligeud eller højresving, og
Signal = Type af signal for kørt retning/manøvre.

Figur 2. Kumulative logit modeller, der anbefales til beregning af svarfordeling på seks svarkategorier for bilister i hhv. prioriterede og signalregulerede kryds. Baseret på 70 videoklip fra 20 prioriterede kryds og 30 signalregulerede kryds. AIC er Akaike Information Criterion – jo lavere, desto bedre model. Gennemsnitligt residual for tilfredshedsniveauet.

Det er af stor betydning om krydset er prioriteret eller signalreguleret. Bilister bliver meget utilfreds ved en ventetid på ca. 85 sekunder i et prioriteret kryds, mens dette først sker ved en ventetid på ca. 175 sekunder i et signalreguleret kryds. Disse ventetider (hhv. ca. 85 og 175 sekunder) påvirkes dog af manøvre og type af vige-/stoppligt og type af signal. Det opleves altså forskelligt, hvornår en ventetid bliver uacceptabel lang.

Nogle få andre forhold udover ventetid, manøvre, type af vige-/stoppligt og type af signal har også vist at have en betydning – dog beskeden betydning for tilfredsheden:

- Oversigt mod venstre i prioriterede kryds - Jo bedre sigtforhold, desto mere tilfredse bilister.
- Oversigt ligeud i signalregulerede kryds ved venstresving - Jo bedre sigtforhold, desto mere tilfredse bilister.
- Trafikintensiteten (fodgængere, cyklister og motorkøretøjer pr. sekund) i krydset – Jo mere trafik, desto mere utilfredse bilister.
- Parkerede biler, busstoppesteder og ind-/udkørsler på tilfartsvejen – Jo flere pr. løbende meter, desto mere utilfredse bilister.

En del variable om respondenter er også statistisk signifikante, men indgår ikke i de anbefalede modeller. Men det kan siges, at kvinder er mere tilfredse end mænd. Ældre er mere tilfredse end yngre respondenter. Respondenter, der kører 1-999 km om året som fører, er mere utilfredse end dem, som kører 10.000-20.000 km om året.

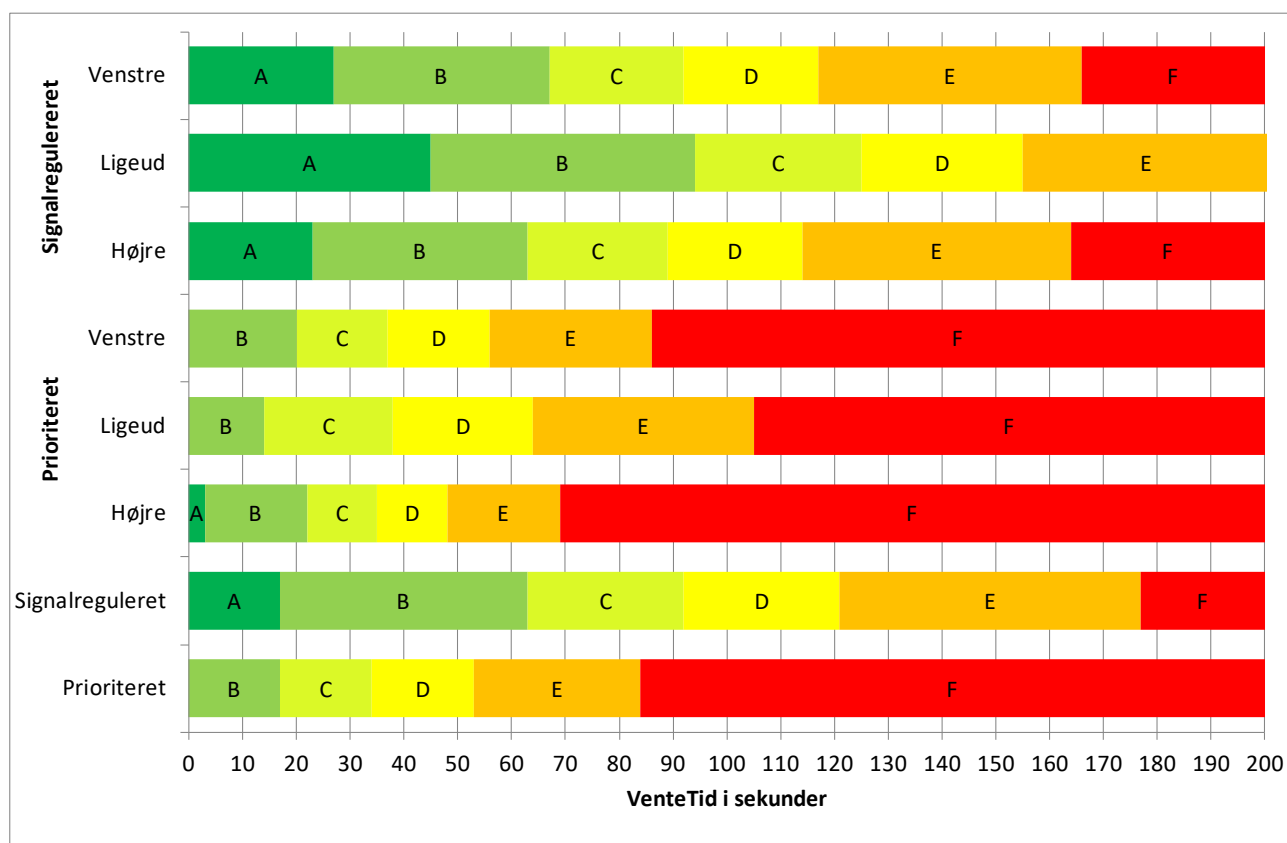
Oplevet serviceniveau – begreb og resultater

Der er opstillet et begreb med seks serviceniveauer fra A til F. For det bedste serviceniveau A gælder, at mindst 50 procent af bilisterne er meget tilfredse. Det er altså flertallet, der fastsætter serviceniveauerne fra A til F, se tabel 3.

Tabel 3. Definition af bilisters oplevede serviceniveau A – F i kryds.

Definition på serviceniveau for bilister i kryds			Gennemsnitligt tilfredshedsniveau
Tegn	Beskrivelse	Respondenters vurdering	
A	Meget tilfreds	Mindst 50 % er meget tilfredse	< 1,86
B	Noget tilfreds	Mindst 50 % er noget tilfredse eller meget tilfredse	≥ 1,86 og < 2,78
C	Lidt tilfreds	Mindst 50 % er lidt tilfredse eller mere tilfredse	≥ 2,78 og < 3,48
D	Lidt utilfreds	Mindst 50 % er lidt utilfredse eller mere tilfredse	≥ 3,48 og < 4,16
E	Noget utilfreds	Mindst 50 % er noget utilfredse eller mere tilfredse	≥ 4,16 og < 5,23
F	Meget utilfreds	Mindst 50 % er meget utilfredse	≥ 5,23

Med dette serviceniveaubegreb er det nemmere at anskueliggøre betydningen af de enkelte variable for bilisters oplevede tilfredshed. I figur 3 er vist, hvordan serviceniveau påvirkes af ventetid, krydstype og manøvre.

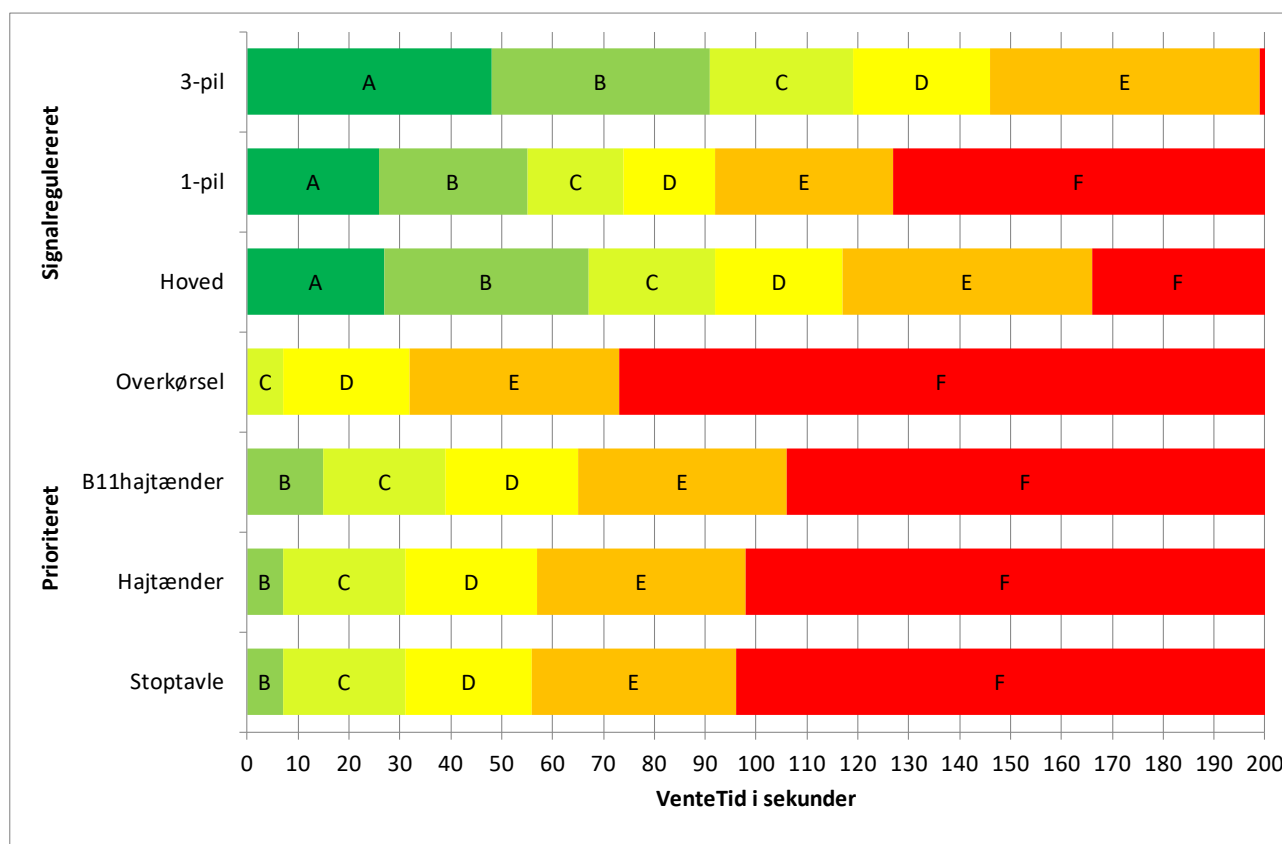


Figur 3. Servicenniveau afhængig af ventetid og manøvre i hhv. prioriterede og signalregulerede kryds.

Figur 3 illustrerer godt, hvordan bilister oplever servicen, som et kryds yder. Det er tydeligt at se, at bilister hurtigere bliver utilfredse i prioriterede kryds end i signalregulerede kryds, og hurtigere bliver utilfredse ved svingning end ved kørsel ligeud.

I figur 4 er vist, hvordan servicenniveau påvirkes af typen af vige- og stoppligt ved kørsel ligeud i prioriterede kryds og typen af signal ved venstresving i signalregulerede kryds. Her ses, at det bedste servicenniveau fås, hvis der er bundet venstresving (3-pils signal) i signalregulerede kryds, hvis ventetiden er uændret. I

prioriterede kryds fås det dårligste serviceniveau med en overkørsel, mens det bedste serviceniveau opnås med hjåjtænder og B11-tavler. Dette illustrerer, at type af vige- og stoppligt samt type af signal har en betydning for det oplevede serviceniveau – om end lille betydning.



Figur 4. Servicenniveau afhængigt af ventetid og type af vige- og stoppligt ved kørsel ligeud i prioriterede kryds samt type af signal ved venstresving i signalregulerede kryds.

IT-værktøj og anvendelsesområder

Nogle af de udarbejdede kumulative logit modeller bl.a. dem i figur 2 indgår i et IT-værktøj – et Excel regneark. Ved brug af IT-værktøjet kan man hurtigt og med få data beregne bilisters oplevede servicenniveau i et kryds, for hvert krydsben, manøvre og tidsrum. Gyldighedsområdet for modellerne er beskrevet i regnearket.

Resultater om bilisters oplevede servicenniveau kan anvendes til fx 1) målsætninger for vejnettet om oplevet servicenniveau kan indgå i servicedeclarationer, der angiver hvilken service bilister kan forvente at få af vejbestyrelsen. 2) Modeller og værktøjer kan anvendes til at udpege kryds, krydsben og manøvrer, der har et dårligt oplevet servicenniveau. 3) Oplevet servicenniveau kan indgå som rammebetingelse i planlægningen af nye veje og ved større ombygninger. 4) Oplevet servicenniveau kan være et redskab i kommunikationen til trafikanter fx via trafikradio, internet, app's, navigationsystemer, osv.

Konklusion

Det er nu muligt systematisk at opgøre bilisters oplevede tilfredshed og servicenniveau i kryds. Resultaterne angiver tydeligt, at ventetiden er af stor betydning for bilister, men at denne betydning afhænger af krydstype. Det giver et nyt grundlag for planlægning og kommunikation, der faktisk er en del forskelligt fra det eksisterende. Vejbestyrelserne får mulighed for at bringe trafikanternes "kundefredshed" i fokus i planlægningen af vejnettet på tværs af transportformer samt vej- og krydstyper. Det er på nuværende tidspunkt ikke udført en tilsvarende systematisk opgørelse af bilisters servicenniveau i rundkørsler, hvorfor disse ikke kan indgå i en samlet analyse for et vejnet.

Referencer

Flannery, A., Wochinger, K. og A. Martin (2005): Driver Assessment of Service Quality on Urban Streets. Transportation Research Record, No. 1920, pp. 25-31.

Foster, N. M-A (2014): Predicting Bicyclist Comfort in Protected Bike Lanes. Portland State University, Master Thesis, Oregon, USA.

Jensen, S. U. (2008a): Bilisters oplevede serviceniveau – Et litteraturstudium. Trafitec, Lyngby, Danmark.

Jensen, S. U. (2008b): Pedestrian and Bicyclist Level of Service on Roadway Segments. Transportation Research Record, No. 2031, pp. 43-51.

Jensen, S. U. (2013): Pedestrian and Bicycle Level of Service at Intersections, Roundabouts and other Crossings. Proceedings of 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

Jensen, S. U. (2014): Bilisters oplevede serviceniveau – Fase 3: Metodeudvikling og tilrettelæggelse af konkret studie af bilisters oplevede serviceniveau. Trafitec, Lyngby, Danmark.

Jensen, S. U. (2020): Bilisters oplevede serviceniveau i kryds. Trafitec, Søborg, Danmark.

Kahneman, D. (2000): Evaluation by Moments: Past and Future. In: Kahneman, D. and A. Tversky (eds.) Choices, Values and Frames. Cambridge University Press, New York, USA, pp. 693-708.

Kahneman, D. og R. Sugden (2005): Experienced Utility as a Standard of Policy Evaluation. Environment & Resource Economics, vol. 32, pp. 161-181.

Kahneman, D., Wakker, P. og R. Sarin (1997): Back to Bentham? Explorations of experienced utility. Quarterly Journal of Economics, vol. 112, pp. 375-405.

Seager, K. (2004): An Exploratory Data Collection Approach for the Assessment of Level of Service from a Traveler's Perspective. University of Florida, Master Thesis, Florida, USA.

TRB (2016). Highway Capacity Manual, 6th Edition. Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

Washburn, S. S. (2005): Facility Performance Model Enhancements for Multimodal Systems Planning – Part II. Publication TRC-FDOT-984-2005, Florida Department of Transportation, Florida, USA.

Vejdirektoratet (2019): Håndbog Kapacitet og Serviceniveau. Vejregler, Vejdirektoratet, København, Danmark.