DEN SELVFORKLARENDE VEJ

En metode til udpegning af grå strækninger

2019

ANDERS B. VANGSTED

KANDIDATSPECIALE

VEJE & TRAFIK

AALBORG UNIVERSITET

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Det Ingeniør- og
Naturvidenskabelige Fakultet
Byggeri og Anlæg
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Øst
http://www.byggeri.aau.dk

Titel:

Den Selvforklarende Vej

Undertitel:

En metode til udpegning af grå strækninger

Projekttype:

Kandidatspeciale

Projektperiode:

1. september 2018 - 7. juni 2019

Projektomfang:

45 ECTS

Forfatter:

Anders Bøje Vangsted

Vejleder:

Erik Kjems

Censor:

Lars Rosenberg Randleff

Sidetal: 117
Bilag: 5

Synopsis:

Dette kandidatspeciale omhandler udviklingen af en metode til udpegning af grå strækninger, og tager udgangspunkt i begrebet *Den Selvforklarende Vej*. Tanken bag dette er, at hvis en vej som helhed er selvforklarende, men indeholder delstrækninger, hvor hastigheden utilsigtet er anderledes end på resten af vejen, så kan disse delstrækninger antages at være grå strækninger.

Datagrundlaget for analysen er baseret på Floating Car Data fra det nordjyske udviklingsprojekt ITS Platform, hvorfor store dele af databehandlingen er foretaget i PostgreSQL, der er et styresystem til databaser. Som følge af databehandlingen er der til analyse af hastighederne udviklet detaljerede hastighedsprofiler.

På baggrund af analysen blev det konkluderet, at metoden både kan anvendes til at vurdere hvorvidt en vejstrækning er selvforklarende eller ej, og til udpegning af grå strækninger.

Den færdige metode bestå samlet af fire overordnede SQL-forespørgsler.

Citation af publiceret udgave:

Vangsted, 2019. Anders B. Vangsted. Den Selvforklarende Vej - en metode til udpegning af grå strækninger. Kandidatspeciale. Aalborg Universitet. 2019.

Abstract

This Master's thesis deals with the development of a method for designating gray road sections and is based on the concept of *The Self-Explaining Road*. The idea behind this is that if a road overall is self-explaining but contains sub-sections where the speed is unintentionally different than on the rest of the road, then these sub-sections can be assumed to be gray road sections.

The data basis for the analysis is based on Floating Car Data from the Danish development project ITS Platform, which is why large parts of the data processing have been carried out in PostgreSQL, which is a database management system. Due to the data processing, detailed speed profiles have been developed for the analysis of the speeds.

Based on the analysis, it was concluded that the method can be used both to determine whether a road section is self-explaining or not, and to designate gray road sections.

The completed method consists of four overall SQL queries.

Forord

Dette kandidatspeciale er udarbejdet af Anders B. Vangsted, afgangsstuderende på civilingeniøruddannelsen Veje og Trafik på Aalborg Universitet. Projektet er udformet som et mellemlangt afgangsspeciale på 45 ECTS.

I forbindelse med udarbejdelsen af projektet skal der lyde en tak til vejleder Erik Kjems for konstruktiv vejledning, samt en tak til Pelle Gøeg for hjælp med SQL.

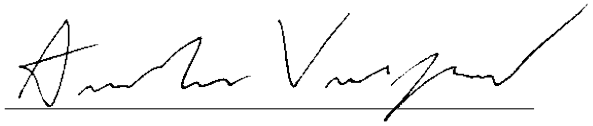
Læsevejledning
Der vil igennem rapporten blive refereret til kilder, som alle er samlet i en kildeliste bagerst i rapporten. Til disse referencer er der anvendt kildehenvisning efter Harvard-metoden, hvorfor de i teksten vil være angivet ved [efternavn, år]. Hvis der ikke forefindes et årstal for kilden vil den i stedet angives med [efternavn, N.D.].

På samme måde vil der igennem rapporten blive refereret til figurer, tabeller og ligninger. Disse er nummereret i henhold til det kapitel de optræder i. Således vil den første figur i kapitel 3 have nummer 3.1, den anden vil have nummer 3.2 osv. Nummereringen fremgår under figurer og tabeller, mens den fremgår ved siden af ligninger. Desuden vil figurer og tabeller have forklarende tekster, som ligeledes vil fremgå under disse i forlængelse af nummereringen.

Læses rapporten elektronisk vil alle referencer være klikbare. For kilder vil referencen føre til kildelisten bagerst i rapporten, mens den for figurer, tabeller og ligninger vil føre til den figur, tabel eller ligning der refereres til.

Elementer i rapporten kan være tilvejebragt på flere forskellige måder. De kan være lavet helt selv, de kan være lavet med inspiration fra andet, de kan være lavet ud fra andet eller de kan være taget fra andet. Medmindre elementet er lavet helt selv, vil det altid fremgå hvordan det er tilvejebragt i den forklarende tekst sammen med kildehenvisningen.

I rapporten stammer alle shapefiler anvendt til baggrundskort fra:
[Styrelsen for DataForsyning og Effektivisering, 2018].



Anders B. Vangsted

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1 Projektbaggrund **1**
1.1 Hastighed og trafiksikkerhed . . . 4
1.2 Den Selvforklarende Vej . . . 5
1.3 Projektbeskrivelse . . . 6

Kapitel 2 Problemformulering **7**

Kapitel 3 Indledende metode **9**
3.1 Litteratursøgning og litteraturstudie . . . 9
3.2 Anvendte IT-værktøjer . . . 10
3.2.1 pgAdmin . . . 10
3.2.2 QGIS . . . 10
3.2.3 Microsoft Excel . . . 11
3.3 Billedanalyse . . . 11
3.4 Datagrundlag . . . 12
3.4.1 Floating Car Data . . . 12
3.4.2 ITS Platform . . . 13
3.5 Databehandling . . . 17
3.5.1 Inddeling af vejstrækninger . . . 17
3.5.2 Map Matching . . . 17
3.6 Programmering . . . 22

Kapitel 4 Projektlokalitet **23**

Kapitel 5 Videre metode **27**
5.1 Validering af datasæt . . . 27
5.1.1 Frasortering af datagrundlag grundet trafiksanering . . . 28
5.1.2 Inddeling af tidsintervaller . . . 29
5.1.3 Inddeling af ture . . . 31
5.1.4 Frasortering af køretøj . . . 31
5.1.5 Frasortering af datapunkter ved sving . . . 32
5.2 Usikkerhed ved GPS-logninger . . . 33
5.3 Programmering . . . 34
5.3.1 Gammel metode med map matching i QGIS . . . 34
5.3.2 Ny metode med map matching i PostgreSQL . . . 35
5.3.3 SQL-forespørgsler . . . 36

Kapitel 6 Resultater **41**
6.1 Rute 35 . . . 41
6.2 Rute 583 . . . 48
6.3 Smidstrupvej . . . 53

Kapitel 7 Færdig metode **59**
7.1 Første SQL-forespørgsel 59
7.2 Anden SQL-forespørgsel 59
7.3 Tredje SQL-forespørgsel 60
7.4 Fjerde SQL-forespørgsel 61
7.5 SQL-forespørgslernes tidsforbrug 62

Kapitel 8 Diskussion **63**
8.1 Bivirkninger ved Den Selvforklarende Vej 63
8.2 Fartpilot 63
8.3 Demografi i ITS Platform 63
8.4 Metodens anvendelsesmuligheder 65
8.5 Resultaterne er analyseret på baggrund af forkerte forudsætninger 65
8.6 Kørselsretninger hver for sig eller samlet 65

Kapitel 9 Konklusion **67**

Kapitel 10 Perspektivering **69**
10.1 Selvkørende biler 69
10.2 Potentialet for FCD 71
10.3 Saphe 71
10.4 Projektets udviklede metode 71

Litteraturliste **73**

Bilag A Litteraturstudie **81**

Bilag B Definitioner **85**
B.1 Den Selvforklarende Vej 85
B.2 Hvad gør Den Selvforklarende Vej selvforklarende? 87

Bilag C UHT-beregninger **89**

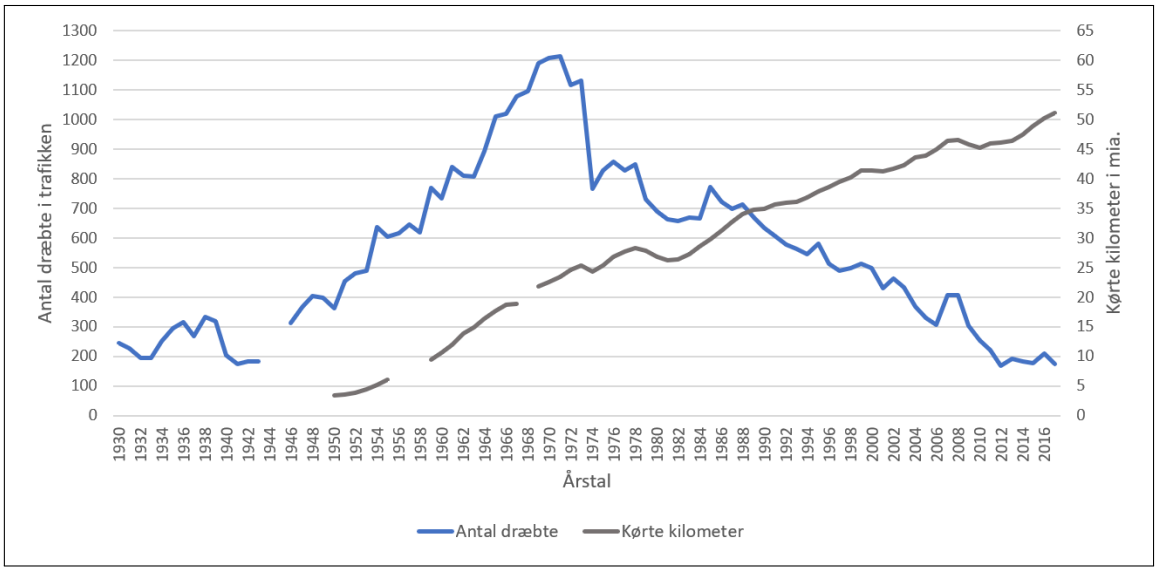
Bilag D Beregning af areal **91**

Bilag E Interessepunkter **93**
E.1 Rute 35 93
E.1.1 Østgående retning 93
E.1.2 Vestgående retning 98
E.2 Rute 583 101
E.2.1 Østgående retning 101
E.3 Smidstrupvej 104
E.3.1 Nordgående retning 104

Projektbaggrund 1

Efter 2. verdenskrig kom biltrafikken for alvor i gang i Danmark, og som en naturlig effekt af det skete der sideløbende en voldsom stigning i antallet af dræbte i trafikken. Udviklingen for biltrafik og for trafikdræbte er vist på figur 1.1. Stigningen i trafikdræbte fortsatte helt frem til 1971, men selvom antallet af kørte kilometer fortsatte sin stigning herefter, faldt antallet af dræbte pludselig meget markant. Dette fald skyldtes en målrettet indsats til forbedring af trafiksikkerheden, som bl.a. indbefattede selemonteringspligt i '69, generelle hastighedsgrænser i '73, samt selepligt på forsædet og promillegrænse i '76. Nogle af de nyeste tiltag omfatter nultolerancen overfor narko i '07 og introduktionen af automatisk nødbremse i 08', hvilke sandsynligvis har medvirket til det sidste store fald i trafikdræbte mellem 2008 og 2012. [Vejdirektoratet, 2018h; Færdselssikkerhedskommissionen, 2017]

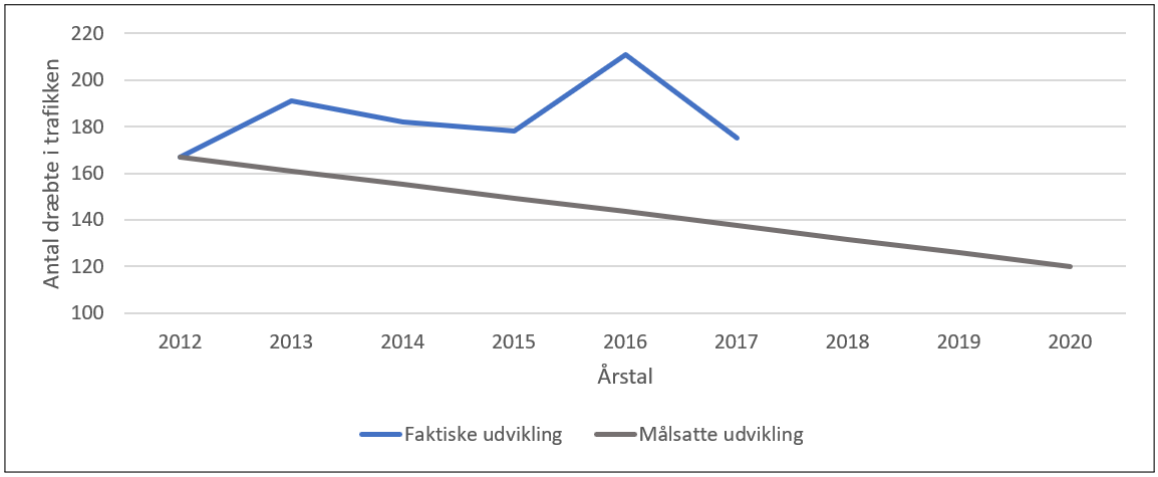
Generelt har den teknologiske udvikling også gjort en stor forskel, specielt i de seneste år, da flere kører i nyere og mere sikre biler, hvorfor ulykker, der før havde medført personskade, nu kun medfører materialskade. Samtidig er der løbende sket forbedringer af vejnettet, både for at reducere antallet af ulykker, men også for at mindske alvorlighedsgraden af de ulykker, der trods alt sker. Disse forbedringer har eksempelvis været at fjerne faste genstande i vejsiden, eller at opsætte autoværn og eftergivelige master. [Vejdirektoratet, 2018h]



Figur 1.1: Historisk udvikling af dræbte og kørte kilometer i trafikken. Ud fra [Vejdirektoratet, 2018h].

Udviklingen af trafikdræbte er overordnet på vej i den rigtige retning, men siden 2012 har den desværre været stagneret eller endda svagt stigende, og det på trods af målsætningen om en udvikling der skal nå ned på maksimalt 120 dræbte i 2020 [Færdselssikkerhedskommissionen, 2013]. Siden udgangspunktet i 2012 har den faktiske

udvikling hvert år ligget højere end den årlige målsætning. For at nå målet burde der højst have været 138 dræbte i 2017, så de 175 der faktisk døde i trafikken det år er langt fra godt nok [Vejdirektoratet, 2018b]. Den faktiske udvikling og målsætningen er illustreret på figur 1.2.



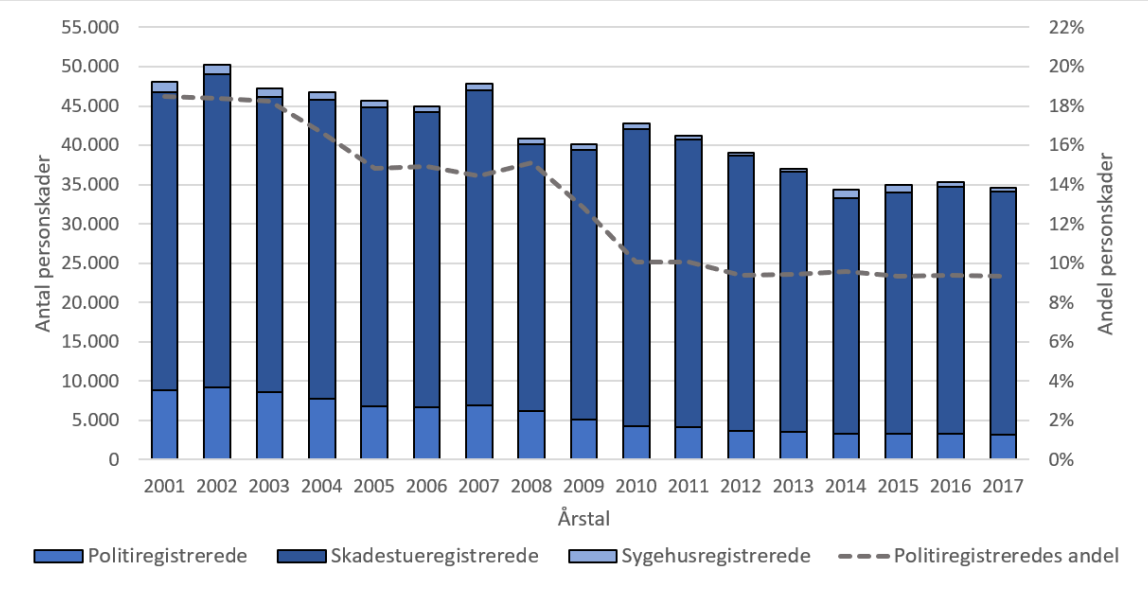
Figur 1.2: Den faktiske udvikling for trafikdræbte og Færdselssikkerhedskommissionens målsætning. Ud fra [Færdselssikkerhedskommissionen, 2017].

Trafiksikkerhedsarbejdet er fortsat meget vigtigt, ikke blot for at nå Færdselssikkerhedskommissionens målsætning, men ganske enkelt, og rent etisk, for at undgå dræbte og tilskadekomne i trafikken.

Den traditionelle metode til at udføre trafiksikkerhedsarbejde er *ulykkesbekæmpelse*, altså det at bruge eksisterende viden om stedbundne ulykker og lave vejombygninger på deres lokaliteter, for at undgå tilsvarende ulykker i fremtiden [Hansen, 2012]. Disse lokaliteter kan findes ved udpegning af *sorte pletter*.

> Sorte pletter er *"... de kryds og korte strækninger, hvor der sker flere ulykker end forventet set i forhold til trafikmængde og vejstandard"*
>
> [Vejdirektoratet, 2018f]

Problemet med denne tilgang er, først og fremmest rent etisk, at der skal ske ulykker før der kan gøres noget, og det virker ret makabert at gå og vente på at ulykkerne sker, før trafiksikkerhedsarbejdet kan påbegyndes. Dernæst kommer det problem, at det er nødvendigt at kende de lokaliteter hvor ulykkerne sker. Stedfæstelse sker som udgangspunkt kun ved de politiregistrerede uheld, og desværre er tendensen, at en stadig mindre del af disse registreres, både som følge af de førnævnte effektive trafiksikkerhedsforanstaltninger, men også bare fordi politiets registreringsgrad falder [Agerholm, 2012c; Andersen, 2014]. Udviklingen for denne registreringsandel er illustreret på figur 1.3.



Figur 1.3: Personskader ved forskellige registreringsmetoder. Inspiration fra [Danmarks Statistik, 2019].

Som det ses af grafen, lå registreringsandelen af de politiregistrerede uheld på kun 18,5 % i 2001, og det var da den var på sit højeste. Siden er andelen kun gået ned, og i 2017 nåede den sin hidtil laveste værdi, nemlig 9,3 %. Derved foretages lokalitetsudpegningen på baggrund af værdier, som er behæftet med meget store mørketal, hvilket kan medføre, at trafiksikkerhedsarbejdet sker i blinde, eller i hvert fald ikke med sikkerhed om, at det er de farligste lokaliteter der udpeges [Agerholm, 2012c]. Derfor er det blevet attraktivt at finde nye metoder til lokalitetsudpegning i trafiksikkerhedsarbejdet, hvilket bl.a. kan ske ved udpegning af *grå strækninger*.

> *"Grå strækninger er længere sammenhængende strækninger, hvor der ikke nødvendigvis sker markant flere ulykker end forventet, men hvor ulykkernes sammensætning og type gør det muligt at foretage rentable trafiksikkerhedstiltag."*
>
> [Vejdirektoratet, 2018f]

Disse grå strækninger kan bl.a. udpeges ved den velrenommerede svenske konfliktstudieteknik, der har været anvendt i vid udstrækning i trafiksikkerhedsforskningen siden 1970'erne [Agerholm, 2012c; Lunds Tekniska Högskola, N.D.]. Ideen med teknikken er, at i stedet for at vente på at uheldene sker, registreres antallet af næsten-uheld, altså konflikter, for derved at udpege de lokaliteter med stor risiko for uheld, helt uden at et uheld behøver at ske. Dette er en langt mere etisk korrekt tilgang til lokalitetsudpegningen. Problemet med konfliktstudieteknikken er bare, at det er dyrt både at indsamle og analysere data, hvorfor kun få lokaliteter kan undersøges med metoden, og den ikke kan anvendes til lokalitetsudpegning i stor skala [Agerholm, 2012c].

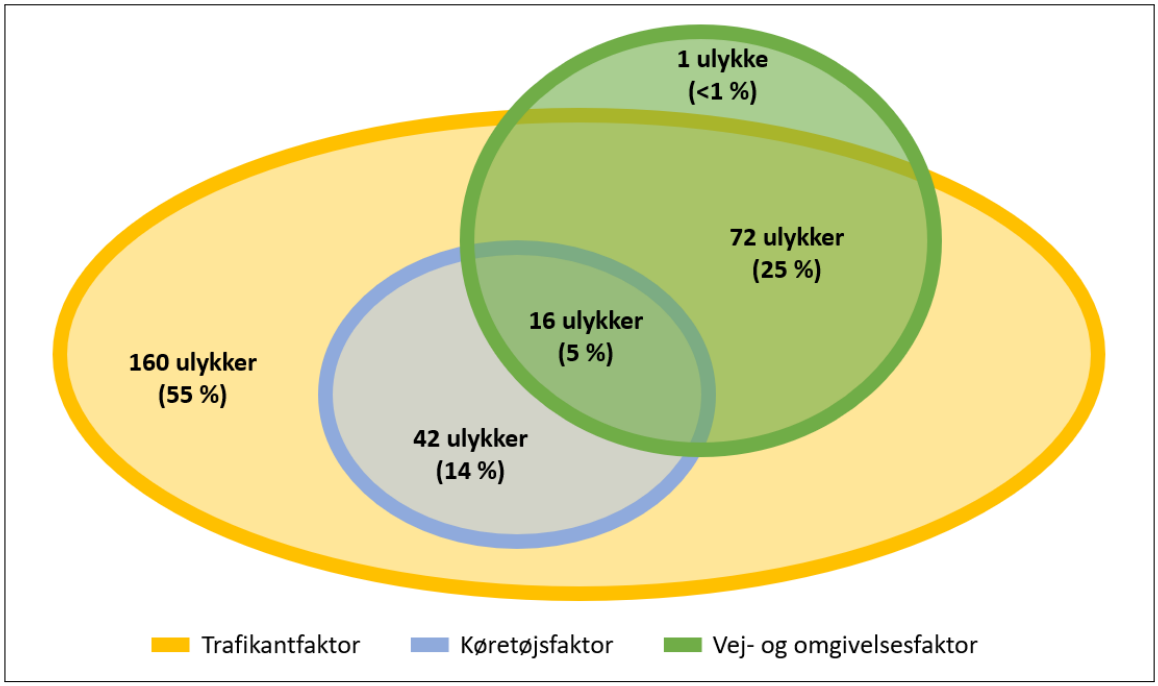
Det vil derfor være meget attraktivt at udvikle en metode til udpegning af disse grå strækninger. Metoden skal kunne udpege lokaliteterne uden de førnævnte økonomiske

begrænsninger og uden en grænse for antallet af undersøgelseslokaliteter.

1.1 Hastighed og trafiksikkerhed

Det har igennem mange år været en kendsgerning, at for høj hastighed er en af de væsentligste årsager til, at trafikulykkerne sker, hvilket er blevet undersøgt i en lang række studier igennem årene [Fildes og Lee, 1993; Kloeden et al., 2002; Aarts og van Schagen, 2005; Hauer, 2009; Andersen, 2014]. På trods af denne sammenhæng er hastighedsovertrædelse stadig udbredt blandt trafikanterne. En belgisk undersøgelse fra 2009 viste eksempelvis, at 61 % af danskerne overtrådte hastighedsgrænsen i byer, og 72 % gjorde det i åbent land [Eksler et al., 2009].

Havarikommissionen for Vejtrafikulykker (HVU) kom frem til den samme konklusion i 2014, hvor de udgav en undersøgelse af 291 ulykker, som de havde analyseret dybdegående siden 2001. Undersøgelsen viste, at for dårlig orientering og for høj hastighed var de hyppigste forklaringer på, at trafikulykkerne skete. [HVU, 2014] Derudover undersøgte HVU forskellige ulykkesfaktorer, og fandt fordelingen af ulykker, som de havde indflydelse på. Fordelingen ses af figur 1.4.



Figur 1.4: Fordeling af ulykker efter ulykkesfaktorer. Ud fra [HVU, 2014], inspiration fra [Andersen, 2014].

Som det ses af figuren, knytter trafikantfaktoren sig til alle ulykkerne, på nær et enkelt. Det vil sige, at stort set alle ulykkerne kunne være undgået, hvis trafikanterne ikke havde lavet fejl. Dermed ligger det trafiksikkerhedsmæssige problem i allerhøjeste grad ved trafikanterne, og med tanke på den for høje hastighed, bestemt også ved den adfærd de udviser. Den problematiske adfærd, som fører til trafikulykkerne, bunder muligvis i uopmærksomhed, hvilket i hvert fald er en afgørende faktor i en tredjedel af alle

trafikulykker [Rådet for Sikker Trafik, N.D.]. Desværre er det meget svært at ændre trafikanters adfærd, specielt hvis de ikke selv mener den fejler noget [Christiansen, 1998; HVU, 2014]. Det der dog kan ændres på er vejforholdene, og som det fremgår af figur 1.4, spiller vej- og omgivelsesfaktoren en rolle i godt 30 % af ulykkerne.

I en kombination mellem at uopmærksomhed spiller en meget væsentlig rolle for trafiksikkerheden, og at det er meget svært at forhindre trafikanterne i at være uopmærksomme, er den bedste løsning muligvis at indrette vejene, så de kræver mindst mulig opmærksomhed, uden at det bliver et problem for trafiksikkerheden. En tanke der netop ligger til grund for begrebet *Den Selvforklarende Vej*.

1.2 Den Selvforklarende Vej

Begrebet Den Selvforklarende Vej stammer fra Holland og blev brugt første gang i starten af 1990'erne [Geema et al., 2013; European Commission, 2019], og som navnet antyder beskriver det en vej, som kan forklare sig selv. Men hvad vil det egentlig sige at en vej kan forklare sig selv?

Begrebet er forsøgt defineret på mange forskellige måder, og nogle af disse definitioner, samt særlige kendetegn, er samlet i bilag B. Herunder er den definition, som i forsøget på bedst muligt at sammenfatte de mange forskellige definitioner, er blevet til i projektet:

> *"Den Selvforklarende Vej beskriver det fænomen, at en vej skal kunne forklare sig selv i en sådan grad, at trafikanterne skal kunne færdes derpå og instinktivt vide hvordan de skal opføre sig, samt hvordan de kan forvente at andre trafikanter opfører sig. Det gør sig gældende både med hensyn til hastighedsvalg, overhalingsmuligheder, svingforhold o.lign., altså trafikanternes grundlæggende kørselsadfærd."*

Med baggrund i denne definition vil det være en stor fordel, hvis alle veje var indrettet selvforklarende, fordi trafikanterne der kører på dem derved instinktivt vil vide, hvordan de skal gebærde sig. Derved kan trafikanterne have fokus på det væsentligste, nemlig trafikken, og ikke de knap så væsentlige ting som; "hvor hurtigt må jeg egentlig køre her?" eller "hvor skarpt er det næste sving mon?". Helt grundlæggende vil dette føre til en forbedring af den generelle trafiksikkerhed, hvilket selvfølgelig er ønskværdigt.

En motorveje er et skoleeksempel på en vej, der i høj grad er selvforklarende. Dens tværprofil består altid af fire eller flere brede kørespor med delelinje imellem, af midterautoværn imellem kørebanerne og med nødspor i hver vejside. Desuden er motorvejens linjeføring som udgangspunkt opbygget med få horisontal- og vertikalkurver, der som minimum har en stor radius. På motorveje hersker der også sjældent forvirring om hastighedsgrænsen, der meget ofte skiltes, hvis den er anderledes end den generelt tilladte på 130 km/t. Alle disse egenskaber gør motorveje let genkendelige, og gør motorvejen yderst selvforklarende. I 2017 foregik 34 % af den samlede vejtrafik på motorvejene, selvom de udgjorde mindre end 2 % af det samlede vejnet, og samme år skete kun 6,3 % af ulykkerne på motorveje [Vejdirektoratet, 2018g,h]. Det skal endda ses med det forbehold,

at hastigheden taget i betragtning må det forventes, at alvorlighedsgraden af ulykker på motorvejene er stor, hvorfor mørketallene her er mindre end på andre veje. Det vurderes, at denne lille uheldsandel i høj grad skyldes, at motorveje er meget selvforklarende. Men kan dette udformningsprincip, som gør motorvejene selvforklarende, overføres til de andre veje?

I Danmark findes der principielt to vejklasser; trafikveje og lokalveje, men i praksis kan vejene udformes på langt flere måder. Tages bare hastighedsklassificering i betragtning kommer antallet af udformningsmuligheder op på 17, og det er langt fra den eneste parameter der spiller en rolle. [Iversen et al., 2015; Madsen et al., 2012] Imidlertid viste en ungarsk undersøgelse fra 2015, at trafikanter kun kan skelne 5-6 vejklasser fra hinanden, hvor netop motorveje var den mest genkendelige [Kosztolanyi-Ivan et al., 2015]. Så er det overhovedet muligt at udforme alle veje efter disse selvforklarende forudsætninger, og hvis det er, bliver det så nogensinde gjort?

Ifølge litteraturen er det muligt at udforme veje selvforklarende, selvom det ikke altid gøres. Dette vurderes især på baggrund af [Kjemtrup og Herrstedt, 2015], der fremhæver, at alle ændringer i vejregler for veje i åbent land siden 2010 er foretaget med visionen om, at alle veje på lang sigt skal udformes selvforklarende. På samme måde bidrager [Herrstedt, 2014] til denne vurdering, idet artiklen beskriver, hvordan menneskers adfærd i trafikken bygger på en helhedsopfattelse af vejens udformning og udseende, som bevirker, at de instinktivt ved, hvordan de skal agere i trafikken, hvilket stemmer overens med visionen bag Den Selvforklarende Vej. Dertil findes flere artikler som omhandler begrebet, hvilket indikerer, at Den Selvforklarende Vej er en reel udformningsmulighed. Flere artikler påpeger desuden, at hvis vejene udformes på en måde, som gør dem selvforklarende, så vil det øge sikkerheden i trafikken. Dertil undersøger [Geema et al., 2013] hvilke foranstaltninger der er mest effektive til at nå målene for selvforklarende veje. Det klargøres dog igennem litteraturen, at der ikke foreligger en færdig metode til at undersøge, i hvor høj grad veje har disse selvforklarende egenskaber, men blot, at hvis vejene er selvforklarende, så vil det afspejle sig i alt fra trafikanternes adfærd til vejens udseende. En samlet opfattelse er dog, at Den Selvforklarende Vej skal være selvforklarende i alle situationer. Derfor skal trafikanterne på en hvilken som helst vej, til alle tider udvise en ensartet adfærd på den aktuelle vej, uanset hvilke forhold der måtte spille ind, hvis vejen skal kunne beskrives som selvforklarende. Af litteraturen vurderes det, at ingen tidligere har undersøgt dette potentiale for Den Selvforklarende Vej, ud fra et trafiksikkerhedsmæssigt synspunkt.

1.3 Projektbeskrivelse

Med afsæt i de problemstillinger der er beskrevet igennem kapitlet, forsøges det i dette projekt at udvikle en metode til udpegning af grå strækninger. Projektet tager udgangspunkt i, at for høj hastighed er den hyppigste forklaring på trafikulykkerne, og at uopmærksomhed spiller en væsentlig rolle for trafiksikkerheden. Derfor skal metodeudviklingen ske på baggrund af bilisternes kørte hastighed, og på baggrund af begrebet Den Selvforklarende Vej.

Problemformulering 2

Med udgangspunkt i projektbeskrivelsen fra foregående kapitel udarbejdes der i dette kapitel en problemformulering, som skal tydeliggøre formålet med projektet.

Hvis det kan dokumenteres, at en vej i sin helhed er selvforklarende, men at hastigheden utilsigtet ændrer sig på en del af vejen, så vil det indikere, at denne del ikke er selvforklarende. Det er klart, at der på en sådan ikke-selvforklarende del vil være problemer med trafiksikkerheden, hvorfor det netop kan antages, at være en grå strækning.

ER DET MULIGT AT UDVIKLE EN GENERELT ANVENDELIG METODE, TIL UDPEGNING AF GRÅ STRÆKNINGER?

Problemstillinger

1. Er det muligt at udvikle en metode til at vurdere om en vej er selvforklarende?
2. Hvis ja, kan metoden anvendes til at udpege grå strækninger?

Til besvarelse af disse problemstillinger må det som udgangspunkt antages, at Den Selvforklarende Vej altid skal have selvforklarende egenskaber, uanset hvilke forhold der måtte spille ind. Dette kan antages, da hele ideen med Den Selvforklarende Vej netop er, at den er selvforklarende grundet den selv og dens udseende, og ikke grundet andre udefrakommende forhold, som eksempelvis at den er mere lyst op om dagen end om natten. Derfor opstilles en hypotese, som hjælp til besvarelse af problemformuleringen.

Hypotese

Hvis vejen er selvforklarende vil der være en klar sammenhæng mellem hastigheden om dagen og om natten, hvor de samme hastighedsændringer tydeligt vil fremgå.

Projektafgrænsning

- Byområder
  I byområder er der ofte lokale forhold som gør, at hastigheden er helt anderledes end på veje i åbent land. Det skyldes først og fremmest, at den tilladte hastighed i byområder kun er 50 km/t. Samtidig kan der også være kryds, rundkørsler o.lign. som gør, at hastighedsprofilet kan være meget forskelligt fra byområde til byområde.
- Korte delstrækninger med nedskiltet hastighed
  Umiddelbart før og efter en delstrækning med nedskiltet hastighed vil hastighedsprofilet svinge meget, fordi bilister bremser på forskellige tidspunkter og med forskellig intensitet. Derfor vil hastighedsprofilet for delstrækningen, hvis denne er tilpas kort, nærmere afspejle bilisternes bremsemønstre end deres hastighedsvalg.
- Motorveje
  Som beskrevet i kapitel 1 er motorveje yderst selvforklarende. Derfor vil det i projektet ikke være relevant at kigge på dem.

Indledende metode 3

I dette kapitel beskrives de metoder der anvendes i rapporten, og overvejelser, der er gjort omkring dem gennemgås. Den færdige udpegningsmetode udvikles ud fra en konkret projektlokalitet, hvilken først vælges i kapitel 4, hvorfor metodebeskrivelsen fortsætter derefter.

3.1 Litteratursøgning og litteraturstudie

I projektets opstartende fase er der foretaget en omfattende litteratursøgning, for at afdække den nuværende viden om projektets emne, hvilket har været nødvendigt til udarbejdelsen af projektet. Den viden, der er tilegnet igennem denne litteratursøgning, er hovedsageligt anvendt i kapitel 1 som en indledning til projektet, samt til at klarlægge projektets relevans, men er også anvendt som baggrundsviden til udarbejdelsen af projektet som helhed. For at sikre en så bred afdækning af emnet som muligt, er litteraturen både fremsøgt på dansk og engelsk. Litteratursøgningen er sammenfattet i et litteraturstudie, som fremgår af bilag A, og består af 14 videnskabelige artikler, forskningsrapporter og foredragsindlæg.

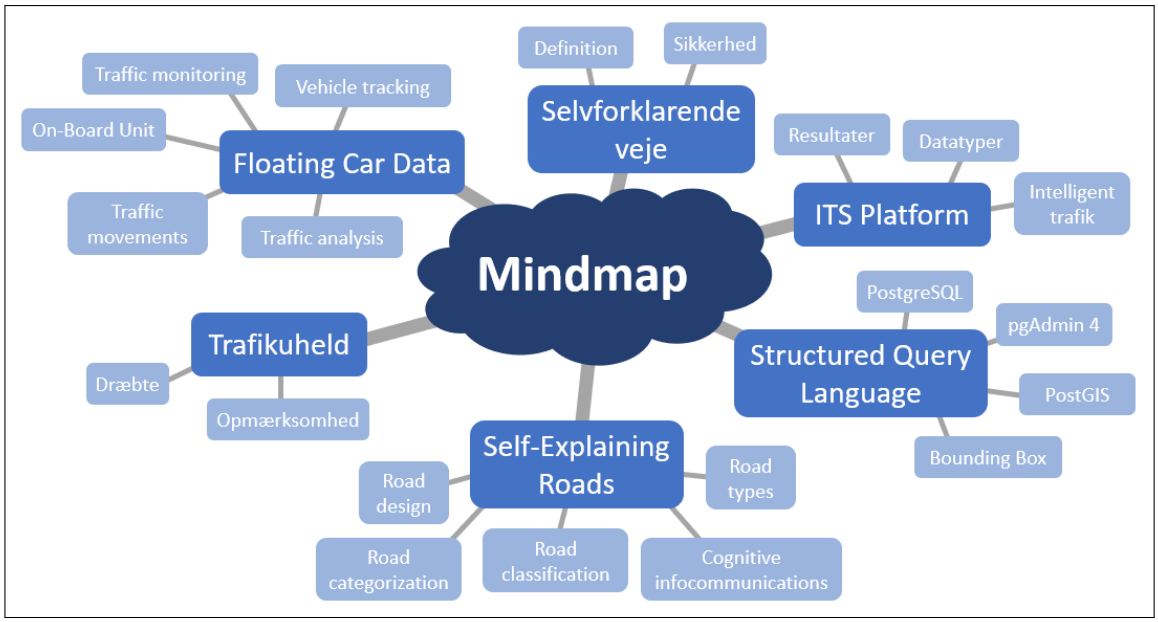
Til litteratursøgningen er der først og fremmest anvendt videnskabelige databaser, som er tilgået igennem AUB's databasebiblioteket [Aalborg Universitetsbibliotek, 2019], for at sikre en høj videnskabelig kvalitet. De anvendte databaser er udvalgt igennem erfaring fra arbejdet med tidligere projekter, og er listet herunder:

- Google Scholar
- IEEE Xplore: digital library
- ProQuest
- ScienceDirect
- Scopus
- Springer Link
- TRID - Transportation Research Information Documentation
- Web of Science

Der er også fundet materiale via de danske trafikfaglige artikeldatabaser; [Trafik & Veje, 2019], [Vejforum, 2019] og [Trafikdage, 2019], samt ved almindelige Google-søgninger. Desuden er litteraturlisterne i den fremsøgte litteratur gennemgået, for at finde andet relevant litteratur, også kendt som sneboldsøgning eller kædesøgning.

Igennem projektet er der løbende dukket nye begreber op, som det har været nødvendigt at søge på og finde information om. Derfor er litteratursøgningen fortsat efter den indledende del, og begrænser sig ikke kun til at være en opstartende proces, men en proces som løbende har været relevant igennem hele projektperioden.

For at tydeliggøre arbejdsprocessen er der udarbejdet et mindmap, som ses på figur 3.1, over de begreber der igennem projektet har været nødvendige at undersøge nærmere. Nogle af begreberne har været helt grundlæggende, da det netop er disse projektet omhandler, mens andre først er dukket op og har vist sig nødvendige undervejs i projektet. Mindmappet er på ingen måde fyldestgørende for de begreber, der er undersøgt i projektet, men viser dog de vigtigste begreber, og forklarer på en nem og overskuelig måde, inddelingen i litteratursøgningen. Mindmappet er opbygget således, at ordene i første niveau er søgt på som overordnede emner, mens ordene i andet niveau ofte er søgt på i forlængelse af ordene i første niveau, og ofte er de først fundet efter ordene i første niveau.



Figur 3.1: Mindmap over søgeord i projektet.

3.2 Anvendte IT-værktøjer

3.2.1 pgAdmin

pgAdmin er en grafisk brugergrænseflade (GUI) til administrering af databaser fra PostgreSQL, som er et relationsbaseret styresystem til databaser (RDBMS). PostgreSQL er designet til at håndtere arbejdsbyrder fra enkeltenheder til store datacentre, og har bl.a. været standard for MacOS Server siden 2011. Til datahåndtering i PostgreSQL anvendes SQL, der er det mest udbredte programmeringssprog til relationelle databaser. Både pgAdmin og PostgreSQL er open-source, og er kompatible med alle større styresystemer. PostgreSQL har mange udviselsesmuligheder, bl.a. det geografiske udvidelsesprogram PostGIS. [pgAdmin, 2019; PostgreSQL, 2019]

3.2.2 QGIS

QGIS er et IT-værktøj til geografiske informationssystemer (GIS), altså visning, redigering og analysering af geografisk data (geodata). QGIS giver mulighed for installering af flere forskellige tilføjelsesprogrammer. [QGIS, 2019] I dette projekt er QGIS især anvendt

til fremstilling af geografiske kort og analyse af geodata, og der er anvendt en række tilføjelsesprogrammer sammen med programmet, som alle er opstillet i tabel 3.1 herunder:

Tilføjelsesprogram	Beskrivelse
PostGIS	Sammenkobler databaser med QGIS
Buffer	Tegner en fast afstandsbuffer omkring et andet element
Afstand til nærmeste hub	Beregner korteste afstanden mellem elementer
Refaktorér felter	Ændrer parametres datatype
QChainage	Opretter punktlag ud fra linjelag, med fast punktafstand
Digitizing Tools	Ændring af linjeretning
Koordinatfangst	Bestemmer objekters koordinatsæt

Tabel 3.1: Tilføjlesesprogrammer til QGIS som er anvendt i indeværende projekt.

3.2.3 Microsoft Excel

Excel er et regneark til databehandling, matematiske beregninger og visuelle fremstillinger, hvad programmet også er brugt til i indeværende projekt.

3.3 Billedanalyse

Til undersøgelse af vejstrækninger er disse først og fremmest gennemgået via Google's Street View funktion [Google Maps, 2019]. Herefter er vejstrækningerne gennemkørt i egen bil, og gennemkørslerne er optaget med et GoPro-kamera i forruden af bilen, som vist på figur 3.2. De dele af vejstrækningerne der, på baggrund af den i projektet udviklede metode, udpeges som interessante, er desuden fotograferet på stillbillede, og disse beskrives i kapitel 6. Alle stillbilleder, der skal illustrere en bilists synsvinkel, er taget hugsiddende, for at komme i samme hovedhøjde som i en personbil. Hvis det har været nødvendigt at verificere billedernes lokalitet, er denne fundet ved brug af metadata.

Figur 3.2: GoPro-kamera i forrude af bil til optagelse af vejstrækninger.

3.4 Datagrundlag

Til at bestemme hvorvidt en vej er selvforklarende eller ej, er det nødvendigt at have oplysninger om vejen, og endnu vigtigere om adfærden blandt de trafikanter der færdes på den. Trafikanternes adfærd på vejen afspejles især i deres hastighedsvalg, hvorfor analysen i dette projekt først og fremmest baserer sig på hastighedsdata. Hastighed er en flittigt anvendt analyseparameter, der er meget grundlæggende, når det handler om beskrivelse af trafikantadfærd, og der findes mange velafprøvede dataindsamlings- og databehandlingsmetoder til hastigheder.

Grundlæggende kan hastighedsdata indsamles på to måder; i et snit eller over en strækning. Da metoden, der udvikles i dette projekt kigger på hele vejstrækninger, er indsamlingsmetoder til snithastigheder irrelevante, hvorfor kun indsamlingsmetoder til strækningshastigheder overvejes. Der findes mange forskellige metoder til indsamling af strækningshastigheder, bl.a. forfølgelsesmetoden, DataFromSky og Floating Car Data. Dette projekt er tidsmæssigt begrænset, hvilket giver en grænse for den mængde data det er muligt at indsamle, og alt andet lige, så må mere data resultere i en mere nøjagtig analyse og dermed et mere retvisende resultat. Derfor er det i projektet valgt at anvende dataudtræk fra eksisterende databaser, da det på den måde er muligt at lave analyser ud fra rigtig meget data, uden først at bruge lang tid på selv at indsamle det. Igennem Aalborg Universitet er det muligt at skaffe adgang til data fra en række eksisterende databaser, alle indeholdende data indsamlet som Floating Car Data.

3.4.1 Floating Car Data

Til bestemmelse af bilisternes hastighed anvendes Floating Car Data (FCD), der er en forholdsvis ny datakilde, som bygger på indsamling af GPS-data fra kørende biler. FCD har flere fordele i forhold til andre datakilder, hvor den mest grundlæggende kommer af den måde data indsamles på, nemlig "floating", der antyder at dataindsamlingen foregår kontinuerligt over den strækning, som bilen bevæger sig på. Denne strækningsdata er meget fordelagtig, da den, som navnet antyder, giver information om hvad der sker på hele vejstrækningen, og ikke kun i nogle enkelte snit.

"Floating Car"-metoden opstod oprindeligt omkring 1950'erne til bestemmelse af rejsetider, da den ved store trafikmængder var mere effektiv end andre "bevægende observatør"-metoder [Wright, 1973]. Den gik ud på at en observatør kørte med trafikstrømmen, hvor han sørgede for at overhale lige så mange biler, som overhalede ham, og derved blev den gennemsnitlige rejsetid bestemt. Siden har teknologien udviklet sig meget, og det har metoden også. Derfor er FCD i dag blevet meget mere teknisk og foregår maskinelt, og kan derfor inkludere en hvilken som helst bil, hvis GPS-lokalitet kontinuerligt registreres. Denne registrering kan ske fra navigationssystemer eller On-Board Units (OBU'er), men også fra noget så almindeligt som smartphones. Derfor er FCD, efter den kraftige udbredelse af smartphones, blevet meget attraktivt, da det kan danne et repræsentativt billede af den samlede trafikale situation, hvorfor eksempelvis Google Maps gør brug af det til trafikinformation [Jeske, 2013].

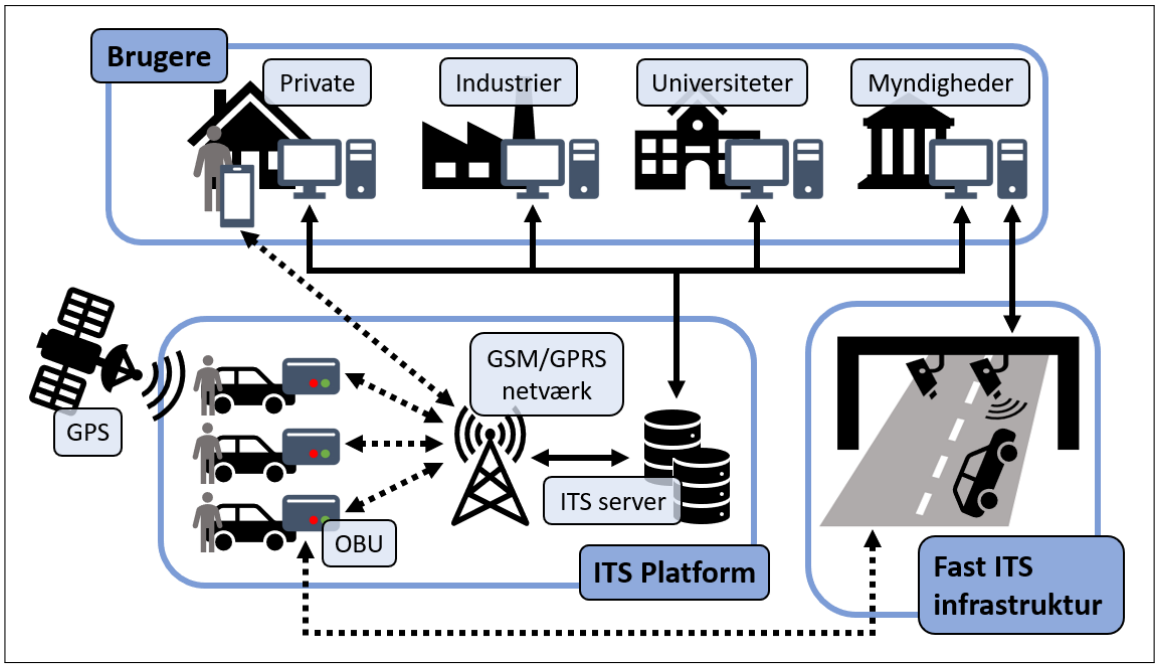
En af hovedegenskaberne ved FCD er netop den kontinuerlige indsamling der sker, hvorfor det er væsentligt at undersøge den frekvens hvormed indsamlingen sker. Frekvensen kan inddeles i høj eller lav, og varierer alt efter hvilken båndbredde, der er tilgængelig for det underliggende kommunikationssystem, og efter om dataindsamlingsapparatet er koblet direkte på bilens batteri eller på et eksternt batteri, hvilket spiller en væsentlig rolle, når data skal uploades til en server [Ancona et al., 2014]. Høj frekvens betegner logninger, der er foretaget med et interval mindre end 10 sekunder, hvilket tillader meget præcis lokalitetsbestemmelse, da afstanden mellem loggede datapunkter bliver lille. Lav frekvens betegner logninger, der er foretaget med et interval større end 10 sekunder, hvilket gør lokalitetsbestemmelse mere kompleks, da afstanden mellem loggede datapunkter kan være meget lang. [Houbraken et al., 2018]

En af de store problemstillinger med FCD er, at det anvendes til at sige noget om den samlede trafikale situation, selvom det egentlig kun siger noget om de enkelte køretøjer hvorfra data kommer. Derved kan en enkelt bilist, som ligger i overhalingsbanen hele tiden eller som får motorprobler og går i stå, pludselig konkludere noget forkert om det samlede trafikbillede, hvis datasættet kun kommer fra denne bilist. Derudover er det også problematisk at vurdere, om bilisterne kører med free-flow hastigheder, da det ikke vides om bilisternes hastighed påvirkes af forankørende. Specielt for virksomheder med flådekøretøjer er FCD meget attraktivt, da det giver nogle logistiske fordele. Desværre er flådekøretøjer ofte af en sådan art, at data indsamlet fra disse ikke kan beskrive den generelle trafikantadfærd, hvilket bl.a. er tilfældet med brandbiler der kører med udrykning, busser der kører langsomt eller taxaer der kører hurtigt.

3.4.2 ITS Platform

Grundlaget for analysen i dette projekt er baseret på FCD fra det nordjyske udviklingsprojekt ITS Platform. Formålet med ITS Platform var først og fremmest, at undersøge potentialet for FCD og dets anvendelsesmuligheder, med den bevæggrund, at road pricing på det tidspunkt var et emne der var meget på tale i Danmark. Projektet blev udført ved, at en gruppe udvalgte testbilister fik installeret en OBU i deres bil, som de kørte rundt med. OBU'en blev monteret i diagnoseudtaget (OBD-stikket) under bilens instrumentbræt, og fungerede som bindeled mellem bilen og en ITS server. OBU'en og serveren udgjorde tilsammen den egentlige platform, og den kunne, ved hjælp af fire udviklede applikationer; Parkering, Kørselslog, Trafikinformation og Trafikstatistik, skabe grundlag for intelligente løsninger til testbilisterne. [ITS Platform, 2010; Agerholm et al., 2014]

Systemstrukturen i ITS Platform er vist på figur 3.3. Figuren viser sammenhængen mellem alle platformens dele, hvor de stiplede linjer indikerer en trådløs forbindelse og de fuldt optrukne indikerer en fast forbindelse.



Figur 3.3: Systemstruktur i ITS Platform. Inspiration fra [Tøfting et al., 2014].

Som det ses af figuren, så bestod selve platformen af de udvalgte testbilister, som fik monteret en OBU i deres bil. Når bilen var tændt loggede OBU'en bl.a. position og hastighed med en frekvens på 1 Hz, og acceleration i tre retninger med 10 Hz, og indrapporterede logningerne til ITS serveren via en mobilforbindelse. Den grundlæggende ide for projektet var, at informationen efter bearbejdning skulle kunne tilgås og anvendes af en række brugere, bl.a. af private til sporring og trafikinformation, af industrier til flådestyring, af universiteter til forskning og af myndigheder til trafikprognoser og planlægning. Som nævnt var road pricing en af bevæggrundene for ITS Platform, og på baggrund af platformen blev der skabt et fungerende system til netop det, blot med den forskel at systemet i ITS Platform var bundet til parkeringspladseri stedet for hele vejstrækninger. [ITS Platform, 2010; Tøfting et al., 2014; Lahrmann et al., 2013]

Projektet løb over en periode på 3 år og 9 måneder, fra 1. april 2010 til 31. december 2013 [Tøfting et al., 2014]. Grundet projektets opstart, med bl.a. udvælgelse af testbilister og installering af OBU'er, startede dataindsamlingen først den 1. april 2012 og fortsatte, selvom projektet var afsluttet, helt frem til den 20. december 2014. Projektet blev udført af 431 testbilister, som primært færdedes i Nordjylland. Det blev gennemført af Aalborg Universitet i samarbejde med to nordjyske virksomheder; Inntrasys, der udviklede OBU'en, og GateHouse, der stod for datahåndtering og udvikling af applikationer, samt Aalborg Kommune, Beredskabscenter Aalborg, Danmarks Radio, Vejdirektoratet og Nets [ITS Platform, 2010].

Valget af ITS Platform som datagrundlag i dette projekt skyldes først og fremmest, at det er tilgængeligt igennem Aalborg Universitet. Andre projekter med FCD har også været tilgængelige, men det er vurderet at deltagerne i ITS Platform ikke nødvendigvis har ladet deres hastighedsvalg bære præg af deres medvirken i projektet. Dette kan i langt højere grad formodes om deltagerne i projektet "Spar på Farten", der også er tilgængeligt

igennem Aalborg Universitet, da det projekt netop handlede om, at bilisterne fik en bonus i forsikringspræmien, hvis de overholdt fartgrænsen [Lahrmann et al., 2007].

Data i ITS Platform

Datamaterialet, som anvendes i nærværende projekt, findes på ITS serveren i ITS Platform, der tilgås ved hjælp af SQL-forespørgsler i IT-værktøjet pgAdmin. ITS serveren indeholder mange tabeller med mange informationer, der ikke alle er relevante i projektet, hvorfor et omfattende vurderings- og sorteringsarbejde har stået på. Et udsnit af det anvendte datamateriale ses på figur 3.4 og er yderligere beskrevet i tabel 3.2.

Id bigint	BoksId bigint	LokalDato date	LokalTid time without time zone	GPSPosUTM geometry	Hastighed real	Retning real
464435412	331	2013-04-05	16:20:16	0101000020787F0000...	13.68	173.378
464435414	331	2013-04-05	16:20:17	0101000020787F0000...	13.49	172.906
464435416	331	2013-04-05	16:20:18	0101000020787F0000...	13.02	172.478
464597026	527	2013-04-06	09:26:41	0101000020787F0000...	7.36	150.085
464597028	527	2013-04-06	09:26:42	0101000020787F0000...	7.62	152.979
464597030	527	2013-04-06	09:26:43	0101000020787F0000...	7.09	153.891
464597032	527	2013-04-06	09:26:44	0101000020787F0000...	5.92	160.272
464597034	527	2013-04-06	09:26:45	0101000020787F0000...	4.51	170.597
464597036	527	2013-04-06	09:26:46	0101000020787F0000...	4.71	204.042
464597038	527	2013-04-06	09:26:47	0101000020787F0000...	5.98	221.798
464597040	527	2013-04-06	09:26:48	0101000020787F0000...	7.87	237.541
464597042	527	2013-04-06	09:26:49	0101000020787F0000...	8.1	239.595
464597044	527	2013-04-06	09:26:50	0101000020787F0000...	8.26	242.488
464597046	527	2013-04-06	09:26:51	0101000020787F0000...	9.89	244.636

Figur 3.4: Udsnit af det anvendte datamateriale, som hentes fra ITS serveren.

Attribut	Beskrivelse
Id	Unik kode for hver enkelt registrering
BoksId	Unikt nummer tildelt hver enkelt OBU
LokalDato	Dato for den enkelte registrering
LokalTid	Tidspunkt for den enkelte registrering
GPSPosUTM	GPS-position for den enkelte registreringen på UTM-koordinater
Hastighed	Hastighed for den enkelte registreringen [m/sek]
Retning	Kørselsretning for den enkelte registreringen

Tabel 3.2: Beskrivelse af de attributter som indgår i det anvendte datamateriale.

Attributterne kan defineres ud fra mange forskellige datatyper, og nogle af dem ses på figur 3.4. Disse kan eksempelvis være *bigint* (stort heltal), *date* (dato uden klokkeslæt) eller real (reelt tal), men også mange, mange andre. I arbejdet med databaser er det vigtigt at vurdere, hvilken datatype attributterne skal have, da det i bedste fald kan have konsekvenser for hastigheden af SQL-forespørgslerne, og i værste fald resultere i fejl. Eksempelvis kan datatypen *smallint* (lille heltal) kun anvendes i intervallet -32.768 til

32.767, som svarer til 2 bytes, og kan ikke anvendes til beregninger, hvor resultatet ligger udenfor dette interval.

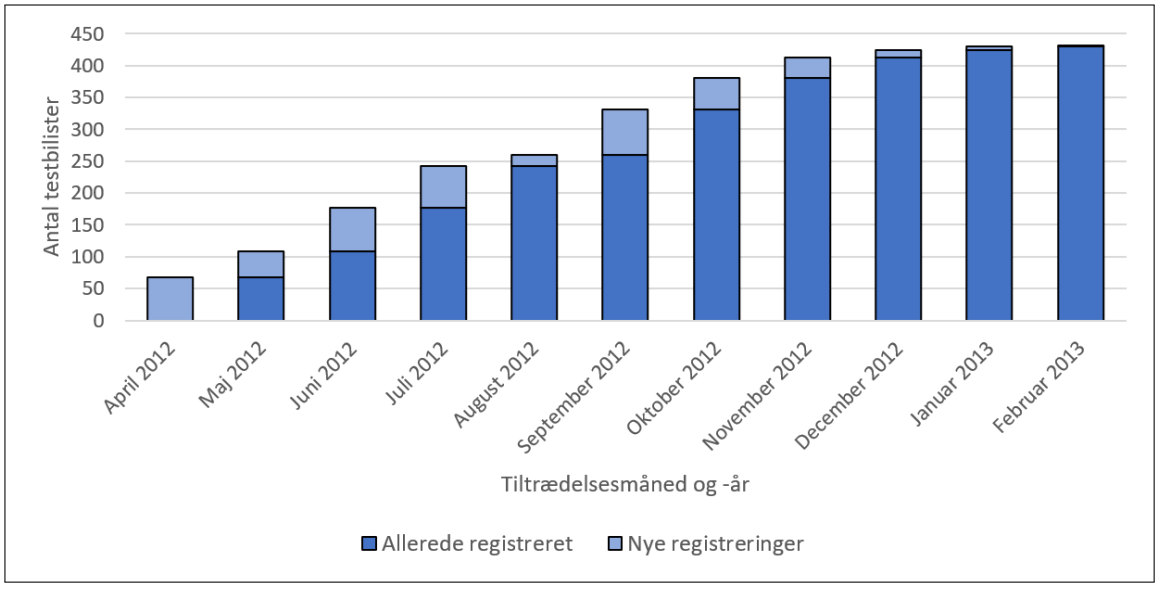
Empiriske grundlag i ITS Platform

Som nævnt bestod ITS Platform af 431 testbilister, og deres demografiske fordeling er vist i tabel 3.3. Som det ses af tabellen mangler der information om otte af testbilisterne. Dette skyldes, at de i ITS Platform er angivet under et virksomhedsnavn, og det derfor ikke vides, hvem der har kørt i bilerne.

	Antal	Andel	Gennemsnitsalder
Mænd	268	62 %	54 år
Kvinder	155	36 %	55 år
Mangler	8	2 %	-

Tabel 3.3: Demografi i ITS Platform.

Som tidligere nævnt er testbilisterne tiltrådte ITS Platformen på forskellige tidspunkter, da de bl.a. først skulle melde sig til projektet og dernæst skulle have installeret OBU'en i deres bil. På figur 3.5 ses en graf, der viser hvornår testbilisterne første gang har logget et datapunkt, altså med god tilnærmelse hvornår de er tiltrådt projektet. Som det ses er alle 431 testbilister tiltrådt projektet i februar 2013, hvorfor dataindsamlingen har været baseret på det fulde antal testbilister herfra og frem til dens afslutning i december 2014, en periode på ca. 1 år og 10 måneder.



Figur 3.5: Testbilisternes tiltrædelse i ITS Platform.

Dataindsamlingen er foregået med alle testbilisterne over en forholdsvis lang periode, men testbilisterne i ITS Platform udgør blot et udsnit af den faktiske trafik, og derfor er det vigtigt at undersøge, om deres datagrundlag er repræsentativt. Dette gøres ved at undersøge antallet af unikke køretøjer og antallet af kørte ture. Stammede datagrundlaget eksempelvis kun fra ét køretøj, ville resultatet i højere grad afspejle kørselsadfærden

for den ene bilist, fremfor den generelle adfærd. På samme måde ville resultatet, hvis datagrundlaget kun stammede fra et lille antal kørte ture, i højere grad afspejle tilfældigheder fra de enkelte ture, som eksempelvis et trafikuheld. Jo flere unikke køretøjer og kørte ture, der indgår i undersøgelsens datagrundlag, jo mere præcis og repræsentativ vil undersøgelsen være. Derfor er det afgørende, at datagrundlaget udgøres af et tilstrækkeligt antal unikke køretøjer og kørte ture. Dette antal vurderes løbende i projektet, når vejstrækningerne vælges.

3.5 Databehandling

I projektet er der udført en massiv databehandling, hvilket har været nødvendigt til udvikling af den færdige udpegningsmetode. Databehandlingen har omfattet mange forskellige processer, og har medført en omskiftelig arbejdsgang.

3.5.1 Inddeling af vejstrækninger

Først og fremmest skal vejstrækningerne inddeles i passende segmenter. Dette er nødvendigt for at kunne lave hastighedsprofiler, hvor hvert segment skal repræsentere den hastighed, der er kørt i segmentet. Længden af segmenterne er afgørende for, hvor præcise hastighedsprofilerne bliver. Inddeles vejstrækningerne eksempelvis kun i et segment, vil hastighedsprofilet kun vise en gennemsnitlig hastighed over hele vejstrækningen, hvilket hverken er særlig anvendeligt eller særlig spændende. Derfor er det ønskværdigt at inddele vejstrækningerne i et passende antal segmenter med passende længde, men hvad er passende antal og længde?

OBU'en, der blev anvendt i ITS Platform, var indstillet til at logge én gang hvert sekund [Litteratur 201] [Litteratur 202]. Ud fra den forudsætning vil det være logisk at inddele vejstrækningerne, så det passer med én logning i hvert segment. Dette vil betyde, at der skal være forskel på antal og længde af segmenterne, alt efter hvilken hastighed der bliver kørt med. Det vil dog ikke give mening at inddele efter den kørte hastighed, da trafikanter kører med forskellig hastighed. Derfor inddeles vejstrækningerne efter deres tilladte hastighed, da det må forventes, at det er den hastighed flest mulige kører med.

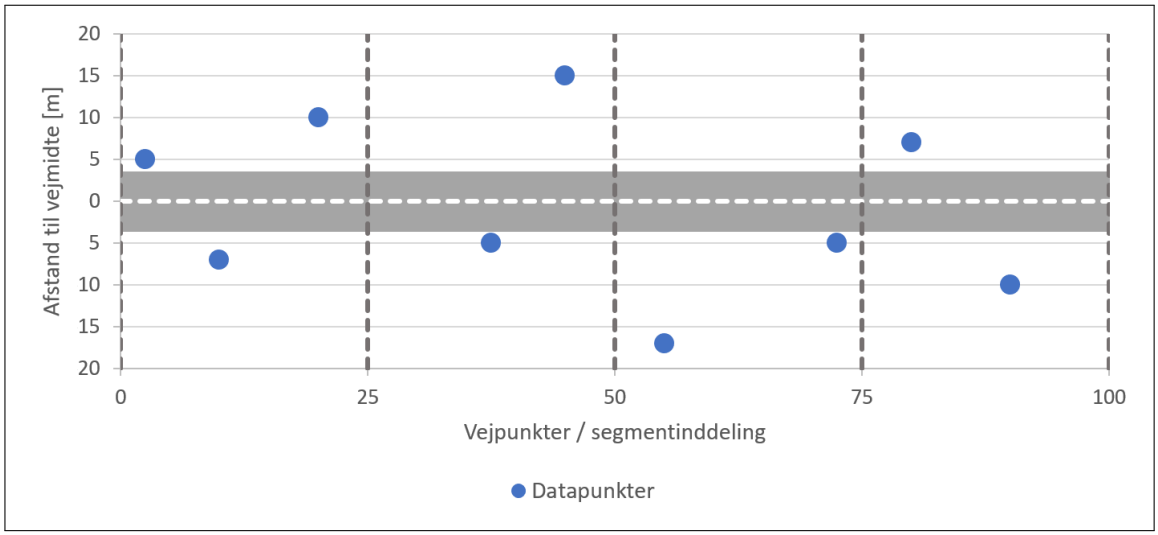
Dette betyder, at vejstrækninger med tilladt hastighed på 80 km/t, hvilket svarer til 22,22 m/s, skal inddeles i segmenter a 22,22 meter. For at simplificere inddelingen og det videre arbejde med segmenterne anvendes dog 25 meter.

3.5.2 Map Matching

Signalerne til en GPS-modtager er ofte upræcise, og derfor kan den grafiske gengivelse af GPS-data vise punkter, som ligger udenfor den faktisk kørte rute. Dette gør det besværligt at følge ruten, og analyse af datapunkterne kan være meget uprækis. Derfor kan det være nødvendigt at flytte GPS-punkterne, hvilket kaldes map matching. [Jensen og Tradišauskas, 2009; PTV Group, 2019] De upræcise GPS-signaler kan eksempelvis skyldes problemer med satellit-signalet eller at bilen, som GPS'en sidder i, kører i nærheden af høje

træer, høje bygninger eller gennem tunneller, hvorfor signalerne bliver reflekteret eller helt mistes [Nielsen, 2019].

På figur 3.6 ses princippet bag upræcise GPS-data. Figuren viser en vejstrækning, med datapunkter, der er GPS-logget med varierende afstand til vejen, og altså ikke ligger på den faktisk kørte rute. Disse datapunkter skal map matches før de kan anvendes i en analyse.



Figur 3.6: Tænkt eksempel til illustrering af upræcise GPS-data.

I ITS Platform foregik der en kompleks map matching, hvor datapunkterne praktisk talt blev flyttet, så brugerne kunne se, hvorhenne de havde kørt. Dette skete ved en online map matching algoritme i real-tid, hvilket var nødvendigt, da projektet indeholdt en parkerings-app til automatisk parkeringsbetaling. [Agerholm, 2012a; Søhuus, 2012; Agerholm et al., 2014] I dette projekt anvendes rådata, hvorfor map matchingen selv foretages. Dette kan virke ambitiøst, da map matching er en kompliceret affære, og måske en smule uhensigtsmæssigt, da komplekst map matchede datapunkter i forvejen er tilgængelige. Begrundelsen er imidlertid, at projektet skal ende ud med en færdig metode til udpegning af grå delstrækninger, som skal kunne anvendes af andre interesserede. Hvis metoden skal kunne anvendes til fulde af andre, som ikke nødvendigvis har allerede map matchet data til rådighed, så skal den kunne tage højde for det. Den map matching der andvendes i projektet er forholdsvis simpel, men som beskrevet i afsnit 3.4, så er hastighedsdata fra ITS Platform indsamlet med en høj frekvens på 1 Hz, hvorfor det ikke er nødvendigt med en særlig kompleks map matching [Houbraken et al., 2018].

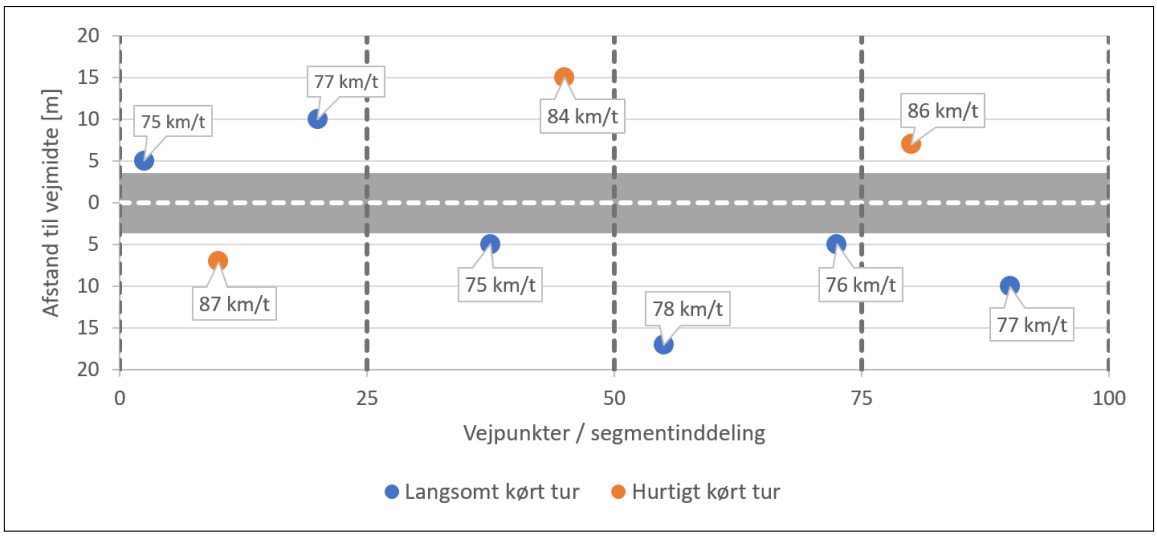
Hastighedsberegninger

Som nævnt i afsnit 3.4 foretages analysen i dette projekt bl.a. ud fra datatypen hastighed. Derfor skal hastighederne anvendes i det videre arbejde med datapunkter, og da hastighedsberegninger på et segment traditionelt kan udføres punktbaseret eller turbaseret [Andersen et al., 2011], skal der først vælges imellem disse.

Ved punktbaserede beregninger anvendes alle datapunkter i et givet segment til at beregne en gennemsnitshastighed i segmentet, uanset hvem punkterne stammer fra.

Ved turbaserede beregninger deles datapunkterne først ind i ture, for derved at sikre, at hver tur optræder i hvert segment lige præcis én gang, inden der beregnes en gennemsnitshastighed i segmentet. Ved turbaserede beregninger sikres det derved, at langsomt kørte ture, der i nogle segmenter logger flere datapunkter grundet det faste tidsinterval for logningerne, ikke vægter højere i hastighedsberegningerne, mens hurtigt kørte ture, der i nogle segmenter slet ikke logger et datapunkt af samme grund, ikke vægter lavere i hastighedsberegningerne. Generelt kan den punktbaserede metode altid anvendes, men det antages at den turbaserede metode er mere retvisende [Andersen et al., 2011].

Princippet bag problemet med langsomt kørte og hurtigt kørte ture er illustreret på figur 3.7. Figuren tager udgangspunkt i de samme datapunkter som figur 3.6, men her er datapunkterne blevet inddelt efter, hvilken tur de hører til. De orange prikker viser datapunkterne for en langsomt kørt tur, de blå prikker viser datapunkterne for en hurtigt kørt tur og de lodrette stiplede linjer viser vejstrækningens segmentinddeling.



Figur 3.7: Tænkt eksempel til illustrering af problemet med langsomt kørte og hurtigt kørte ture.

Af figuren ses det, at den langsomt kørte bliver logget to gange i segment 1-2 og segment 3-4, mens den hurtigt kørte slet ikke bliver logget i segment 3-4. For at sikre at alle ture vægtes lige højt, uanset om de er foretaget af en langsomtkørende eller en hurtigtkørende, vælges det at udføre hastighedsberegningerne turbaserede.

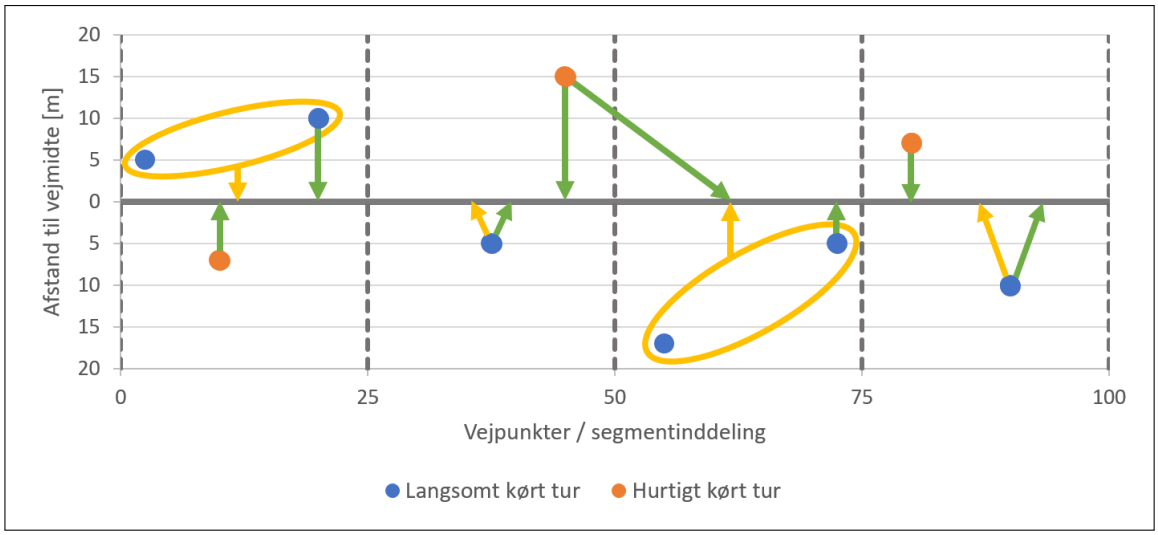
Inddeling af datapunkter

Som nævnt udføres hastighedsberegningerne i dette projekt turbaserede. Tidligere projekter, som også har udført hastighedsberegningerne turbaseret, har inddelt datapunkterne i hvert segment, men på lidt forskellige måder i forhold til langsomt kørte og hurtigt kørte ture.

Ved langsomt kørte ture sker det, at der, grundet det faste tidsinterval for datalogningerne, bliver registreret flere datapunkter i nogle segment. [Jørgensen, 2011] samt [Knudsen og Variyeswaran, 2014] forsøger at afhjælpe dette problem, ved altid kun at anvende

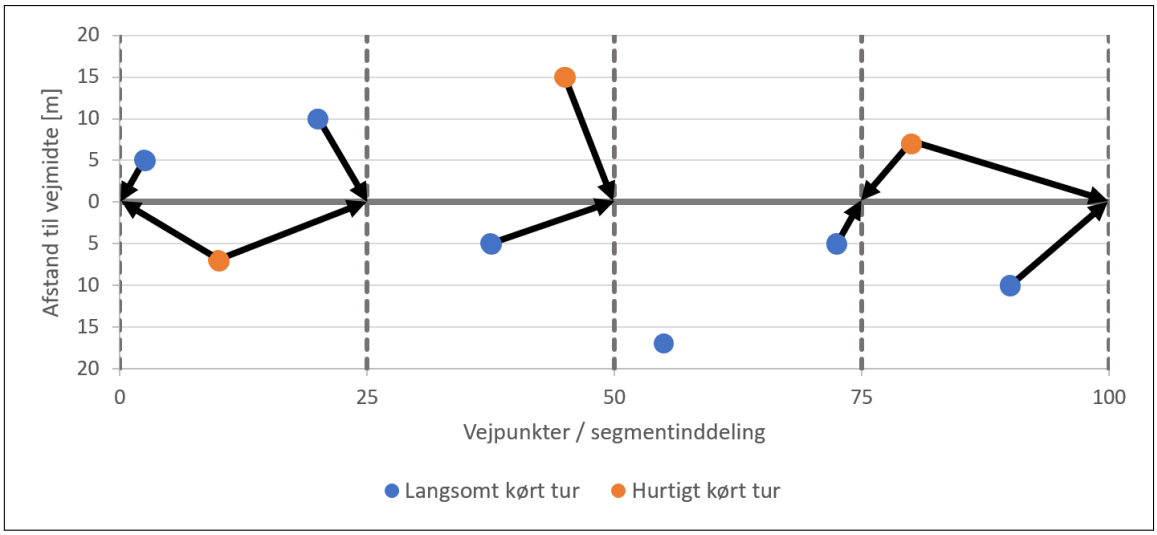
hastigheden fra hver turs sidste datapunkt i segmentet til hastighedsberegningerne for det segment. [Andersen et al., 2011] forsøger i stedet at afhjælpe problemet, ved først at beregne en gennemsnitshastighed for hver tur i hvert segment, inden hastighedsberegningerne for segmentet udføres.
Ved hurtigt kørte ture sker det modsatte, nemlig at der, grundet det faste tidsinterval for datalogningerne, ikke bliver registreret et datapunkt i nogle segmenter. Dette problem forsøger [Jørgensen, 2011] samt [Knudsen og Variyeswaran, 2014] at afhjælpe, ved blot at anvende hastigheden fra det forgående segment til hastighedsberegningerne i det segment. [Andersen et al., 2011] har ikke beskrevet denne problemstilling.

Problemet ved begge disse metoder er, at udvælgelsen/frasorteringen ikke sker på baggrund af noget kvalitetsmæssigt, men blot ud fra, om der senere optræder et datapunkt, ud fra gennemsnittet eller ud fra den tidligere hastighed. Desuden afføder begge disse metoder det problem, at et senere hastighedsprofil vil bestå af en konstant hastighed i hvert segment, hvilket er meget urealistisk, og hastighederne vil springe ret op eller ned imellem segmenterne, hvilket indikerer en voldsom og urealistisk acceleration eller deceleration. Til at illustrere disse svagheder er princippet bag metoderne vist på figur 3.8, hvor de grønne pile illustrerer hvilket segment datapunkterne hører til ved [Jørgensen, 2011] samt [Knudsen og Variyeswaran, 2014], mens de gule pile illustrerer hvilket segment datapunkterne hører til ved [Andersen et al., 2011].



Figur 3.8: Tidligere projekters metode til inddeling af datapunkter.

På grund af disse svagheder udvikles en ny metode, som i stedet for at inddele datapunkterne i hvert segment, inddeler datapunkterne i hvert vejpunkt imellem segmenterne. Udvælgelsen af datapunkterne sker på baggrund af deres afstand til vejpunkterne, og ikke blot ud fra hvornår de optræder i segmentet. Det datapunkt, der har den korteste afstand vælges til fordel for dem med længere afstand, for dermed at lave en kvalitetssikring i forhold til, at hastigheden er så repræsentativ for vejpunktet som muligt. Princippet bag denne nye metode til inddeling af datapunkter er vist på figur 3.9, hvor pilene illustrerer hvilket vejpunkt datapunkterne hører til.

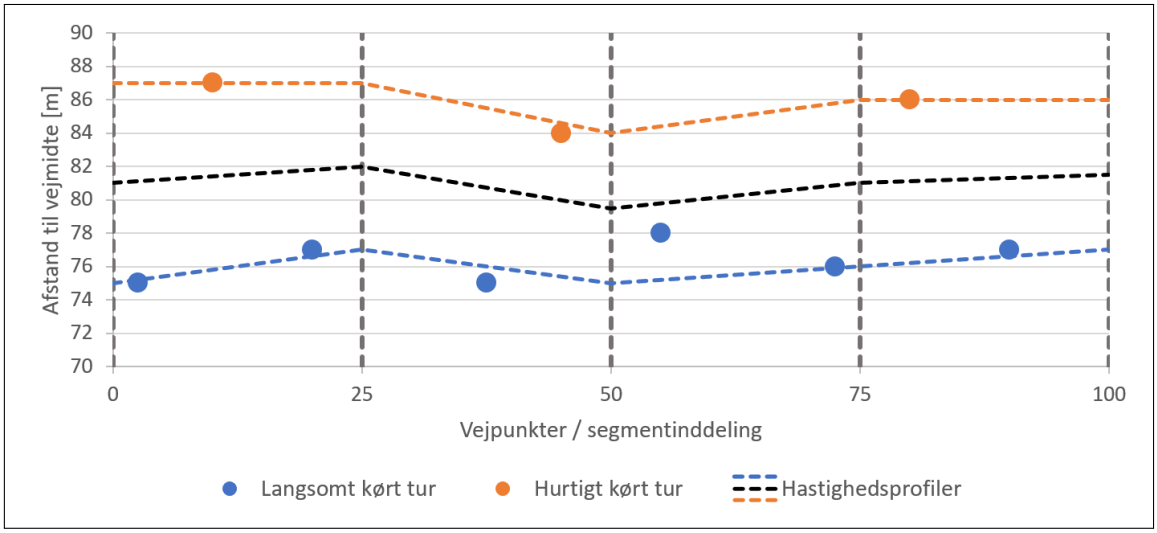


Figur 3.9: Ny metode til inddeling af datapunkter.

Opstilling af hastighedsprofil

Et hastighedsprofil, der viser gennemsnitshastigheden på en vejstrækning, har mange anvendelser i trafikanalyse. Det kan anvendes til udpegning af trængselspletter, til beregning af rejsetider eller til udpegning af områder hvor bilisterne generelt kører for hurtigt [Andersen et al., 2011]. I indeværende projekt forsøges det at anvende hastighedsprofilet til noget helt nyt, nemlig udpegning af grå delstrækninger.

Som nævnt er datapunkterne i dette projekt inddelt på en ny måde, en måde der forsøger at kvalitetssikre udvælgelsen af datapunkterne, ved altid at vælge det datapunkt for hver tur, der har den korteste afstand til det aktuelle vejpunkt. Denne inddeling giver et hastighedsprofil, der ændrer sig linært, men med skiftende hældning, imellem hvert vejpunkt, og hvor accelerationerne og decelerationerne derfor sker flydende, hvilket virker mere realistisk i forhold til virkeligheden end de tidligere projekter. Princippet bag hastighedsprofielt er vist på figur 3.10, hvor de stiplede linjer viser hastighedsprofilet for hhv. den hurtigt kørte tur, den langsomt kørte tur og gennemsnittet af de to.



Figur 3.10: Hastighedsprofil ved den nye metode.

3.6 Programmering

Som tidligere nævnt stammer datagrundlaget i indeværende projekt fra eksisterende databaser. For at kunne foretage en analyse på baggrund af dette datagrundlag, er det nødvendigt at bearbejde det, og derfor skal der først og fremmest oprettes forbindelse til databasen. Dette gøres ved hjælp af programmering, nærmere betegnet SQL-forespørgsler i PostgreSQL via pgAdmin, hvilke blev beskrevet i afsnit 3.2. Det har været et gennemgribende og yderst omfattende arbejde at sætte sig ind i denne programmeringsproces, hvilket i bogstaveligste forstand, har været som at lære et helt nyt sprog.

Når der arbejdes med databaser er det grundlæggende en god ide at arbejde struktureret og organiseret. Hvis der ikke holdes orden i tabellerne fra starten, vil databasen sandsynligvis ende med at være meget rodet og svær at finde rundt i. Derudover er det en god hovedregel at normalisere sin database, hvilket er et begreb der dækker over, at information kun skal optræde i databasen én gang. Derved sikres det, at hvis der skal ændres noget skal det kun gøres et sted, hvilket ellers kunne have skabt rod i databasen.

Til databehandlingen i PostgreSQL anvendes mange forskellige SQL-forespørgsler. Langt de fleste af disse forespørgsler er fundet, ved at foretage Google-søgninger på konkrete problemstillinger. Dette har som regel ført til en Q&A-hjemmeside, som eksempelvis [Stack Overflow, 2019], hvor andre tidligere har haft et lignende problem, og derefter er der blevet arbejdet videre med deres svar. Hvis det har været nødvendigt er de enkelte forespørgsler blevet undersøgt nærmere på [W3Schools, 2019], der er en norsk hjemmeside til at lære programmering. Mange af SQL-forespørgslerne bliver anvendt mange gange igennem databehandlingen, og de mest anvendte er beskrevet i tabel 3.4 herunder.

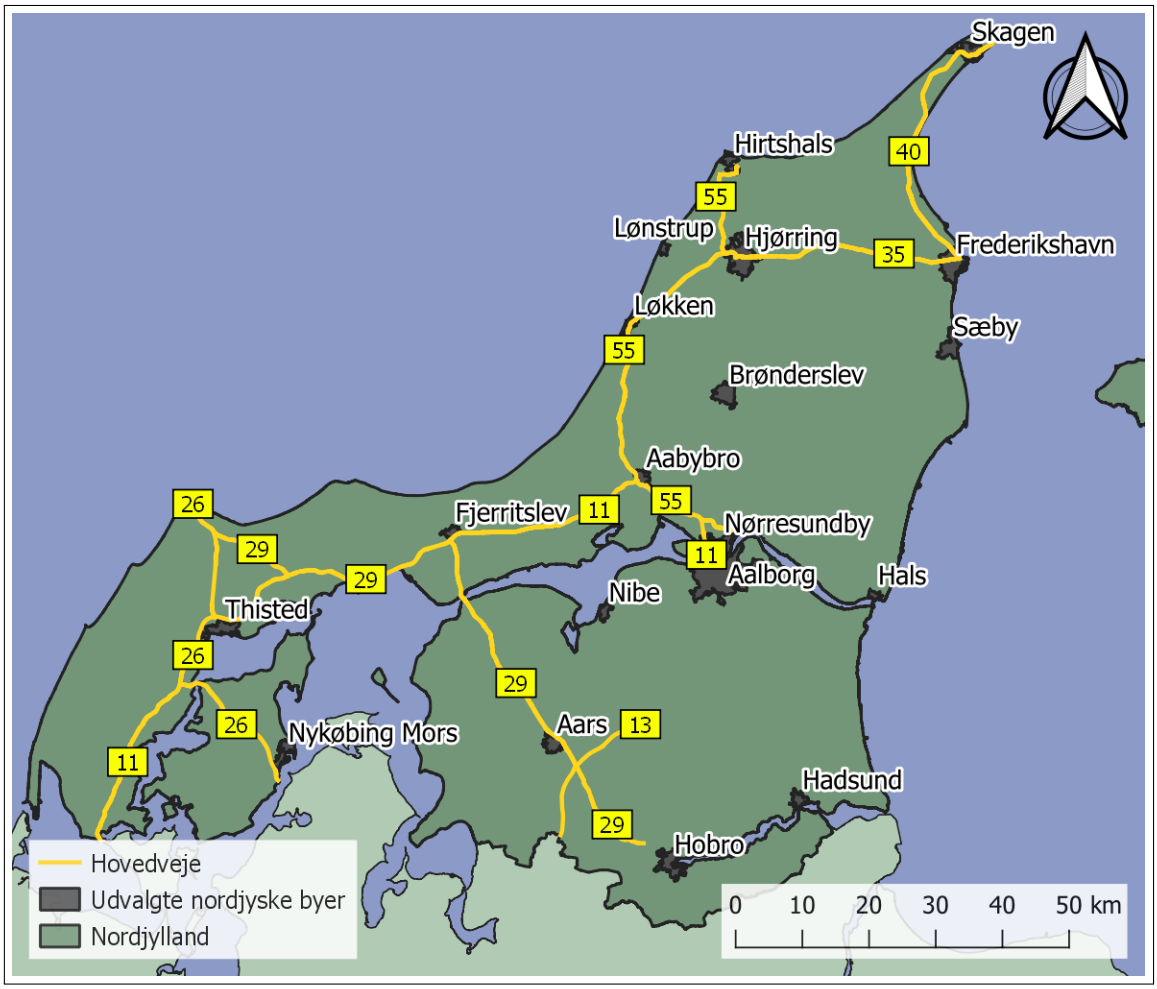
SQL-koder	Beskrivelse
CREATE TABLE	Opretter en ny tabel i databasen
AS	Tildeler udtrykket et navn
SELECT	Udvælger data fra database
SELECT DISTINCT	Udvælger unikt data fra databasen
FROM	Definerer hvilken tabel der vælges fra
WHERE - BETWEEN, AND, OR	Udvælger kun det data der opfylder betingelserne - Definerer hvordan flere betingelser opfattes
ORDER BY - ASC - DESC	Sorterer resultatet - Sorterer i stigende rækkefølge - Sorterer i faldende rækkefølge
GROUP BY	Grupperer rækker med samme værdier
JOIN - INNER, LEFT, RIGHT, FULL	Kombinerer rækker fra to eller flere tabeller - Definerer hvordan rækker kombineres
CASE - WHEN, THEN, ELSE, END	Gennemgår betingelser og returnerer værdi - Definerer betingelserne
LAG, LEAD	Tilgår data fra tidligere eller senere række
WITH	Laver en underordnet forespørgsel i forespørgslen

Tabel 3.4: Betydningen af de mest anvendte SQL-koder i programmeringen.

Projektlokalitet 4

Til den videre metodeudvikling bliver den metodiske tilgang, at arbejde ud fra en case med konkret data. For at udvælge relevant data skal en projektlokalitet derfor fastlægges, hvilket gøres i dette kapitel. Når metoden er færdigudviklet anvendes den på projektlokaliteten, samt på andre lokaliteter, og resultaterne vurderes til at verificere metoden.

Som nævnt i afsnit 3.4 stammer testbilisterne fra ITS Platform hovedsageligt fra Nordjylland, hvorfor størstedelen af de kørte ture er foregået i denne landsdel. Udvælgelsen af en projektlokalitet begrænses derfor til Nordjylland, for derved at sikre, at metoden bliver udviklet på baggrund af så stort et datagrundlag som muligt. Af samme årsag begrænses udvælgelsen yderligere til kun at kigge på hovedveje, altså mere betydende gennemgående veje, da det må forventes at disse anvendes af flest muligt. Vejene, der er med i udvælgelsen, er vist på figur 4.1.

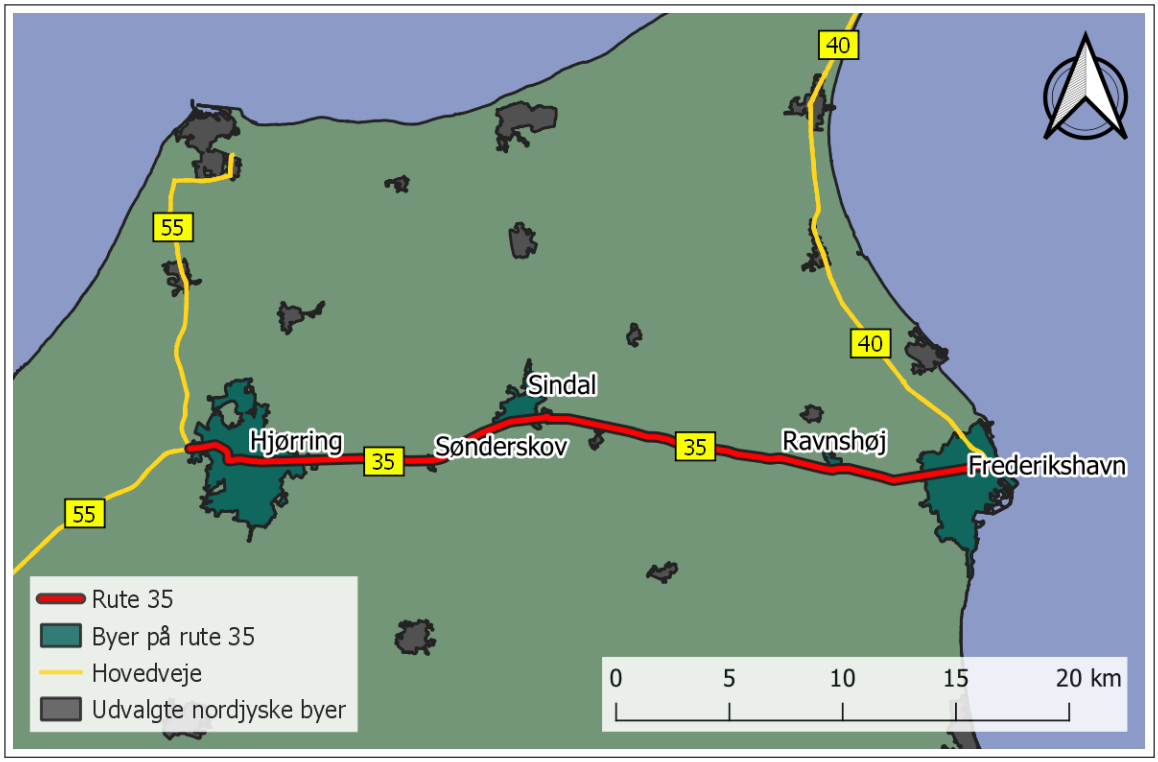


Figur 4.1: Hovedveje i Nordjylland.

Da formålet med den færdige metoden er, at kunne udpege grå delstrækninger, begrænses

udvælgelsen yderligere til kun at kigge på strækninger, hvor der er sket forholdsvist mange uheld. Den færdige metode skal gerne kunne udpege delstrækningerne inden uheldene sker på dem, men til metodeudviklingen er det alligevel fordelagtigt med en strækning hvorpå der er sket uheld. Det skyldes, at det derved kan antages, at der er størst sandsynlighed for at strækningen består af delstrækninger, der er ikke-selvforklarende i en sådan grad, at der med fordel kan udføres trafiksikkerhedsfremmende tiltag på den.

I den nordligste del af Nordjylland ligger den godt 36 kilometer lange hovedvej rute 35, også kaldet Hjørring-/Frederikshavnsvej, som ses af figur 4.2. Rute 35 strækker sig på tværs af Nordjylland, og dækker mere end 3/4 af områdets samlede afstand mellem vestkyst og østkyst. Grundet hovedvejens eneret som primærrute mellem landsdelens 2. og 3. største byer; Hjørring og Frederikshavn, betjener vejen dagligt store trafikmængder.



Figur 4.2: Rute 35's placering i Nordjylland.

Nogenlunde midt på rute 35 ligger den lille stationsby Sindal, som igennem en årrække har været projektlokalitet for 5. semesters veje- og trafikingeniørstuderende på Aalborg Universitet. Byens centrale placering på rute 35 har igenmmen mange år gjort den til en gennemfartsby og dermed en flaskehals for trafikken mellem Hjørring og Frederikshavn, og derfor har snakken om en mulig omfartsvej længe været på tale. De to små byer; Sønderskov og Ravnshøj, ligger hhv. 4 kilometer vest for Sindal og 14 kilometer øst for Sindal.

Overordnet er rute 35 i rigtig god stand, med god vejoverflade, afmærkning og skiltning. Specielt mellem Hjørring og Sindal er vejstandarden høj, med nyt slidlag udlagt i 2018, mens størstedelen af slidlaget mellem Sindal og Frederikshavn er udlagt mellem 2000 og 2002. Vejens høje standard fremgår også af en skadesmåling fra september 2018, hvor strækningen mellem Hjørring og Sindal fik 0 skadespoint, mens strækningen mellem

Sindal og Frederikshavn afstandsvægtet fik 0,7 skadespoint [Vejdirektoratet, 2019c]. Vejens tværprofil er grundlæggende opbygget med en samlet vejbredde på 8 meter, med 3,5 meter kørespor og 0,5 meter kantbane. Derudover har hele strækningen mellem Hjørring og Sindal skillerabat på 1,5 meter og cykelsti på 1,5 meter i begge vejsider, mens omkring halvdelen af strækningen mellem Sindal og Frederikshavn har, dog kun i den ene vejside de første 3 kilometer fra Sindal. Hele rute 35 er udstyret med midterlinje, kantlinjer, kantpæle og skiltning. På figur 4.3 ses et typisk tværprofil af rute 35.

Figur 4.3: Typisk udseende af tværprofil på rute 35.

Trafikmængden på rute 35 løb i 2018 op i en opregnet og tilbageskrevet årsdøgnstrafik (ÅDT) på 8.583 motorkøretøjer [Vejdirektoratet, 2019b], og fra 2014 til og med 2018 er der sket 88 uheld [Vejdirektoratet, 2019c]. Disse uheld svarer til en uheldstæthed (UHT) på 0,48 uheld pr. kilometer pr. år, en UHT der er mere end dobbelt så stor som de 0,21 vægtede landsgennemsnitlige, og næsten dobbelt så stor som de 0,28 forventede. UHT-beregningerne forefindes i bilag C. Ud fra denne analyse vurderes det, at rute 35, både med hensyn til trafikmængde og uheld, har et tilstrækkeligt datagrundlag til, at vejstrækningen kan anvendes som projektlokalitet, til den videre metodeudvikling.

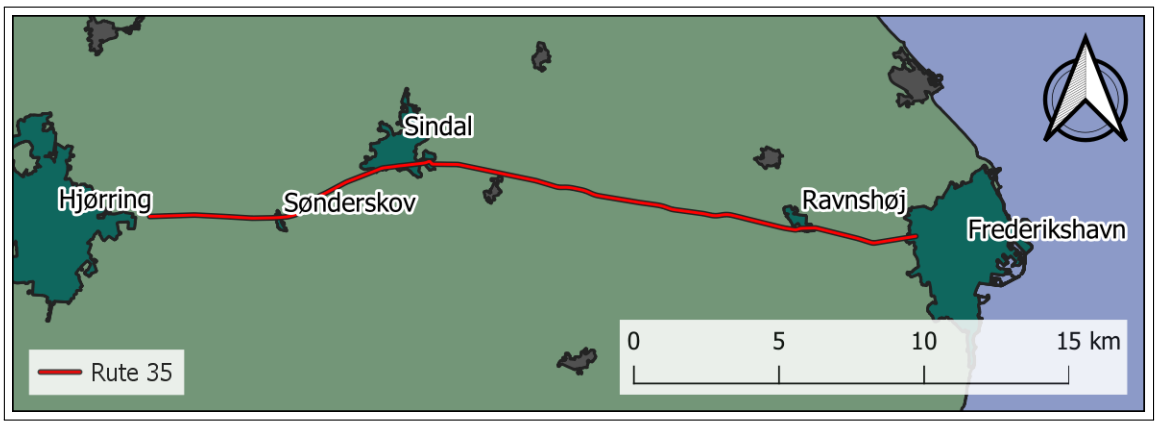
Videre metode 5

I det foregående kapitel blev projektlokaliteten valgt, hvorfor der i dette kapitel kan arbejdes videre med udviklingen af den endelige metode. Mange af metodeelementerne kræver databasebehandling, hvorfor alle anvendte SQL-forespørgsler beskrives sidst i kapitlet.

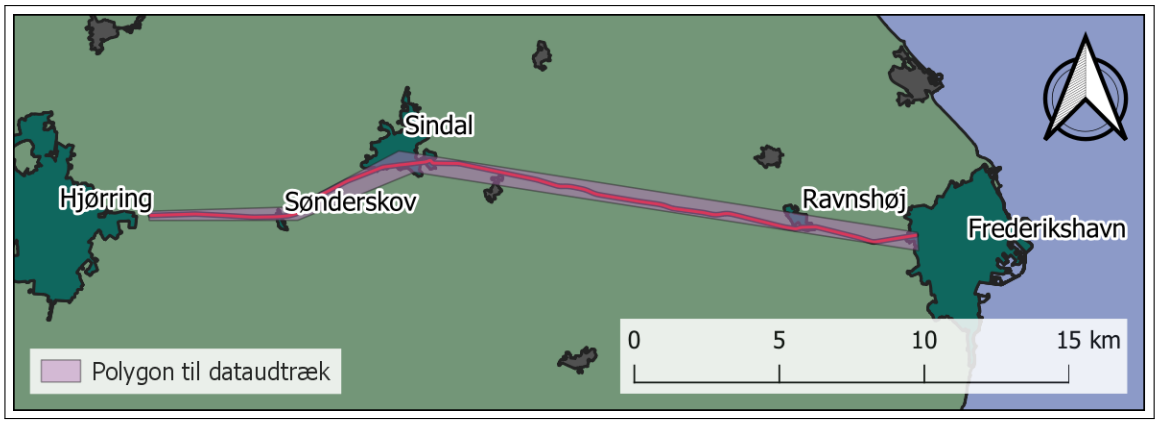
5.1 Validering af datasæt

Efter at rute 35 er blevet udpeget som projektlokalitet er det vigtigt at validere dens datasæt, så der sikres retvisende resultater. For at udvælge hvilke datapunkter fra ITS serveren, der har kørt på rute 35, tegnes den først ind i QGIS. Som tidligere nævnt er hele ruten godt 36 kilometer lang, med den vestlige del beliggende i Hjørring og den østlige i Frederikshavn. Eftersom der i dette projekt afgrænses fra byområder, optegnes kun den del af vejstrækningen, som befinder sig imellem de to byer, og derved bliver den samlede undersøgelsesstrækning 27 kilometer. Herefter tegnes en polygon omkring vejstrækningen, og ved hjælp af SQL-forespørgsel udvælges alle de punkter, hvis geometri ligger indenfor denne polygon. Denne tre-trins arbejdsproces er vist på figur 5.1 til 5.3.

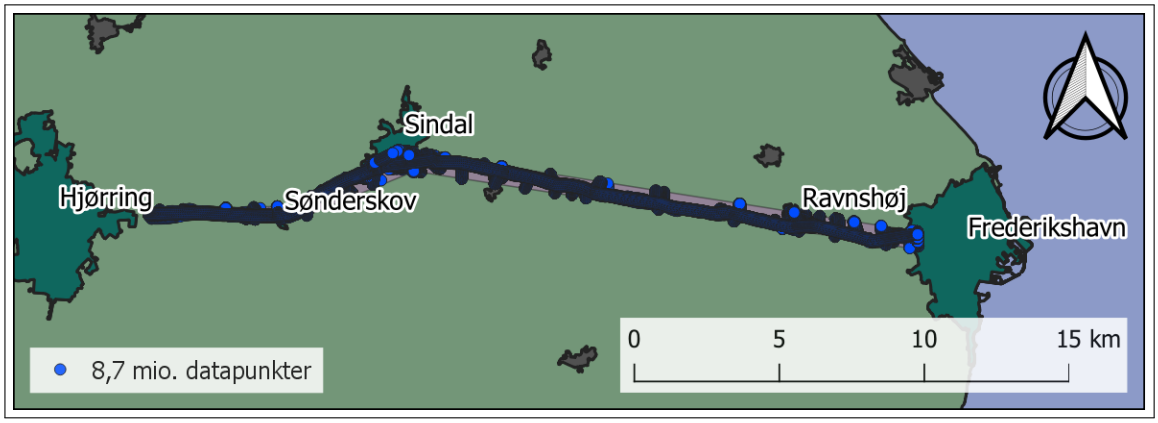
Da datapunkterne ikke er map matchet, som beskrevet i afsnit 3.5, kan de ligge meget spredt omkring vejen. For at være sikker på at alle relevante datapunkter kommer med, er det derfor vigtigt at tegne polygonen stor nok, men samtidig må den ikke være for stor, da det vil kræve ekstra computerkraft og resultere i en uhensigtsmæssig arbejdsproces. Af samme grund er det vigtigt at tegne polygonen med en så simpel geometri som muligt, da pgAdmin bruger mere computerkraft på at regne på komplekse geometrier. For at være på den sikre side tegnes polygonen omkring rute 35 med en minimumsafstand til vejmidten på 100 meter, men til brug ved fremtidige vejstrækninger vurderes den nødvendige minimumsafstand i afsnit 5.2.



Figur 5.1: Første trin i arbejdsprocessen til udvælgelse af datagrundlaget for rute 35.



Figur 5.2: Andet trin i arbejdsprocessen til udvælgelse af datagrundlaget for rute 35.



Figur 5.3: Tredje trin i arbejdsprocessen til udvælgelse af datagrundlaget for rute 35.

Den første datalogning på rute 35 er sket den 18/05 2012 kl. 23:52 og den sidste er sket den 02/11 2014 kl. 12:50. Derved strækker datagrundlaget sig over 898 dage, eller ca. 2,5 år, hvor igennem der i alt er blevet logget 8.712.281 datapunkter.

5.1.1 Frasortering af datagrundlag grundet trafiksanering

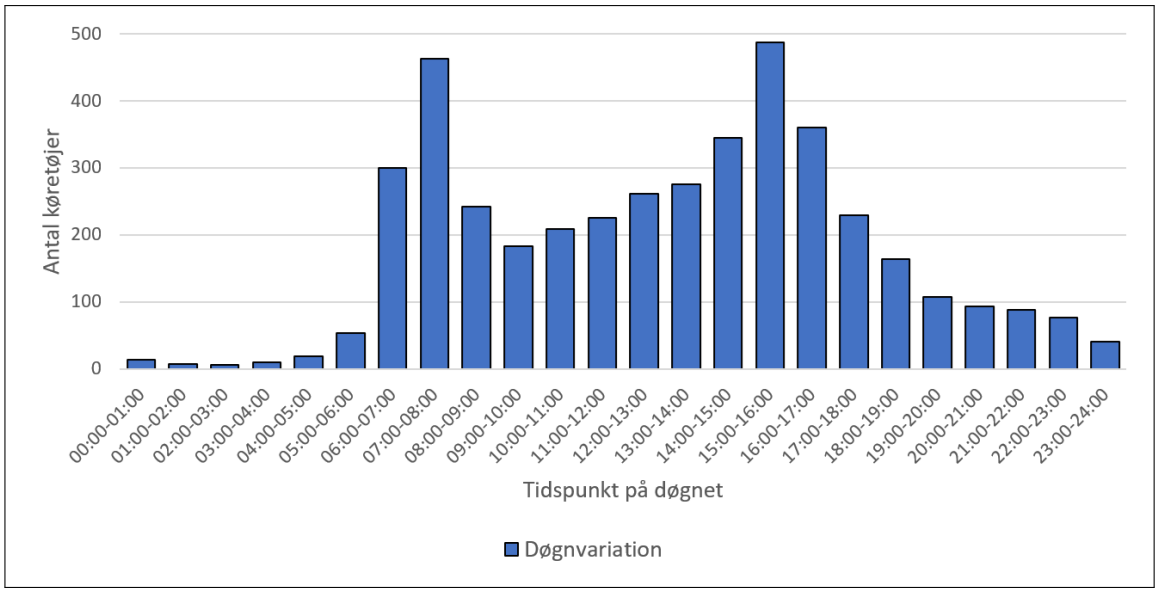
Igennem databehandlingsprocessen blev der observeret en delstrækning ca. 7 kilometer øst for Sindal, hvor testbilisterne kørte væsentligt under hastighedsgrænsen. Det skyldtes en trafiksanering i form af nedskiltet hastighedsbegrænsning til 70 km/t, som (på daværende tidspunkt) ikke fremgik af vejman.dk. Trafiksaneringen er vist på figur 5.4.

Figur 5.4: Trafiksanering i form af nedskiltet hastighedsbegrænsning til 70 km/t øst for Sindal.

Efter mailkorspondance med flere ansatte i Vejdirektoratet blev det gjort klart, at denne 70 km/t-zone var blevet opsat den 01/09 2014, altså ca. to måneder inden dataindsamlingens ophør, grundet sårlig oversigt fra en sidevej [Feddern et al., 2019]. For at få et retvisende billede af trafikantadfærden, og for at undersøge om denne delstrækning vil blive udpeget med den færdigudviklede metode, frasorteres data for perioden efter denne hastighedszone er opsat. Efter denne frasortering består datagrundlaget af 8.046.948 datapunkter.

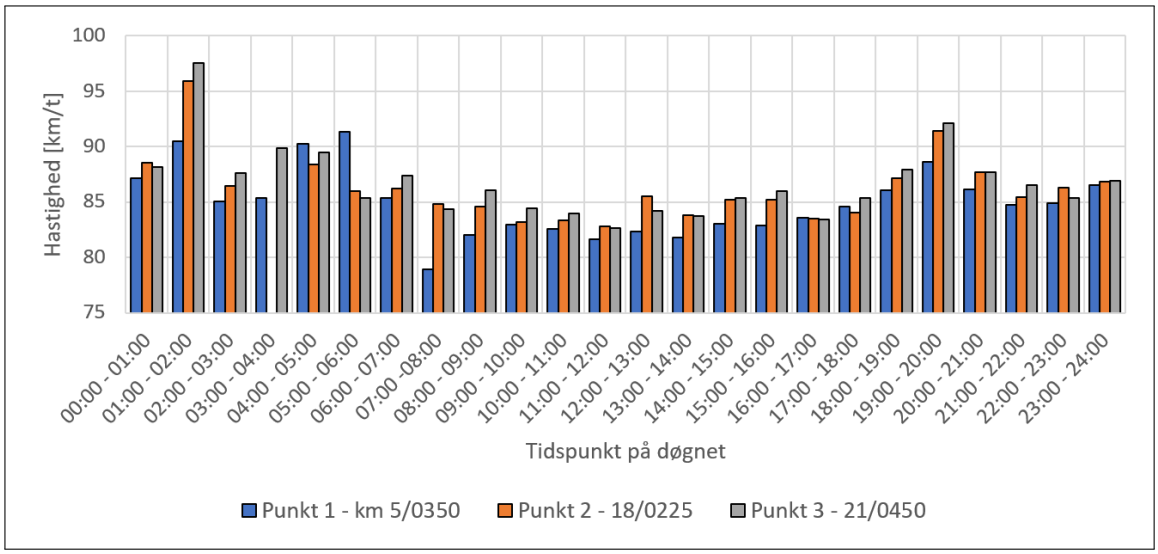
5.1.2 Inddeling af tidsintervaller

For at undersøge, om der er forskel på hastighederne om dagen og natten, skal tidspunkterne for dag og nat først defineres. Dette gøres ud fra den forudsætning, at der skal være free-flow på begge tidspunkter, så det sikres at hastighedsvalget er foretaget af bilisten selv, og ikke blot fordi den forankørende kører langsomt. Free-flow hastigheder sikres, hvis trafikmængden er lavere end 1.000 biler pr. time pr. kørespor [Schroeder, 2016]. Derfor vælges tidspunkterne ud fra den trafikale døgnvariation, som bestemmes ud fra trafiktællinger fundet i Mastra [Vejdirektoratet, 2019a]. Døgnvariationen bestemmes ud fra trafikmængder på hverdagene tirsdag, onsdag og torsdag, da trafikken kan være noget anderledes mandag og fredag, samt i weekenderne [Vejdirektoratet, 2006b]. På figur 5.5 ses døgnvariationen som et gennemsnit af 20 tælledage, talt i perioden 25/02 2013 til 29/10 2013, på rute 35 i kilometrering 20/0230.



Figur 5.5: Gennemsnitlig døgnvariation på rute 35 over 20 tirsdage, onsdage og torsdage i 2013 [Vejdirektoratet, 2013].

Udover at finde døgnvariationen via Mastra er det også forsøgt at beskrive den via data fra ITS Platform. Dette er gjort ud fra kørte gennemsnitshastigheder i tre punkter på rute 35, som er vist på figur 5.6.



Figur 5.6: Døgnvariation i tre punkter ud fra gennemsnitshastighed.

Af figur 5.6 ses det, at gennemsnitshastigheden på alle tidspunkter (på nær i punkt 1 mellem kl. 07:00 og kl. 08:00) ligger over 80 km/t, og her skal det bemærkes, at speedometret har vist væsentligt mere end det hastigheden er målt til. Derfor må det forventes, at free-flow som minimum er sikret på alle tidspunkter fra kl. 08:00 til kl. 07:00. Tidsintervallerne fastsættes derfor ud fra Mastra-tællingen i figur 5.5, som dag i det tidsinterval hvor antallet af køretøjer er mindre end 300 pr. time, og som nat i det tidsinterval hvor antallet af køretøjer er mindre end 100 pr. time. Dermed bliver

tidsintervallet for dag fra kl. 08:00 til kl. 14:00 og for nat fra kl. 20:00 til kl. 06:00. Efter denne inddeling består datagrundlaget på rute 35 af 4.836.073 datapunkter.

5.1.3 Inddeling af ture

Turinddelingen foretages ud fra dataregistreringernes boks-id og tidsintervallet imellem dem. Hvis to dataregistreringer efter hinanden har samme boks-id, og tidsintervallet imellem dem er mindre end 2 minutter, så er det den samme tur. Turen kan altså skifte hvis boks-id ændrer sig, eller hvis tidsintervallet ændrer sig med mere end 2 minutter. Princippet bag denne turinddeling er vist i tabel 5.1.

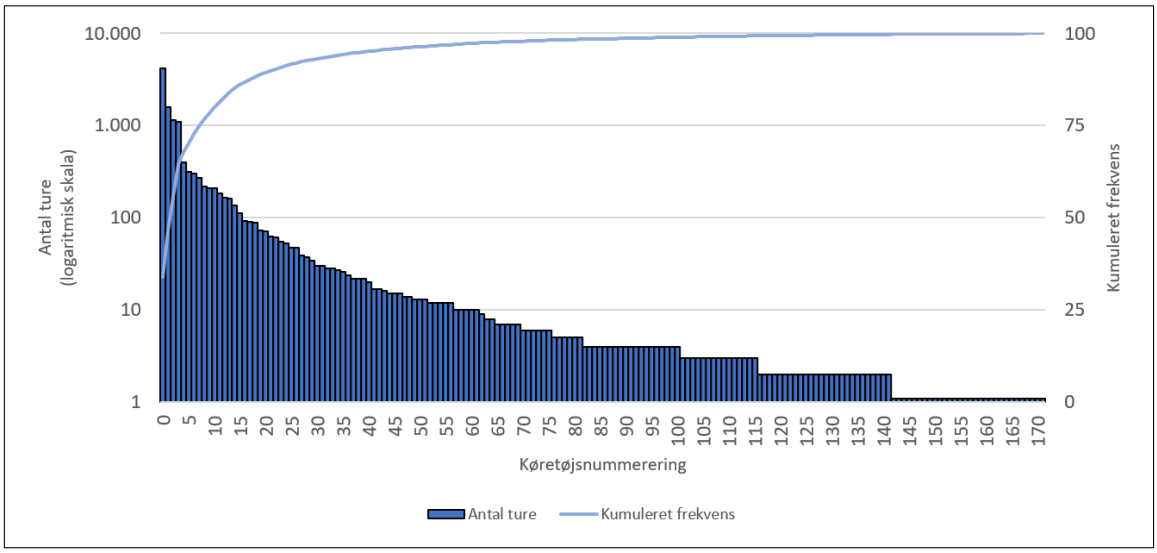
id	boks-id	dato	tid	tur-id
256324201	42	07/10 2013	13:47:21	51
256324202	42	07/10 2013	13:47:22	51
256324203	42	07/10 2013	13:47:23	51
256324204	493	21/11 2013	22:15:53	52
256324205	493	21/11 2013	22:15:54	52
256324206	493	22/11 2013	09:22:08	53
256324207	493	22/11 2013	09:22:09	53

Tabel 5.1: Princippet bag de to måder en tur kan skifte på.

Efter turinddelingen består datagrundlaget på rute 35 fortsat af 4.836.073 datapunkter, som kommer fra 172 unikke køretøjer, der sammenlagt har foretaget 12.428 ture.

5.1.4 Frasortering af køretøj

Figur 5.7 viser turfordelingen, fordelt på unikke køretøjer, hvor det bør bemærkes, at antallet af ture er på logaritmisk skala. For at anonymisere testbilisterne er køretøjsnummereringen blevet sløret, så det køretøj der har foretaget flest ture har fået nr. 0, det der har foretaget næstflest nr. 1 osv.



Figur 5.7: Antal ture fordelt på unikke køretøjer for rute 35.

Som det ses af figuren, så er der meget stor forskel på, hvor mange ture testbilisterne har foretaget. Eksempelvis har køretøj nr. 0 foretaget hele 4.205 ture, hvilket svarer til mere end 4,5 ture pr. dag, og dermed godt en tredjedel af det samlede antal. De fem køretøjer der har foretaget flest ture, står sammenlagt for mere end to tredjedele af turene, hvilket fortæller, at turfordelingen er ret skævt fordelt blandt testbilisterne.

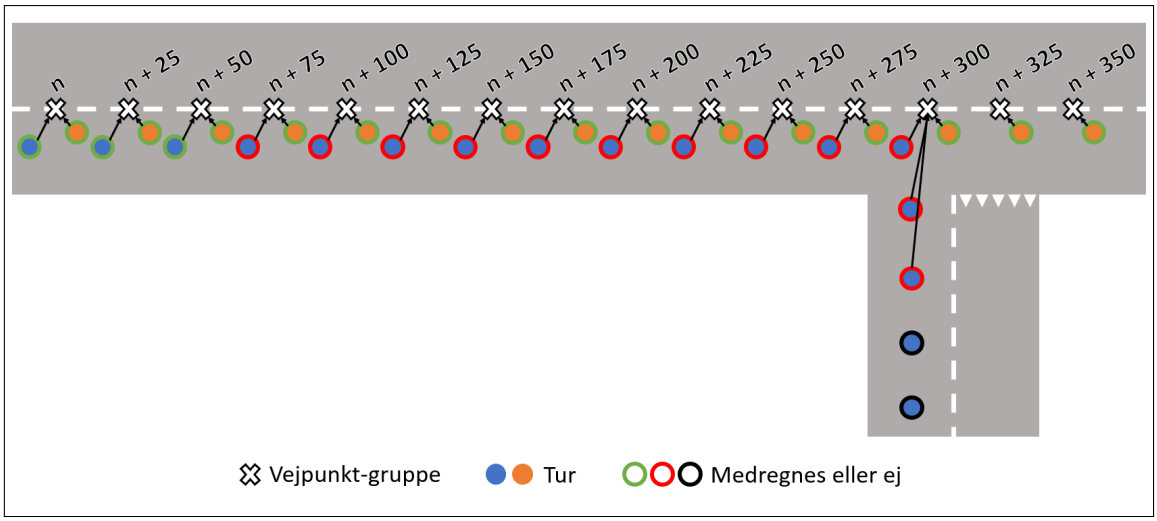
Igennem datavalideringen er det imidlertid vurderet, at køretøj nr. 0 foretager usandsynligt mange ture, alle med mange korte stop undervejs, hvor hastigheden går i nul. Dette tyder på, at testbilisten muligvis er postbud eller avisudbringer, og derfor har mange ture med mange stop, hvilket vil ødelægge hastighedsprofilet. Derfor besluttes det at frasortere køretøj nr. 0 fra datagrundlaget. Efter denne frasortering består datagrundlaget stadig af 2.724.044 datapunkter fra 171 unikke køretøjer, som sammenlagt har foretaget 8.223 ture.

5.1.5 Frasortering af datapunkter ved sving

Da rute 35 er en forholdsvis lang undersøgelsesstrækning er der en del sideveje på strækningen, hvor bilisterne kan svinge fra. Da en bilist sætter hastigheden ned inden et sving, vil datapunkterne nær sekundærveje få en lavere gennemsnitshastighed end de burde, hvis hastighedsberegningerne foretages på baggrund af de der svinger. Disse hastighedsnedsættelser vil derfor have indflydelse på hastighedsprofilet, hvilket selvfølgelig ikke er ønskværdigt, og derfor skal de sorteres fra.

Dette gøres ved at finde den afstand før et sving en bilist træder på bremsen, og så frasortere alle datapunkter fra de svingende bilister, indenfor den afstand til svinget. Det er imidlertid meget forskellige fra person til person, hvor lang tid inden et sving der trykkes på bremsen. En amerikansk undersøgelse fra 2007 viste dog, at den længste afstand for det indledende tryk på bremsen er 95 meter, og det endda ved fuldt stop [Bao og Boyle, 2007]. For at være på den sikre side fastsættes afstanden alligevel til 250 meter før svinget, altså væsentligt længere end den amerikanske undersøgelse viste, for dermed at være fuldstændig sikker på, at opbremsningerne ikke får indflydelse på hastighedsprofilet.

På figur 5.8 ses princippet bag frasorteringen, hvor de blå og orange prikker illustrerer datapunkterne for hhv. en svingende og en ikke svingende tur, og ringen omkring prikkerne indikerer om datapunktet medregnes i gennemsnitshastigheden for det vejpunkt det hører til eller ej.



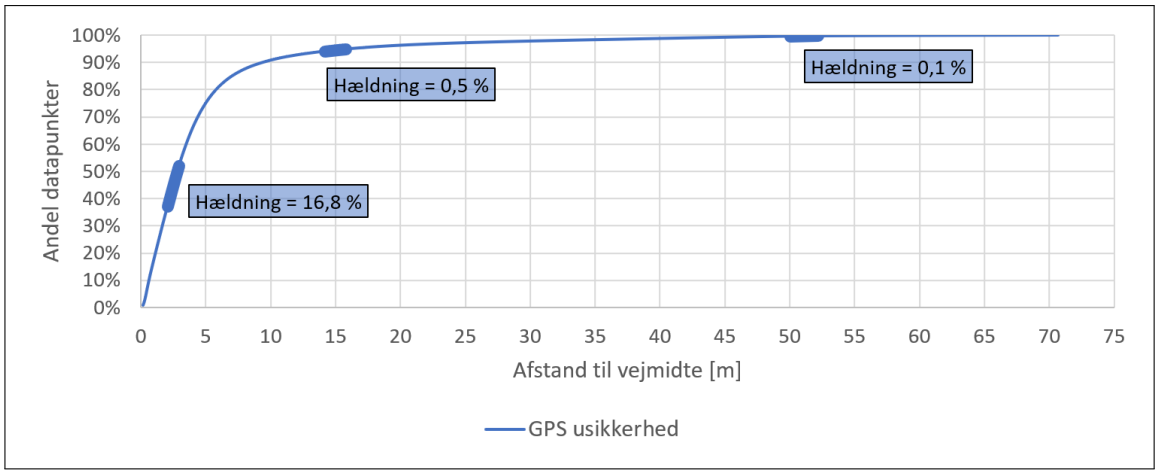
Figur 5.8: Ture der svinger ad sekundærveje indgår ikke i beregningerne af gennemsnitshastigheder allerede 250 meter før de svinger.

Den samme frasortering er selvfølgelig foretaget for de bilister der kommer fra en sidevej og svinger ind på rute 35, hvormed det sikres at disse bilisters hastigheder ikke får indflydelse på hastighedsberegningerne, før de er kommet op i fart.

Efter denne frasortering falder antallet af unikke køretøjer med fire, mens antallet af ture falder med godt 6 %, hvilket er et udtryk for, at turene foretaget af disse frasorterede testbilister er sket på tværs af rute 35. Det kan eksempelvis være sket i firevejskryds, hvor bilisten kommer til rute 35 fra en sidevej og fortsætter videre ad en sidevej på modsatte side. Efter frasorteringen består datagrundlaget af 2.359.921 datapunkter fra 167 unikke køretøjer, som samlet har foretaget 7.723 ture, hvorfor det vurderes, at datagrundlaget for rute 35 fortsat er tilstrækkeligt til metodeudvikling.

5.2 Usikkerhed ved GPS-logninger

Som nævnt i afsnit 5.1 er det vigtigt, at udvælge data i en afstand omkring vejen der er så stor, at alle datapunkter for netop den vej kommer med, men samtidig ikke så stor, at datapunkter for alle mulige andre veje gør. Denne afstand afhænger af hvor præcist bilens GPS-positioner er blevet registreret, hvilket varierer under forskellige forhold, som beskrevet i afsnit 3.5. Til at vurdere en passende afstand undersøges det derfor, hvor langt fra vejmidten datapunkterne for rute 35 er blevet registreret. På figur 5.9 er datapunkternes andel ved stigende afstand til vejmidten illustreret.



Figur 5.9: GPS-usikkerheder på rute 35.

Af figuren ses det, at andelen af datapunkter stiger meget kraftigt i starten, hvilket heldigvis betyder, at en stor andel af GPS-registreringerne er sket med en lille afstand til vejmidten. Allerede ved en afstand på 5 meter til vejmidten begynder stigningen af aftage, og her registreres allerede 75 % af datapunkterne. Ved en afstand på 15 meter er hældningen faktisk så lav, at grafen næsten flader ud, og her registreres hele 95 % af datapunkterne. Efter 15 meter er hældningen så lav, at afstanden skal øges meget, for at øge andel af datapunkter. Derfor vurderes det, at 15 meter er den optimale afstand til vejmidten, som data skal udvælges indenfor.

Det bemærkes dog, at denne udvikling skal tages med visse forbehold, da den viser afstanden mellem GPS-koordinat og vejmidten, hvor den afstand der egentlig ønskes, er afstanden mellem GPS-koordinat og bilen. Det vurderes dog, at afstanden til vejmidten er et udemærket alternativ, især eftersom OBU'en i ITS Platform blev monteret i OBD-stikket, som oftest sidder i førerens side af bilen, hvilket er et sted med forholdsvis kort afstand til vejmidten.

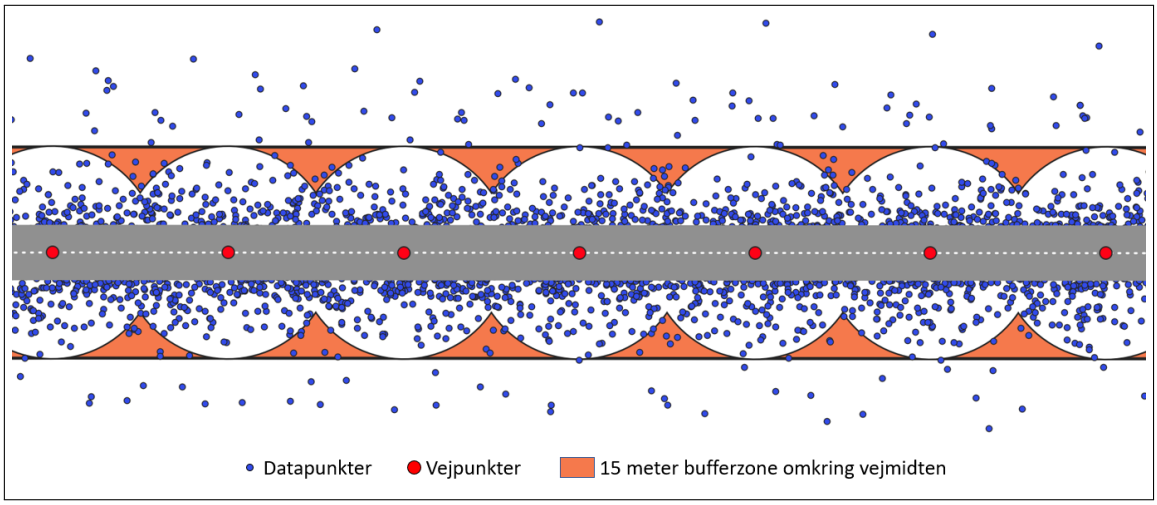
5.3 Programmering

Som nævnt i kapitel 3 blev der anvendt programmering, i form af SQL-forespørgsler, til databehandlingen i dette projekt. Senere i afsnittet vil disse SQL-forespørgsler bliver gennemgået, men inden da er det væsentligt, at forklare en af arbejdsprocesserne, for at nå frem til en færdig metode. Ofte er det en umiddelbar tanke, at udføre en arbejdsopgave, så processen kan følges visuelt. Dette var også den umiddelbare tankegang i starten af projektet, hvilket bl.a. førte til den oprindelige metode til map matching af datapunkterne.

5.3.1 Gammel metode med map matching i QGIS

Oprindeligt var arbejdsprocessen til hele databehandlingen, først at tegne en polygon omkring vejen, hvorfra data skulle udvælges, i QGIS. Herefter blev data fra den aktuelle polygon trukket ud af ITS serveren ved SQL-forespørgsler. Efterfølgende blev data flyttet over i QGIS, så datapunkternes placering visuelt kunne ses på vejen. Dernæst skulle

datapunkterne inddeles efter, hvilket segment på vejen de tilhørte, hvorfor vejen blev inddelt i vejpunkter med en afstand på 25 meter. Næste skridt var at udvælge de datapunkter, der befandt sig indenfor en afstand af 15 meter til vejpunkterne, ved at anvende tilføjelsesprogrammet "Afstand til nærmeste hub". Dette gav imidlertid et problem, som er illustreret på figur 5.10



Figur 5.10: Problem ved udvælgelse af datapunkter indenfor en afstand af 15 meter fra vejpunkterne..

Af figuren ses det, at de datapunkter som befinder sig indenfor de orange "trekanter", der udgør en forholdsvis stor andel, bliver frasorteret, fordi deres afstand til vejpunkterne er mere end 15 meter, selvom de ligger indenfor 15 meter fra vejmidten. Derfor blev metoden ændret til først at inddele vejen i vejpunkter med en afstand på 1 meter, for herefter at udvælge de datapunkter der befandt sig indenfor en afstand af 15 meter til disse vejpunkter. Dette giver godt nok stadig nogle "trekanter", men deres areal udgør kun ca. 0,02 % af den samlede bufferzones areal, hvor de udgjorde ca. 13,24 % ved først at inddele vejpunkterne med 25 meter. Disse beregninger er vist i bilag D.

Herefter blev datapunkterne på ny inddelt efter, hvilket af vejpunkterne med en afstand på 25 meter de tilhørte. Eftersom datapunkterne allerede var inddelt efter hvilket vejpunkt med en afstand på 1 meter de tilhørte, blev det blot gjort ved, at de datapunkter der tilhørte vejpunkt 0 til 12 alle kom til at tilhøre vejpunkt 0, mens de datapunkter, der tilhørte vejpunkt 13 til 37, alle kom til at tilhøre vejpunkt 25 osv. Når denne inddeling var foretaget kunne datapunkterne endelig flyttes tilbage i PostgreSQL, og den videre databehandling kunne begynde.

5.3.2 Ny metode med map matching i PostgreSQL

Som det fremgår af processen beskrevet ovenfor, så var den gamle metode med map matching i QGIS meget langsommelig og ret forvirrende. Det var en metode, der bestemt var ladsiggørlig, og den kunne sikkert også effektiviseres, men da det med projektet ønskes at udvikle en generelt anvendelig metode, vurderes det alligevel at være en fordel, hvis databehandlingen kun foretages i PostgreSQL. Udover at gøre arbejdsprocessen mere

effektiv, eftersom data ikke skal flyttes frem og tilbage mellem programmer, så vil det også mindske risikoen for at der sker fejl. Den nye metode indbefatter ganske vist stadig, at polygonen omkring vejen, samt vejpunkterne med en afstand på 1 meter, skal tegnes i QGIS, men det er en ret simpel opgave og eftersom det ikke indbefatter flytning af store datamængder mindskes risikoen for fejl.

5.3.3 SQL-forespørgsler

For at udføre alle arbejdsprocesserne i PostgreSQL kræver det rigtig mange SQL-forespørgsler. De forespørgsler, der er anvendt til metodeudviklingen, er vist og beskrevet herunder. De grundlæggende forespørgsler, som allerede er beskrevet i tabel 3.4 på side 22, vil ikke blive beskrevet nærmere, medmindre det er fundet nødvendigt. SQL-kommandoer har farven blå, attributter har farven sort, tekststrenge har farven lilla og kommentarer har farven grøn. SQL-forespørgslerne er gennemgået for databehandling af datagrundlaget for rute 35.

Opretter tabel med datapunkter indeholdt i polygon omkring rute 35:

```
1  CREATE TABLE rute_35_data AS
2  SELECT id, boks_id, dato, tid, gps_position, hastighed, retning
3  FROM its.server
4  WHERE
5      ST_WITHIN(ST_TRANSFORM(gps_position, 4326),
6          /* finder geometri indeni en anden geometri og transformerer gps-positionerne til
               koordinatsystem 4326 */
7      ST_SETSRID(ST_GEOMFROMTEXT(
8          'Polygon((
9          10.04708345319654583 57.45156777069819753,
10         10.05075227935978255 57.48098028545561533,
11         10.50006827629137973 57.4632371774232098,
12         10.50047234946173091 57.43861002945278926,
13         10.04708345319654583 57.45156777069819753))'), 4326))
14         /* identificerer det anvendte koordinatsystem til 4326 og definerer polygonets geometri ud
               fra x- og y-koordinater som tekst */
15 ORDER BY boks_id ASC, dato ASC, tid ASC
```

Inddeling af tidsintervaller:

```
1  CREATE TABLE rute_35_tidsintervaller AS
2  SELECT
3      *,
4      hastighed * 3.6 AS hastighed_kmt,
5      /* omregner hastighed fra m/s til km/t */
6      (dato || ' ' || tid)::TIMESTAMP AS datotid,
7      /* konverterer "dato" og "tid" til en samlet attribut kaldet "datotid" */
8      CASE
9             WHEN tid BETWEEN '08:00:00' AND '14:00:00' THEN 1
10            WHEN tid NOT BETWEEN '06:00:00' AND '20:00:00' THEN 2
11     END AS dagnat
12 FROM rute_35_data
```

Frasortering af datapunkter udover dag og nat:

```
1  CREATE TABLE rute_35_udover_dagnat AS
2  SELECT
3      dagnat,
4      boks_id,
```

```
    LAG(boks_id) OVER (ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC) AS prev_boks_id,
    datotid,
    LAG(datotid) OVER (ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC) AS prev_datotid
FROM rute_35_tidsintervaller
WHERE dagnat IS NOT NULL
ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC
/* forrige "boks_id" og "datotid" vælges og kun "dag" og "nat" fra forrige forespørgsel medtages */
```

Beregninge af ny eller samme tur:

```
CREATE TABLE rute_35_ny_eller_samme AS
SELECT
    *,
    CASE
        WHEN boks_id = prev_boks_id
        AND datotid - prev_datotid < '2 minutes'::INTERVAL
        THEN 0
        ELSE 1
    END AS ny_tur
FROM rute_35_udover_dagnat
ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC
/* det defineres, at der er tale om den samme tur, hvis nuværende og forrige "boks_id" er ens og
    forskellen mellem nuværende og forrige "dato_tid" er mindre end 2 minutter - ellers er der
    tale om en ny tur */
```

Inddeling af ture:

```
CREATE TABLE rute_35_ture AS
SELECT
    *,
    SUM(ny_tur) OVER (ORDER BY boks_id ASC, datotid ASC) AS tur_id
FROM rute_35_ny_eller_samme
ORDER BY tur_id ASC, datotid ASC
/* summerer værdierne for "ny_tur" og definerer et "tur_id" */
```

Finder dato og klokkeslæt for den første datalogning:

```
SELECT datotid FROM rute_35_ture ORDER BY datotid ASC LIMIT 1
/* definerer at der kun skal vælges én "datotid", som er sorteret efter mindste/første først */
```

Finder dato og klokkeslæt for den sidste datalogning:

```
SELECT datotid FROM rute_35_ture ORDER BY datotid DESC LIMIT 1
/* definerer at der kun skal vælges én "datotid", som er sorteret efter største/sidste først */
```

Tæller det samlede antal datalogninger:

```
SELECT COUNT(id) FROM rute_35_ture
/* tæller antallet af "id", der er unikt for hver datalogning */
```

Tæller antallet af unikke køretøjer:

```
SELECT COUNT(DISTINCT(boks_id)) FROM rute_35_ture
```

Tæller antallet af ture:

```
SELECT COUNT(DISTINCT(tur_id)) FROM rute_35_ture
```

Efter disse SQL-forespørgsler kan map matchingen og hastighedsberegningerne begynde. Som nævnt er det til map matchingen nødvendigt at have vejstrækningens vejpunkter med en afstand på 1 meter indtegnet i QGIS, hvilket nemt gøres med tilføjelsesprogrammet "QChainage", der er beskrevet i tabel 3.1 på side 11. Herefter importeres laget til PostgreSQL ved hjælp af tilføjelsesprogrammet "PostGIS", som også er beskrevet i tabel 3.1, i en tabel der navngives "rute_35_vejpunkter". Efterfølgende kan tilhørsforholdet til inddelingen i en afstand på 25 meter beregnes i PostgreSQL.

Beregning af tilhørsforhold til 25 meters inddelinger:

```
ALTER TABLE rute_35_vejpunkter ADD COLUMN vej_punkt_gruppe BIGINT;
/* tilføjer kolonnen "vej_punkt_gruppe" (altså 25 meters inddelingen) til tabellen */
UPDATE rute_35_vejpunkter SET vej_punkt_gruppe = ROUND((vej_punkt_id * 1.0) / 25, 0) * 25
/* beregner tilhørsforholdet mellem "vej_punkt_id" og "vej_punkt_gruppe" */
```

Beregning af afstand og udvælgelse af datapunkter:

```
CREATE TABLE rute_35_afstand AS
SELECT
    rute_35_vejpunkter.vej_punkt_id AS vej_punkt_id,
    rute_35_vejpunkter.vej_punkt_gruppe AS vej_punkt_gruppe,
    rute_35_ture.hastighed_kmt AS hastighed_kmt,
    rute_35_ture.tur_id AS tur_id,
    ST_DISTANCE(rute_35_vejpunkter.geom, rute_35_ture.pos) AS afstand
    /* afstanden mellem vejpunkternes geometri og datapunkternes position beregnes (geometri og
        position er det samme, de er bare navngivet to forskellige ting)
    /* alle attributter navngives, så de er nemmere at referere til i senere forespørgsler */
FROM rute_35_vejpunkter
INNER JOIN rute_35_ture
ON ST_CONTAINS(ST_ENVELOPE(ST_BUFFER(rute_35_vejpunkter.geom,15)), rute_35_ture.pos)
/* kombinationen sker kun for de datapunkter, der er indeholdt i en 15 meters buffer om
    vejpunkterne - bufferen omregnes med "ST_ENVELOPE" til en firkant, da PostgreSQL har lettere
    ved simple geometrier */
ORDER BY vej_punkt_id ASC, tur_id ASC
```

Udpegning af datapunkter med kortest afstand til vejpunkter:

```
CREATE TABLE rute_35_kortest_afstand AS
SELECT
    vej_punkt_gruppe,
        tur_id,
        (ARRAY_AGG(hastighed_kmt ORDER BY afstand ASC))[1] AS kort_hast,
        /* opremser hastighederne sorteret efter kortest afstand og udvælger den første */
        CASE
                WHEN LAG(tur_id, 10) OVER (ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC) <> tur_id
                OR LAG(tur_id, 10) OVER (ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC) IS NULL
                THEN 0
                ELSE 1
    END AS sving_tilbage,
    /* beregner om det var det samme "tur_id" 250 meter tidligere */
    CASE
                WHEN LEAD(tur_id, 10) OVER (ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC) <> tur_id
                OR LEAD(tur_id, 10) OVER (ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC) IS NULL
                THEN 0
                ELSE 1
        END AS sving_frem
        /* beregner om det er det samme "tur_id" 250 meter senere */
FROM rute_35_afstand
GROUP BY tur_id, vej_punkt_gruppe
ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC
```

Frasortering af datapunkter ved sving:

```
CREATE TABLE rute_35_ingen_sving AS
SELECT
    vej_punkt_gruppe,
    tur_id,
    kort_hast
FROM rute_35_kortest_afstand
WHERE sving_tilbage + sving_frem = 2
ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC
```

Beregner en gennemsnitshastighed i hver vejpunkt-gruppe:

```
CREATE TABLE rute_35_gns_hast AS
SELECT
    vej_punkt_gruppe,
    AVG(kort_hast) AS gns_hast
FROM rute_35_ingen_sving
GROUP BY vej_punkt_gruppe
ORDER BY vej_punkt_gruppe ASC
```

Mængden af SQL-forespørgsler er ret massiv, så for at simplificere og effektivisere metoden, samles forespørgslerne, så der til sidst kun er fire overordnede. Før denne samling kan ske, skal det dog undersøges, om metoden overhoved giver de ønskede resultater.

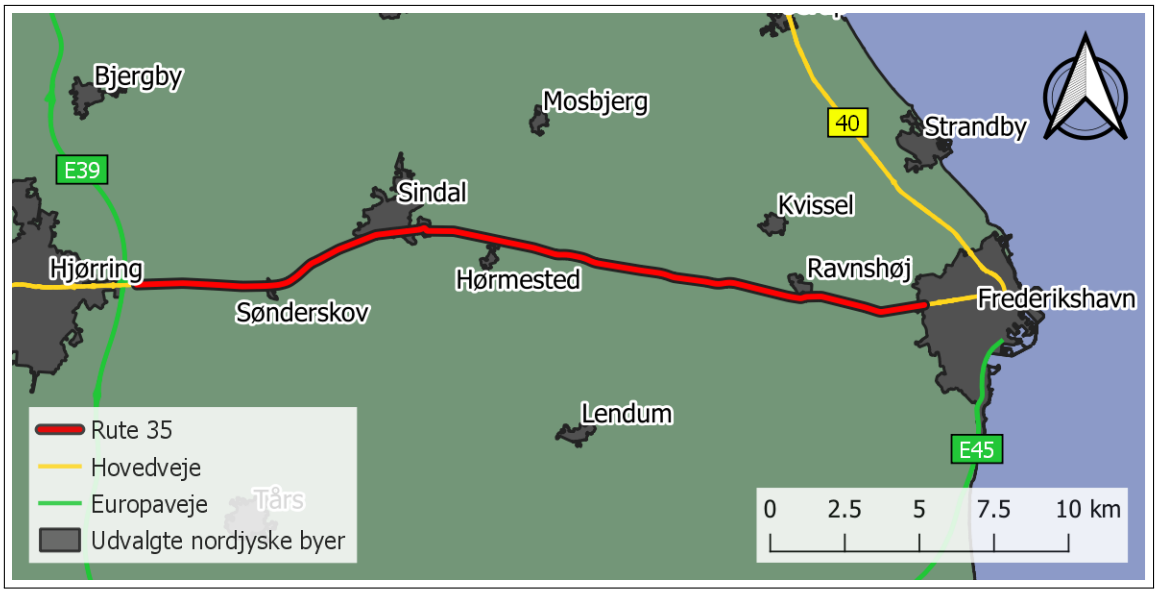
Resultater 6

På baggrund af datagrundlaget for rute 35, som blev valideret i foregående kapitel, køres SQL-forespørgslerne, der blev beskrevet i samme kapitel, og dataudtrækket anvendes til at opstille hastighedsprofiler til præsentation af resultaterne. Den samme metode anvendes efterfølgende på andre relevante lokaliteter.

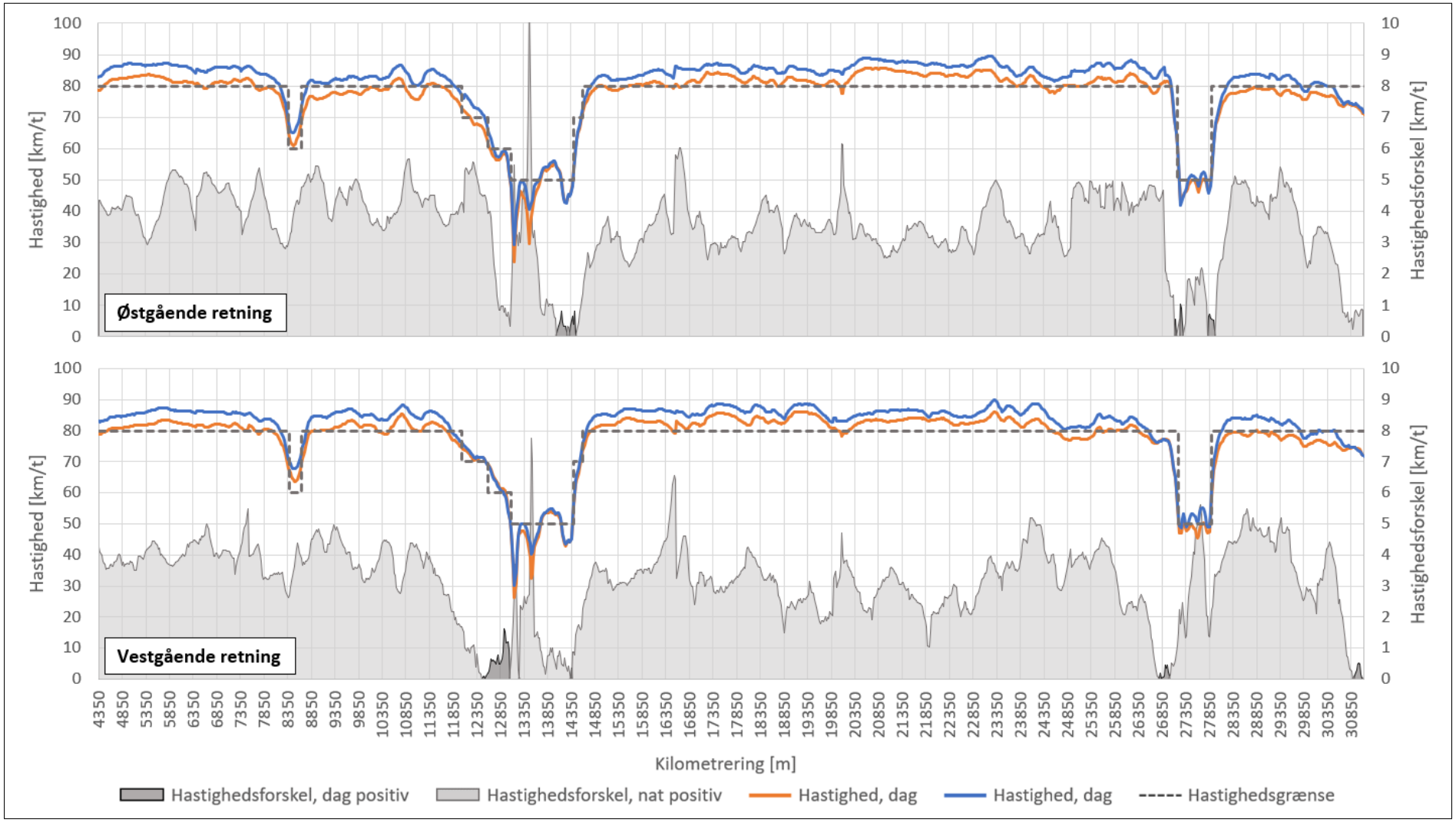
De hastighedsprofiler, der opstilles illustreres først og fremmest, som en graf for den kørte hastighed for hhv. dag og nat, og deles op efter kørselsretning, så der til hver vejstrækning hører to hastighedsprofiler. Eftersom hypotesen i dette projekt, opstillet i kapitel 2, gik på, at der ved en selvforklarende vej vil være en klar sammenhæng mellem hastigheden om dagen og om natten, illustreres hastighedsprofilerne yderligere ved en kurve for hastighedsforskellen mellem netop dag og nat. For at kunne relatere hastighederne til noget konkret illustreres også en graf for vejstrækningens hastighedsgrænse. I tillæg til hastighedsprofilerne udarbejdes der for hver vejstrækning en tabel med antallet af ture og unikke køretøjer. I disse tabeller vil det samlede antal unikke køretøjer ikke nødvendigvis give det samme som summen af dag og nat i hver kørselsretning, hvilket skyldes, at nogle trafikanter kører i begge retninger og/eller både om dagen og om natten.

6.1 Rute 35

Rute 35 er tidligere beskrevet i kapitel 4, hvorfor der ikke gås mere i dybden med den her. Til genopfriskelse er vejens placering og linjeføring blot vist på figur 6.1. Hastighedsprofilerne for rute 35 ses på figur 6.2 på den følgende side.



Figur 6.1: Placering og linjeføring af rute 35.



Figur 6.2: Hastighedsprofil for dag og nat, samt hastighedsforskel mellem disse, for rute 35 i øst- og vestgående retning.

Af hastighedsprofilerne på figur 6.2 på forrige side bemærkses det først og fremmest, at der er en meget stor lighed mellem dag og nat i de respektive retninger. Over hele vejstrækningen gælder det, at hastighedskurven for dag og hastighedskurven for nat bevæger sig markant ensartet, og meget nøjagtigt falder og stiger samtidigt. Overordnet er der også en vis lighed mellem retningerne, men ved nærmere eftersyn ses det tydeligt, at de er forskellige. For begge retninger er der dog den klare lighed, at hastigheden er væsentligt højere om natten end om dagen (p-værdi = $8{,}02 \cdot 10^{-26}$).

Desuden bemærkes det, at hastigheden generelt ligge over den tilladte hastighed. Med tanke på, at hastighedsprofilerne viser de faktisk kørte hastigheder, og at bilernes speedometre typisk viser betydeligt over det, så har testbilisterne altså troet, at de har kørt væsentligt over hastighedsgrænsen.

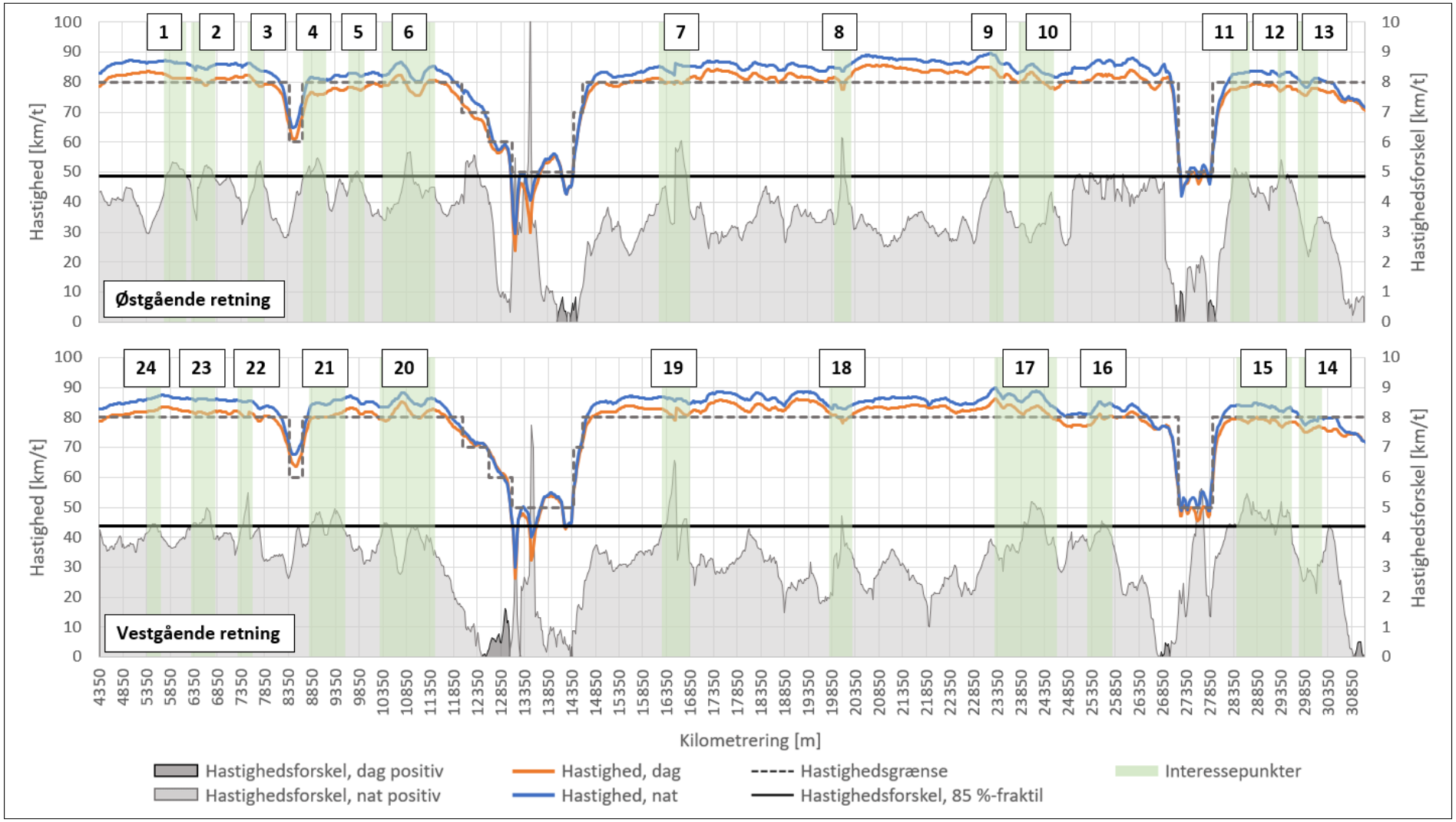
Hastighedsforskellen, som også er illustreret på figur 6.2, varierer en del over vejstrækningen, men dog kun i et interval på maksimalt 6 km/t og med et gennemsnit på 3,4 km/t, og med tanke på hvor mange ture fra hvor mange unikke køretøjer hastighederne baserer sig på, hvilket ses af tabel 6.1, så må det forventes, at der er en ret stor statistisk sikkerhed i resultaterne.

	Dag		**Nat**		**Samlet**
	Mod øst	Mod vest	Mod øst	Mod vest	
Ture	2.695	3.740	556	732	7.723
Unikke køretøjer	133	127	53	61	167

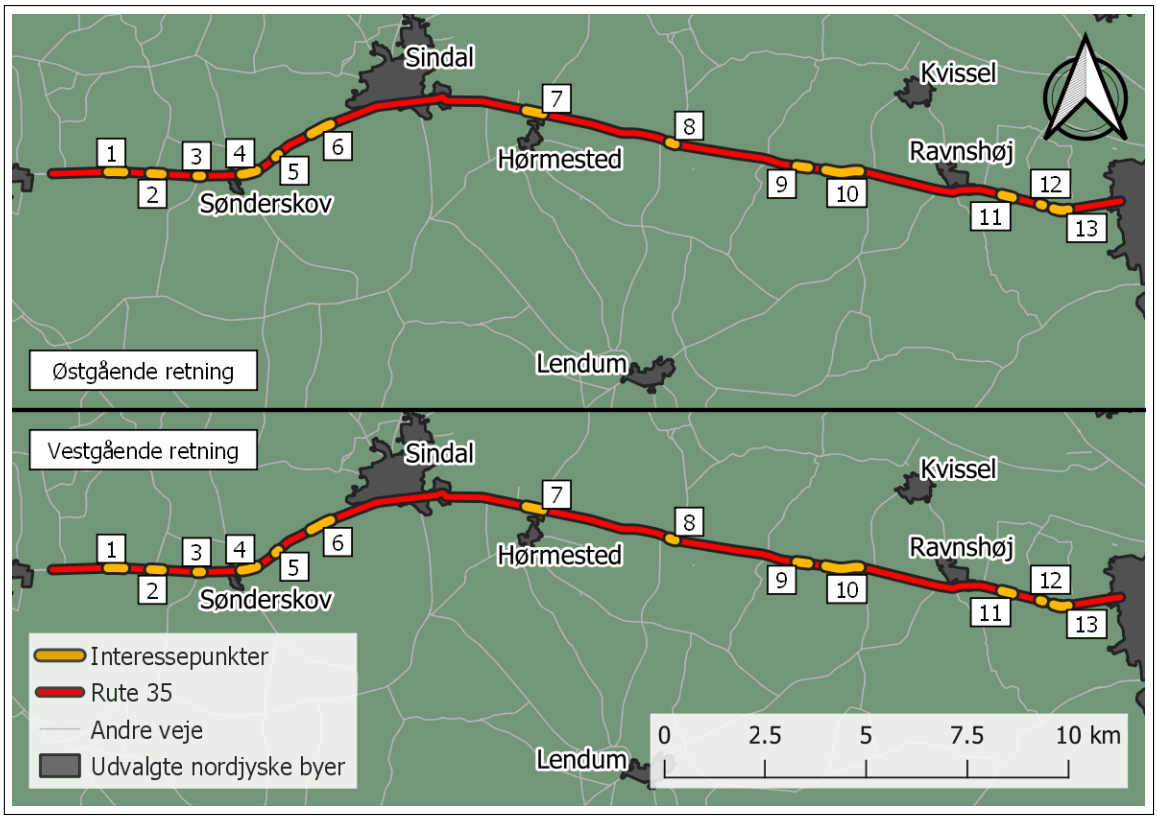
Tabel 6.1: Antal ture og unikke køretøjer på rute 35.

Fra projektets start var det en klar forventning, at der ville være en sådan sammenhæng mellem dag og nat, men at den er så markant må siges, at være yderst bemærkelsesværdigt. Ydermere er det interessant, at en så klar sammenhæng aldrig før er blevet opdaget og undersøgt. En sådan sammenhæng må jo om noget antyde en ensartet trafikantadfærd mellem dag og nat, og anomalier i denne sammenhæng må derfor betyde, at der er forhold som får trafikanternes adfærd til at ændre sig. Forhold som netop kan være med til at forbedre trafiksikkerheden, hvis trafikanterne gøres opmærksomme på dem.

Det er derfor forsøgt at udpege disse forhold, ved at undersøge interessepunkter på hastighedsprofilerne. Interessepunkter udvælges som der, hvor hastighedskurven om dagen og/eller om natten har et markant udsving, eller hvor hastighedsforskellen overstiger dets 85 %-fraktil på 4,8 km/t. De udvalgte interessepunkter ses på figur 6.3 på den følgende side, og på figur 6.4 på side 45 ses deres placering på vejens linjeføring.



Figur 6.3: Hastighedsprofil med indlagt interessepunkter for rute 35 i øst- og vestgående retning.



Figur 6.4: Interessepunkter for rute 35 i øst- og vestgående retning.

Som det ses af figurerne er der i alt udpeget 24 interessepunkter på rute 35, hhv. 13 i østgående retning og 11 i vestgående retning. Alle interessepunkter beskrives i bilag E, mens kun de mest interessante, hvor det formodes at tiltag kan have en forbedrende effekt på trafiksikkerheden, beskrives herunder.

Interessepunkt 2 og 23:

Figur 6.5: Interessepunkt 2 på rute 35.

Figur 6.6: Interessepunkt 23 på rute 35.

Ved interessepunkt 2, som ses på figur 6.5, kommer der en sekundærvej til Astrup på venstre side af rute 35. Her sætter bilisterne hastigheden ned, hvilket ses af figur 6.3, så den om dagen endda kommer ned under hastighedsgrænsen. Det sker muligvis, fordi trafikken stuver op i køresporet, når en bilist skal foretage et venstresving.
Ved interessepunkt 23 er det den samme situation som ved interessepunkt 2, blot i modsatte retning.

Dette kan potentielt føre til farlige situationer og uheld, med risiko for bl.a. bagendekolisioner. Problemet kan sandsynligvis løses ved etablering af et kanaliseringsanlæg.

Interessepunkt 8 og 18:

Figur 6.7: Interessepunkt 8 på rute 35.

Figur 6.8: Interessepunkt 18 på rute 35.

Ved interessepunkt 8, som ses på figur 6.7, kommer der en zone med trafiksanering i form af nedskiltet hastighedsbegrænsning til 70 km/t. Datagrundlaget for rute 35 stammer udelukkende fra perioden inden denne trafiksanering er opsat, hvilket er nærmere beskrevet i afsnit 5.1. Her sætter bilisterne alligevel hastigheden markant ned, hvilket ses af figur 6.3, og specielt om dagen, hvor hastigheden endda kommer ned under den daværende gældende hastighedsgrænse. Det sker sandsynligvis i forbindelse med den sekundærvej til Tolne på venstre side af rute 35, som kommer inde i 70 km/t-zonen [Feddern et al., 2019].
Ved interessepunkt 18 er det den samme situation som ved interessepunkt 8, blot i modsatte retning.

De potentielle problemer er muligvis blevet håndteret efter etableringen af 70 km/t-zonen, men selv inden trafiksaneringen blev etableret ville lokaliteten altså være blevet udpeget med metoden, hvilket må være en stor verificering af metoden.

Interessepunkt 12 og 15:

Figur 6.9: Interessepunkt 12 på rute 35.

Figur 6.10: Interessepunkt 15 på rute 35.

Ved interessepunkt 12, som ses på figur 6.9, kommer der en sekundærvej til Elling på venstre side af rute 35, og en sidevej på højre side af rute 35. Her sætter bilisterne hastigheden ned, hvilket ses af figur 6.3, og det sker hurtigere om dagen end om natten, så den om dagen endda kommer ned under hastighedsgrænsen. Det sker muligvis, fordi trafikken stuver op i køresporet, når en bilist skal foretage et sving.

Ved starten af interessepunkt 15 er det den samme situation som ved interessepunkt 12, blot i modsatte retning.

Dette kan potentielt føre til farlige situationer og uheld, med risiko for bl.a. bagendekolisioner. Problemet kan sandsynligvis løses ved etablering af kanaliseringsanlæg.

Interessepunkt 13 og 14:

Figur 6.11: Interessepunkt 13 på rute 35.

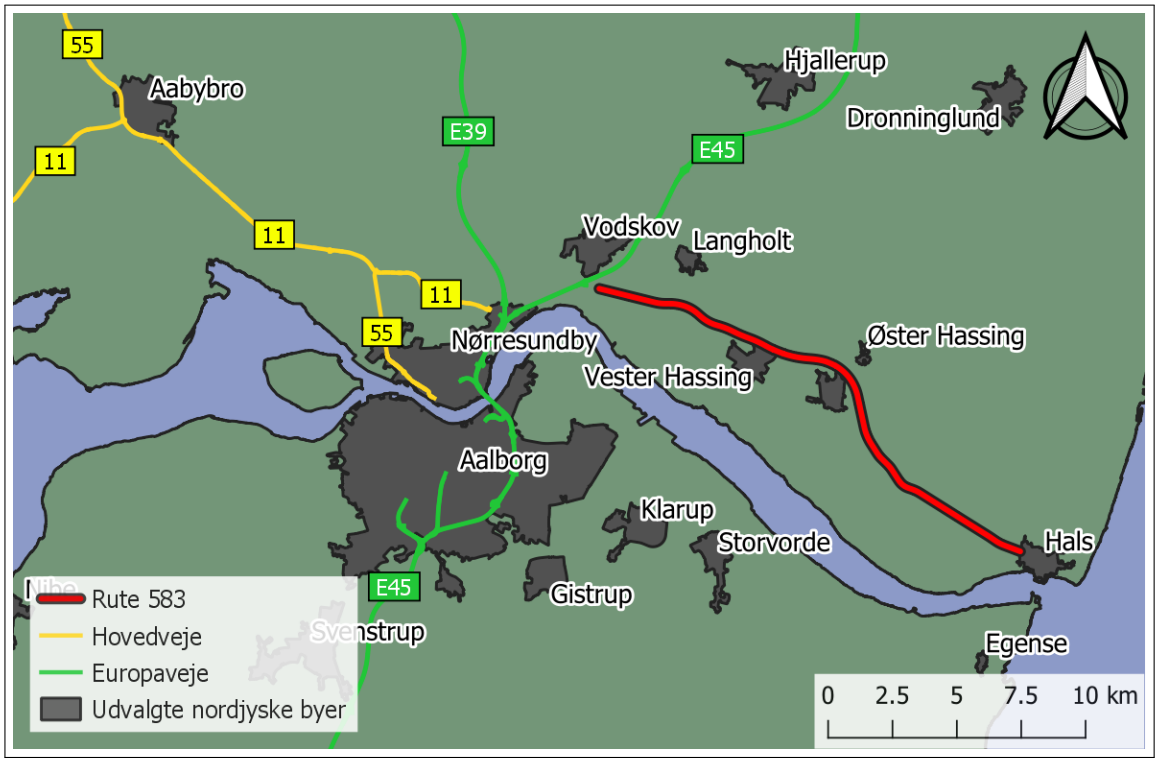
Figur 6.12: Interessepunkt 14 på rute 35.

Ved interessepunkt 13, som ses på figur 6.11, kommer der et forholdsvist kraftigt venstresving. Her sætter bilisterne hastigheden markant ned, hvilket ses af figur 6.3, så den både om dagen og om natten kommer ned under hastighedsgrænsen. Det skyldes sandsynligvis det kraftige sving.
Ved interessepunkt 14 er det den samme situation som ved interessepunkt 13, blot i modsatte retning.

Retningspilene i kørebanens yderside hjælper helt sikkert på at gøre bilisterne opmærksomme på svinget, men med tanke på at hastigheden, specielt om natten, falder så kraftigt, så gør de måske ikke nok.

6.2 Rute 583

Lige nord for den østligste del af Limfjorden ligger den godt 22 kilometer lange rute 583, hvis placering og linjeføring ses af figur 6.13. Vejen er, på trods af sin status som sekundærrute, en betydende gennemgående vej i denne del af Nordjylland, og er den mest direkte rute mellem Vodskov og Hals.



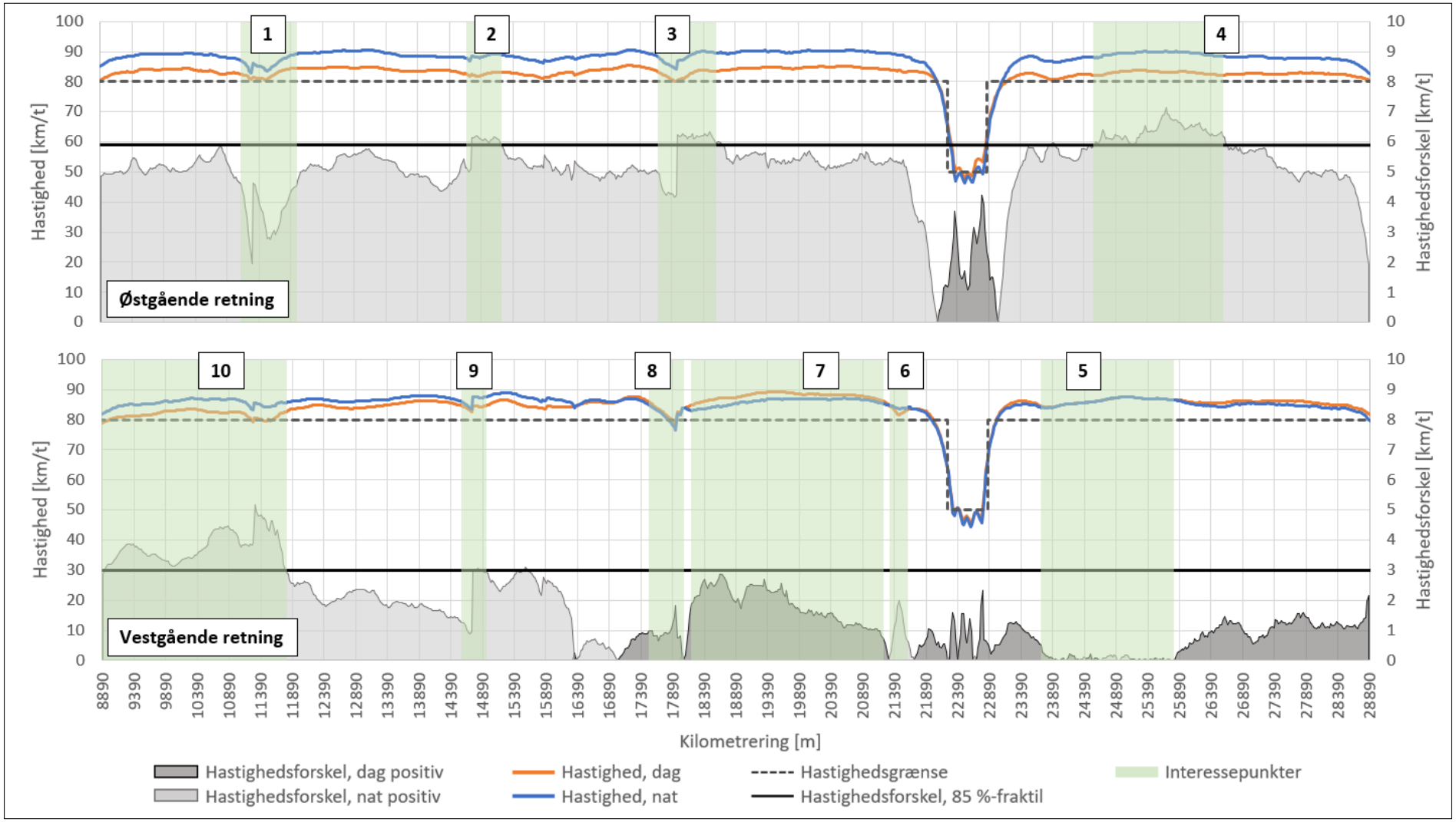
Figur 6.13: Placering og linjeføring af rute 583.

Selvom rute 583 ikke har status som hovedvej, har den et udseende, hvilket kan ses af figur 6.14, der minder meget om rute 35. Vejens tværprofil er grundlæggende opbygget med 3,5 meter kørespor, samt skillerabat og cykelsti eller bred kantbane, og er udstyret med midterlinje, kantlinjer, kantpæle og skiltning. Vejen er overordnet i en udmærket stand, men generelt er afstribningen slidt, og mange steder er vejen præget af reparationsløsninger med bl.a. asfaltlapper og revneforseglinger.

Figur 6.14: Typisk udseende af tværprofil på rute 583.

Rute 583 betjener dagligt store trafikmængder, hvilke i 2018 løb op i en opregnet og fremskrevet ÅDT på hele 10.183 motorkøretøjer. Trafikmængden er ganske vist fremskrevet ud fra trafiktællinger helt tilbage fra 2006, men virker ikke urealistisk, med tanke på at trafikmængden dengang blev talt og opregnet til en ÅDT på 9.138 motorkøretøjer. [Vejdirektoratet, 2006a] Denne trafikmængden er ganske vist meget høj, men som tidligere beskrevet sikres free-flow hastigheder, hvis trafikmængden er lavere end 1.000 biler pr. time pr. kørespor [Schroeder, 2016], og det er den eftersom den beregnede ÅDT er for begge retninger.

På samme måde som med rute 35 er der opstillet hastighedsprofiler for rute 583, der med indlagte interessepunkter ses på figur 6.15 på den følgende side.



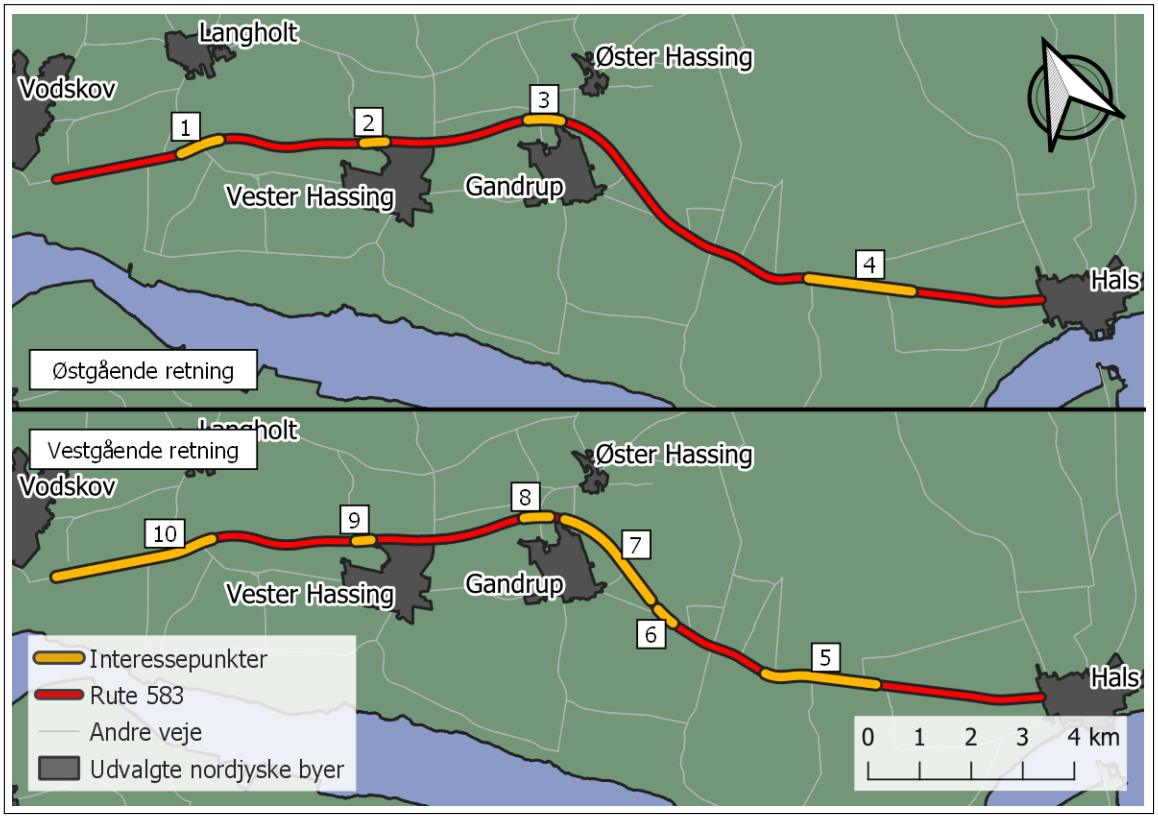
Figur 6.15: Hastighedsprofil med indlagt interessepunkter for rute 583 i øst- og vestgående retning.

Udseendesmæssigt minder rute 35 og rute 583 meget om hinanden, og derfor skulle deres hastighedsprofiler gerne vise nogenlunde det samme, hvis den udviklede metode skal verificeres. Af hastighedsprofilerne på figur 6.15 ses det tydeligt, at hastighedskurverne for dag og nat bevæger sig ensartet, fuldstændig som for rute 35. Igen er hastigheden væsentligt højere om natten end om dagen (p-værdi = $2{,}07 \cdot 10^{-30}$). Hastighedsforskellen varierer lidt mere end den gjorde på rute 35, her med en maksimal værdi på omkring 7 km/t, men ligger meget mere konstant omkring dens gennemsnit på 5,5 km/t. Ud fra det store antal af ture og unikke køretøjer, som ses i tabel 6.2, vurderes der at være stor statistisk sikkerhed i resultaterne.

	Dag		Nat		Samlet
	Mod øst	Mod vest	Mod øst	Mod vest	
Ture	17.927	19.182	6.295	4.846	48.252
Unikke køretøjer	339	310	202	241	351

Tabel 6.2: Antal ture og unikke køretøjer på rute 583.

Der blev i alt udpeget 10 interessepunkter på rute 583, hhv. 4 i østgående retning og 6 i vestgående retning, og deres placering på vejens linjeføring ses af figur 6.16. Under figuren gennemgås de interessepunkter hvor det formodes at tiltag kan have en forbedrende effekt på trafiksikkerheden, mens alle interessepunkter er beskrevet i bilag E.



Figur 6.16: Interessepunkter for rute 583 i øst- og vestgående retning.

Interessepunkt 2 og 9:

Figur 6.17: Interessepunkt 2 på rute 583.

Figur 6.18: Interessepunkt 9 på rute 583.

Ved interessepunkt 2, som ses på figur 6.17, kommer der en sidevej på venstre side af rute 583, og en sekundærvej til Vester Hassing på højre side. Svinget til Vester Hassing er udført som et kanaliseringsanlæg. Som det ses af figur 6.15, sætter bilisterne hastigheden ned inden svingene, hvilket sker hurtigere om dagen end om natten, og op efter svingene, hvilket sker hurtigere om natten end om dagen. Om natten sker opbremsningen ret pludseligt. Det sker muligvis, fordi bilisterne ikke kan orientere sig så godt i mørket, og derfor bliver i tvivl om, hvornår sekundærvejene kommer.
Ved interessepunkt 9, som ses på figur 6.18, er det den samme situation som ved interessepunkt 2, blot i modsatte retning. Fra denne retning er sidevejen udført som et kanaliseringsanlæg. Om natten sker opbremsningen meget pludseligt, hvilket ses af figur 6.15. Det sker muligvis, fordi bilisterne ikke kan orientere sig så godt i mørket, og derfor bliver i tvivl om, hvornår sekundærvejene kommer.

Når opbremsninger sker meget pludseligt kan de potentielt føre til farlige situationer og uheld, med risiko for bl.a. bagendekolisioner. Problemet er allerede forsøgt afhjulpet med kanaliseringsanlæg, men med så pludselige opbremsninger om natten, er det muligvis ikke nok.

Interessepunkt 3 og 8:

Figur 6.19: Interessepunkt 3 på rute 583.

Figur 6.20: Interessepunkt 8 på rute 583.

Ved interessepunkt 3, som ses på figur 6.19, kommer der en sekundærvej til Øster Hassing på venstre side af rute 583, og en sekundærvej til Gandrup på højre side. Begge sving er udført som kanaliseringsanlæg. Som det ses af figur 6.15, sætter bilisterne hastigheden ned

inden svingene, og op efter svingene, hvilket sker meget pludseligt om natten. Det sker muligvis, fordi bilisterne ikke kan orientere sig så godt i mørket, og derfor bliver i tvivl om vejudformningen ved svingene, og efterfølgende accelererer kraftigt for at komme op i fart. Ved interessepunkt 8, som ses på figur 6.20, er det den samme situation som ved interessepunkt 3, blot i modsatte retning. Fra denne retning er begge sving ligeledes udført som kanaliseringsanlæg. Som det ses af figur 6.15, sker opbremsningen her meget pludseligt både om dagen og om natten, hvilket muligvis skyldes, at svingene kommer ret pludseligt efter en lang horisontalkurve.

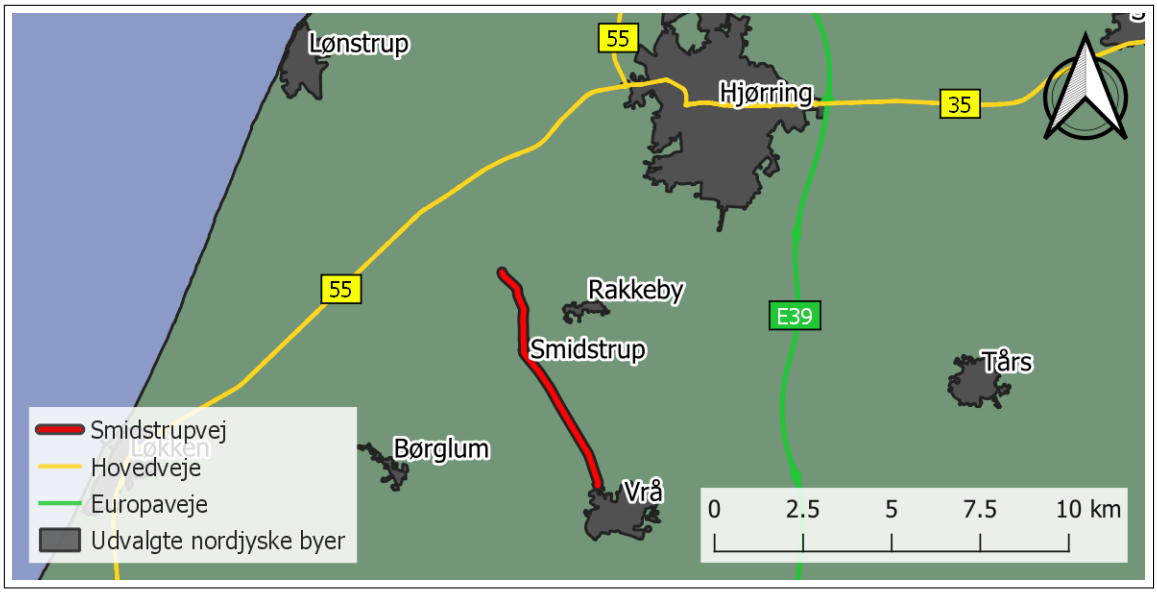
Igen er der tale om opbremsninger, som sker meget pludseligt, hvilket potentielt kan føre til farlige situationer og uheld, med risiko for bl.a. bagendekolisioner. Problemet er allerede forsøgt afhjulpet med kanaliseringsanlæg, men med så pludselige opbremsninger, er det muligvis ikke nok.

Sammenfatning
Analysen af rute 35 og rute 583 viser, at trafikanternes adfærd i særdeleshed lever op til hypotesens krav, hvorfor det vurderes, at rute 35 og rute 583 er selvforklarende. Metoden har i den grad vist sig anvendelig til udpegning af grå delstrækninger på rute 35 og rute 583, hvorfor det yderligere vurderes, at den til fulde kan anvendes på disse vejtyper.

For også at vurdere dens anvendelighed på andre vejtyper, anvendes den på en vejstrækning med et helt anderledes udseende.

6.3 Smidstrupvej

Smidstrupvej er en knap 7 kilometer lang landevej, beliggende i den nordvestlige del af Nordjylland, omkring 10 kilometer syd for Hjørring, og dens placering og linjeføring ses af figur 6.21. Smidstrupvej udgør ca. halvdelen af den mest direkte rute mellem den lille nordjyske stationsby; Vrå, og en af mest kendte nordjyske feriebyer; Lønstrup.

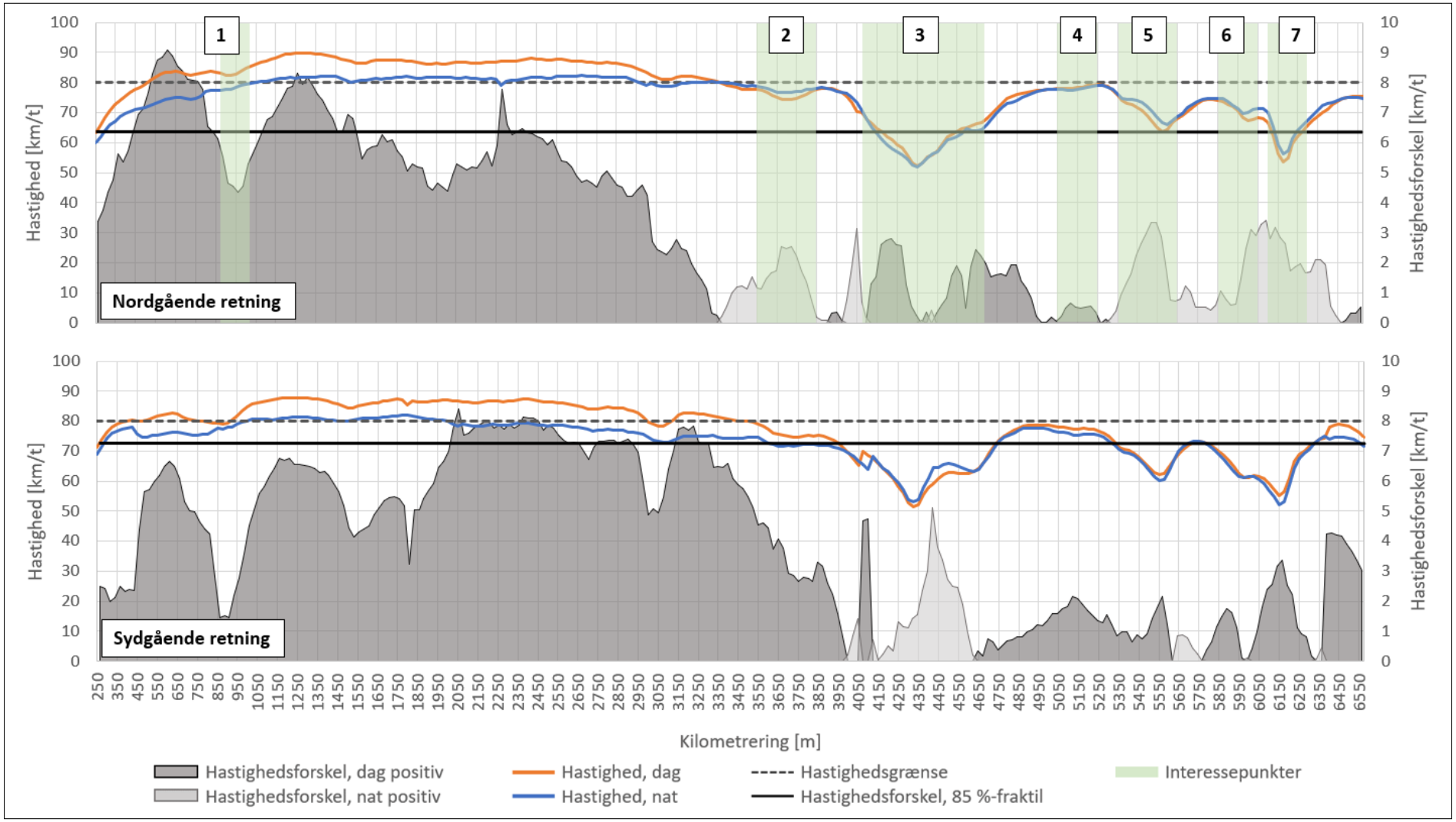


Figur 6.21: Placering og linjeføring af Smidstrupvej.

Smidstrupvej er en meget lille landevej, men på trods af det bærer dens udseende, som ses af figur 6.22, præg af, at vejen er i forholdsvis god stand. Den mangler dog helt grundlæggende afstribning og kantpæle langs hele vejen. Vejens tværprofil er grundlæggende opbygget med en samlet vejbredde på 5,5 - 6 meter, med en sand/grus-rabat på 0,5 meter i hver vejside. Trafikmængden på Smidstrupvej løb i 2018 op i en opregnet ÅDT på 1.127 motorkøretøjer [Vejdirektoratet, 2018c].

Figur 6.22: Typisk udseende af tværprofil på Smidstrupvej.

Også for Smidstrupvej er der opstillet hastighedsprofiler, der med indlagte interessepunkter ses på figur 6.23 på næste side.



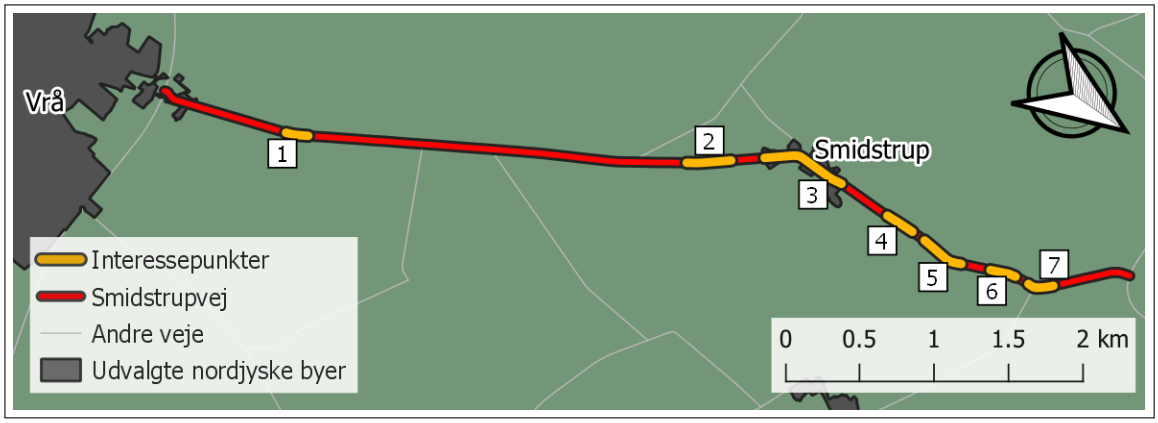
Figur 6.23: Hastighedsprofil med indlagt interessepunkter for Smidstrupvej i nord- og sydgående retning.

Af hastighedsprofilerne på figur 6.23 ses det tydeligt, at trafikanternes adfærd er helt anderledes på Smidstrupvej, end den er på rute 35 og rute 583. Igen er der en væsentlig forskel i hastighederne (p-værdi = 3,08 $\cdot 10^{-9}$), men modsat de to andre vejstrækninger, så kører trafikanterne på Smidstrupvej grundlæggende hurtigst om dagen. Specielt på den sydlige halvdel af vejstrækningen er denne hastighedsforskel meget markant, og den varierer meget, med en maksimal forskel på godt 9 km/t og et gennemsnit på 5,6 km/t. På den nordlige halvdel af vejstrækningen ligger hastighedskurverne meget ens, med en gennemsnitlig forskel på kun 1,3 km/t, men samtidig kører bilisterne væsentligt under hastighedsgrænsen både om dagen og natten. Datagrundlaget for Smidstrupvej er mindre end for rute 35 og rute 583, hvilket fremgår af tabel 6.3, men ikke desto mindre vurderes det, at antallet af ture og unikke køretøjer er højt nok til, at der er statistisk sikkerhed i resultaterne.

	Dag		Nat		Samlet
	Mod øst	Mod vest	Mod øst	Mod vest	
Ture	2.218	1.856	458	341	4.873
Unikke køretøjer	104	108	54	35	133

Tabel 6.3: Antal ture og unikke køretøjer på Smidstrupvej.

Der blev i alt udpeget 7 interessepunkter på Smidstrupvej. For samtlige interessepunkter er det tilfældet, at de både er i nord- og sydgående retning, hvorfor deres placering kun er illustreret på vejens linjeføring i nordgående retning, hvilket ses af figur 6.24. Under figuren gennemgås de interessepunkter hvor det formodes at tiltag kan have en forbedrende effekt på trafiksikkerheden, mens alle interessepunkter er beskrevet i bilag E.



Figur 6.24: Interessepunkter for Smidstrupvej i nordgående retning.

Sydlige halvdel af vejstrækning:
Generelt kører bilisterne hurtigere om dagen end om natten på den sydlige halvdel af Smidstrupvej. Dette skyldes sandsynligvis vejens meget smalle tværprofil og mangel på afstribning og kantpæle. Disse forhold gør, at det især om natten er meget svært at orientere sig på vejen, hvorfor det kan være meget svært at køre stærkt. Om dagen er der selvfølgelig de samme forhold, men her gør dagslyset det trods alt muligt at orientere sig.

Interessepunkt 3:

Figur 6.25: Interessepunkt 3 på Smidstrupvej.

Ved interessepunkt 3, som ses på figur 6.25, kører bilisterne ind i Smidstrup, og dermed en 50 km/t-zone. Denne zone fremgår ikke af vejman.dk, hvorfor den ikke er indtegnet på hastighedsprofilerne for Smidstrupvej. Her sænker bilisterne hastigheden, hvilket ses af figur 6.23. Det er meget naturligt, eftersom de kører ind i en byzone.

Nordlige halvdel af vejstrækning:
På den nordlige halvdel af Smidstrupvej kører bilisterne generelt lige hurtigt om dagen og om natten. Igen vurderes det, at dette sandsynligvis skyldes vejens meget smalle tværprofil og mangel på afstribning og kantpæle. I modsætning til den sydlige halvdel kombineres disse forhold desuden med mange skarpe horisontal- og vertikalkurver på den nordlige halvdel.

Interessepunkt 5:

Figur 6.26: Interessepunkt 5 på Smidstrupvej.

Ved interessepunkt 5, som ses på figur 6.26, møder bilisterne først en A31 advarselstavle, som advarer om, at vejen kan være unormalt glat. Normalt skal årsagen angives på en undertavle, men det er den altså ikke blevet her. Det havde måske været mere nærliggende med en A41,2 advarselstavle, der advarer om et skarpt venstresving, hvilket netop er hvad der efterfølgende møder bilisterne. Her sætter bilisterne, over to omgange, hastigheden ned til langt under hastighedsgrænsen, muligvis som følge af først A31 advarselstavlen, siden det skarpe venstresving.

Ofte forventer bilister, at en A31 advarselstavle eksempelvis skal følges i regnvejr, hvor

netop det våde element er med til at gøre vejen glat. Advarselstavlen har indflydelse på hastigheden, men eftersom hastigheden bliver sat markant længere ned efter tavlen, har den sandsynligvis ikke den ønskede effekt.

Sammenfatning
Analysen af Smidstrupvej viser, at trafikanternes adfærd ikke just lever op til hypotesens krav, hvorfor det vurderes, at Smidstrupvej ikke er selvforklarende. Metoden har dog også på Smidstrupvej vist sig yderst anvendelig til udpegning af grå delstrækninger, hvorfor det alligevel vurderes, at den også på denne vejtype kan anvendes.

Færdig metode 7

Eftersom det samlet set er vurderet, at metoden har vist sig anvendelig til bestemmelse af, i hvor høj grad en vej er selvforklarende, samt til udpegning af grå delstrækninger, samles SQL-forespørgslerne fra kapitel 5 her i kapitlet. Dermed er den færdige metode opstillet.

7.1 Første SQL-forespørgsel

Formålet med den første SQL-forespørgsel er, at trække data ud af ITS serveren og oprette en tabel med alle datapunkter indeholdt i polygon omkring vejen.

```
1  CREATE TABLE rute_35_data AS
2  SELECT id, boks_id, dato, tid, gps_position, hastighed, retning
3  FROM its.server
4  WHERE
5      ST_WITHIN(ST_TRANSFORM(gps_position, 4326),
6      ST_SETSRID(ST_GEOMFROMTEXT(
7          'Polygon((
8          10.04708345319654583 57.45156777069819753,
9          10.05075227935978255 57.48098028545561533,
10         10.50006827629137973 57.4632371774232098,
11         10.50047234946173091 57.43861002945278926,
12         10.04708345319654583 57.45156777069819753))'), 4326))
13 ORDER BY boks_id ASC, dato ASC, tid ASC
```

7.2 Anden SQL-forespørgsel

Formålet med den anden SQL-forespørgsel er, at konvertere data til ønskede enheder, at opdele alle datapunkterne, først i dag og nat, siden i ture, og at frasortere alle dataregistreringer med fejl.

```
1  CREATE TABLE rute_35_ture AS
2  WITH
3         t1 AS (
4                SELECT
5                       *,
6                       hastighed * 3.6 AS hastighed_kmt,
7                       (dato || ' ' || tid)::TIMESTAMP AS datotid,
8                       CASE
9                              WHEN tid BETWEEN '08:00:00' AND '14:00:00' THEN 1
10                             WHEN tid NOT BETWEEN '06:00:00' AND '20:00:00' THEN 2
11                      END AS dagnat
12               FROM rute_35_data
13               WHERE hastighed IS NOT NULL AND hastighed <> 0 AND retning IS NOT NULL AND retning
                      <> 0
14               ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC
15        ),
16        t2 AS (
17               SELECT
18                      t1.*,
19                      LAG(boks_id) OVER (ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC) AS
                            prev_boks_id,
```

```
20                      LAG(datotid) OVER (ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC) AS
                            prev_datotid
21              FROM t1
22              WHERE dagnat IS NOT NULL
23              ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC
24      ),
25      t3 AS (
26              SELECT
27                      t2.*,
28                      CASE
29                              WHEN boks_id = prev_boks_id
30                              AND datotid - prev_datotid < '2 minutes'::INTERVAL
31                              THEN 0
32                              ELSE 1
33                      END AS ny_tur
34              FROM t2
35              ORDER BY dagnat ASC, boks_id ASC, datotid ASC
36      ),
37      t4 AS (
38              SELECT
39                      id,
40                      boks_id,
41                      datotid,
42                      pos,
43                      hastighed_kmt,
44                      retning,
45                      dagnat,
46                      SUM(ny_tur) OVER (ORDER BY boks_id ASC, datotid ASC) AS tur_id
47              FROM t3
48              ORDER BY tur_id ASC, datotid ASC
49      ),
50      t5 AS (
51              SELECT
52                      tur_id,
53                      AVG(retning) AS avg_retning
54              FROM t4
55              GROUP BY tur_id
56      )
57  SELECT
58      t4.*,
59      t5.avg_tur_id
60  FROM t4
61  INNER JOIN t5
62  ON t4.tur_id = t5.tur_id
63  ORDER BY tur_id ASC, datotid ASC
```

7.3 Tredje SQL-forespørgsel

Formålet med den tredje SQL-forespørgsel er, at beregne tilhørsforholdet mellem vejpunkterne med 1 meters afstand og vejpunkt-grupperne med 25 meters afstand. Som nævnt i afsnit 5.3 skal tabellen "rute_35_vejpunkter"være importeret i PostgreSQL, før disse ændringer i tabellen kan foretages.

```
1  ALTER TABLE rute_35_vejpunkter ADD COLUMN vej_punkt_gruppe BIGINT;
2  UPDATE rute_35_vejpunkter SET vej_punkt_gruppe = ROUND((vej_punkt_id * 1.0) / 25, 0) * 25
```

7.4 Fjerde SQL-forespørgsel

Formålet med den fjerde SQL-forespørgsel er, at map matche datapunkterne til det nærmeste vejpunkt, at frasortere datapunkterne ved sving og at beregne en gennemsnitshastighed i hvert vejpunkt-gruppe. Forespørgslen udføres for hhv. dag og nat i hver kørselsretning, altså derved over fire omgange, hvor værdierne i række 1, 16 og 17 rettes til hver gang. Række 18 er specifik for rute 35, og skyldes den tidligere omtalte trafiksanering 7 kilometer øst for Sindal.

```
1  CREATE TABLE rute_35_dag_ost AS
2  WITH
3         t1 AS (
4                SELECT
5                       rute_35_vejpunkter.vej_punkt_id AS vej_punkt_id,
6                       rute_35_vejpunkter.vej_punkt_gruppe AS vej_punkt_gruppe,
7                       rute_35_ture.hastighed_kmt AS hastighed_kmt,
8                       rute_35_ture.dagnat AS dagnat,
9                       rute_35_ture.tur_id AS tur_id,
10                      rute_35_ture.avg_retning AS avg_retning,
11     ST_DISTANCE(rute_35_vejpunkter.geom, rute_35_ture.pos) AS afstand
12               FROM rute_35_vejpunkter
13               INNER JOIN rute_35_ture
14               ON ST_CONTAINS(ST_ENVELOPE(ST_BUFFER(rute_35_vejpunkter.geom,15)), rute_35_ture.pos)
15               WHERE
16                      rute_35_ture.avg_retning BETWEEN 0 AND 180 AND
17                      rute_35_ture.dagnat = 1 AND
18                      rute_35_ture.datotid < '2014-09-01 00:00:00'
19               ORDER BY vej_punkt_id ASC, tur_id ASC
20        ),
21        t2 AS (
22               SELECT
23                      vej_punkt_gruppe,
24                      tur_id,
25                      (ARRAY_AGG(hastighed_kmt ORDER BY afstand ASC))[1] AS kort_hast,
26                      CASE
27                             WHEN LAG(tur_id, 10) OVER (ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC)
                                   <> tur_id
28                             OR LAG(tur_id, 10) OVER (ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC) IS
                                   NULL
29                             THEN 0
30                             ELSE 1
31                      END AS sving_tilbage,
32                      CASE
33                             WHEN LEAD(tur_id, 10) OVER (ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC)
                                   <> tur_id
34                             OR LEAD(tur_id, 10) OVER (ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC)
                                   IS NULL
35                             THEN 0
36                             ELSE 1
37                      END AS sving_frem
38               FROM t1
39               GROUP BY tur_id, vej_punkt_gruppe
40               ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC
41        ),
42        t3 AS (
43               SELECT
44                      vej_punkt_gruppe,
45                      tur_id,
46                      kort_hast
47               FROM t2
48               WHERE sving_tilbage + sving_frem = 2
```

```
49                ORDER BY tur_id ASC, vej_punkt_gruppe ASC
50        )
51 SELECT
52        vej_punkt_gruppe,
53        AVG(kort_hast) AS gns_hast
54 FROM t3
55 GROUP BY vej_punkt_gruppe
56 ORDER BY vej_punkt_gruppe ASC
```

7.5 SQL-forespørgslernes tidsforbrug

SQL-forespørgsler med så store datamængder er meget ressourcekrævende og tager lang tid at gennemkøre. For at formindske tidsforbruget kan det være en fordel at indeksere attributterne i databasen. En indeksering af attributterne gør, at PostgreSQL får meget lettere ved at slå op i tabellerne, og derved kan frembringe informationen meget hurtigere. Det skal dog vurderes i hvilket omfang det er nødvendigt at indeksere attributterne, og for hvilke det overhovedet er nødvendigt, da indekseringen i sig selv tager meget tid.

I tabel 7.1 er SQL-forespørgslernes tidsforbrug ved rute 35 vist, hvor der er foretaget indeksering på de attributter, som det vurderes at PostgreSQL slår mest op. Der er dog ikke foretaget indeksering ved forespørgsel 1, da der her kun slås op i ITS serveren, og den har der ikke været tilladelse til at foretage ændringer i i projektet.

SQL-forespørgsel	Tidsforbrug
Forespørgsel 1	53 minutter
Forespørgsel 2	14 minutter
Forespørgsel 3	$<$ 1 minut
Forespørgsel 4	
- Dag, mod øst	1 timer og 41 minutter
- Dag, mod vest	2 time og 6 minutter
- Nat, mod øst:	29 minutter
- Nat, mod vest:	35 minutter

Tabel 7.1: Tidsforbrug ved SQL-forespørgsler for rute 35.

Diskussion 8

Igennem udarbejdelsen af indeværende projekt er der undervejs dukket emner op, som i forbindelse med projektet har skabt en undring. Emnerne beskrives og diskuteres i dette kapitel.

8.1 Bivirkninger ved Den Selvforklarende Vej

Med udgangspunkt i definitionen for Den Selvforklarende Vej, er den umiddelbare og indlysende tanke, at det selvfølgelig vil være en fordel og en stor trafiksikkerhedsmæmmig forbedring, hvis alle veje var indrettet efter dette princip. Det har bestemt også været tankegangen igennem projektet, og en tankegang der udelukkende er blevet forstærket igennem arbejdet med begrebet. Alligevel overvejes muligheden for, at hvis alle veje var selvforklarende, så ville det muligvis medføre flere uheld. Tanken med Den Selvforklarende Vej er, at trafikanterne skal kunne færdes derpå, og instinktivt vide, hvordan de skal opføre sig. Hvis denne adfærd bliver alt for instinktiv, så risikeres det muligvis, at trafikanterne mister noget af opmærksomheden og måske kommer til at køre på "auto-pilot". Derved vil trafikanterne muligvis ende i farlige situationer, som de måske ikke var endt i, hvis vejen havde været mindre selvforklarende, og de derfor var nødsagede til, at holde et vågent øje med vejforløbet. Selvfølgelig er farlige situationer og nærved-uheld aldrig en særlig rar oplevelse, men alt andet end lige, så skærper det trafikantens opmærksomhed umiddelbart efter.

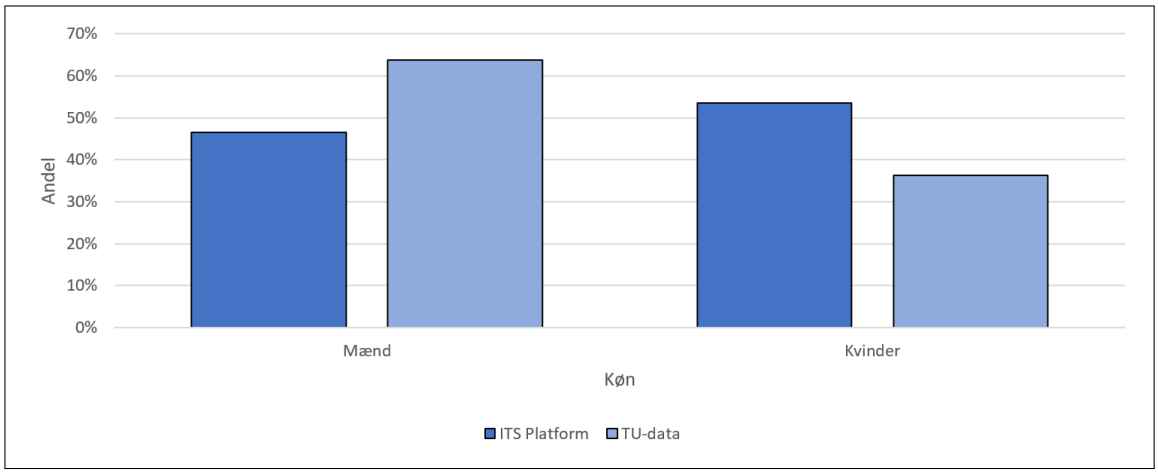
8.2 Fartpilot

Af hastighedsprofilerne, som er beskrevet i kapitel 6, var det ofte tilfældet, at hastigheden faldt når vejen gik op ad bakke og steg når den gik ned ad bakke. Dette ville sandsynligvis være undgået, hvis alle testbilisterne fra ITS Platform havde kørt med fartpilot i bilen, da den netop holder den samme hastighed uanset hvad. Dermed ville færre interessepunkter være blevet udpeget, blot som følge af deres vertikalkurver. Disse lokaliteter ville kun blive udpeget, hvis bilisterne selv satte ind og ændrede hastigheden, og i så fald ville lokaliteten have stor interesse. Desværre forsvinder den type lokalitet let i datamængden, da det hurtigt vurderes, at hastighedsændringerne blot skyldes vertikalkurven. I nyere biler er fartpilot ofte standardudstyr, hvorfor et nyere datasæt muligvis ville have givet andre resultater.

8.3 Demografi i ITS Platform

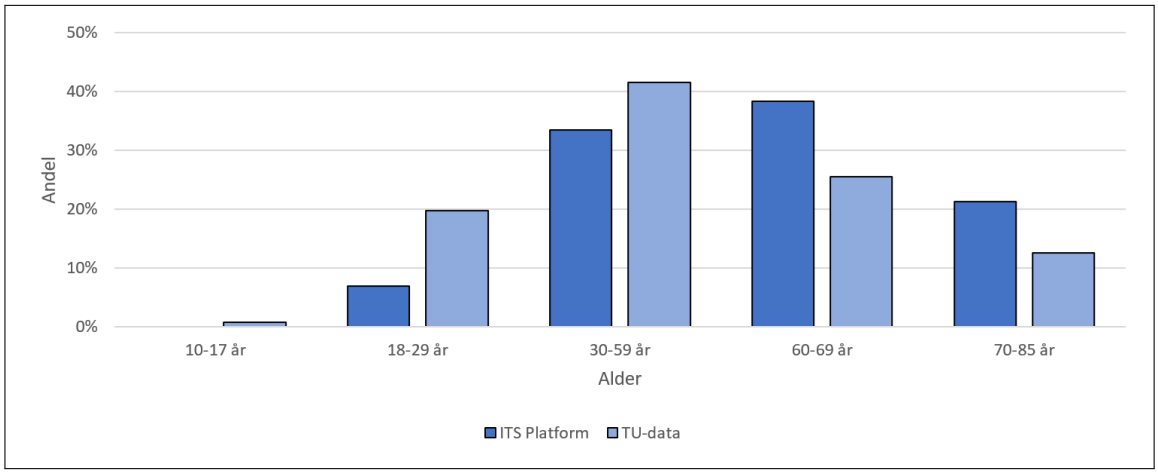
I tabel 3.3 på side 16 blev det vist, at demografien i ITS Platform blev udgjort af 62 % mænd og 36 % kvinder, og at gennemsnitsalderen for mænd var 54 år, mens den for kvinder var 55 år. Sammenlignes ITS Platform med TU-data, som det er gjort på figur

8.1 og 8.2, så ses det, at fordelingerne, om ikke fuldstændig, så i nogen grad, stemmer ret godt overens.



Figur 8.1: Andel af transportarbejdet fordelt på køn [DTU Transport, 2014b].

Det ses af figuren, at kvinderne generelt bærer en større andel af trafikarbejdet i ITS Platform end i TU-data. Det kan dog muligvis forklares med, at transportarbejdet for ITS Platform er angivet som dataregistreringer pr. person pr. dag, mens det for TU-data er angivet som kilometer pr. person pr. dag. Dermed viser grafen, at kvinderne i ITS Platform foretager flere dataregistreringer end mændene, men det hænger muligvis sammen med, at de også kører langsommere end mændene.



Figur 8.2: Andel af transportarbejdet fordelt på alder [DTU Transport, 2014a].

Aldersfordelingen i ITS Platform stemmer også meget godt overens med aldersfordelingen i TU-data. Den største forskel vurderes at være forholdet mellem de 18-29 årige og de 60-69 årige. Forskellen imellem forholdet i de to aldersgrupper skyldes formentlig, at det har været svært at lokke de unge med som testbilister i ITS Platform, mens der er større chance for, at de ældre har hørt om projektet igennem bekendte og nyheder.

Alt i alt vurderes det, at demografien i ITS Platform er forholdsvis repræsentativ, sammenlignet med den generelle fordeling i Danmark.

8.4 Metodens anvendelsesmuligheder

Metoden i projektet er udviklet på baggrund af, at hvis den vurderes at have samfundsmæssig interesse, så skal den også kunne anvendes af andre interesserede. Det må dog forventes, at de der måtte ønske at anvende metoden, i forvejen har en form for viden, og særligt interesse, indenfor det trafikale fagområde, og måske til hverdag beskæftiger sig med trafiksikkerhed. Det kunne eksempelvis være ansatte i vej- og trafikafdelinger i kommuner eller rådgivende ingeniørvirksomheder. Derudover må det forventes, at eventuelt interesserede har en nogenlunde viden indenfor programmering og databasebehandling, eller i hvert fald har lyst til at sætte sig ind i det. Det vil desuden være en fordel, hvis interesserede kan se potentialet for FCD og finder emnet interessant.

Som nævnt i afsnit 3.5.1, er ønsket om denne ret brede tilgængelighed af den færdige metode, tænkt ind i projektet helt fra starten. Det drejer sig i særdeleshed om den map matching, der er foretaget i projektet, der har været forholdsvis simpel. Projektet kunne være blevet til på baggrund af en langt mere kompleks map matching, da den i forvejen var tilgængelig i ITS Platform. Det har imidlertid ikke været ønskværdigt, da metoden også skal kunne bruges af interesserede, for hvem et i forvejen map matchet datagrundlag ikke er tilgængeligt. Det er i projektet vurderet, at denne simple map matching ikke har været et problem, fordi data i ITS Platform er indsamlet med en høj frekvens på 1 Hz. Denne simple map matching kan imidlertid blive et problem, hvis andre har data til rådighed, som er indsamlet med en lavere frekvens. Derfor vurderes det, at metoden kan udbygges til at omfatte en mere kompleks map matching. En map matching der altså skal være en del af metoden, så alle interesserede fortsat får have mulighed for at anvende den.

8.5 Resultaterne er analyseret på baggrund af forkerte forudsætninger

Der er en stor risiko for, at forholdene observeret i marken ved billedanalysen, sandsynligvis ikke er de samme som dengang testbilisterne i ITS Platform kørte på vejstrækningerne, hvilket eksempelvis var tilfældet ved trafiksaneringen på rute 35. Hvis dette er sket andre steder, eksempelvis ved kanaliseringsanlæg som er der i dag, men som ikke var der dengang, så er analysen foretaget ud fra forkerte forudsætninger. Desværre er det meget svært at finde oplysninger om vejombygninger foretaget for så relativt mange år siden. Det krævede eksempelvis mailkorrespondance med fire ansatte i Vejdirektoratet, over en periode på 18 dage, at få oplyst hvornår trafiksaneringen på rute 35 var etableret. Disse oplysninger opbevares desværre ikke i eksempelvis vejman.dk.

8.6 Kørselsretninger hver for sig eller samlet

Mange af de interessepunkter der blev udpeget i kapitel 6, blev udpeget i begge kørselsretninger på deres respektive vejstrækninger. Dette var desuden tilfældet for samtlige af de interessepunkter, hvor det blev vurderet, at tiltag kunne have en forbedrende effekt på trafiksikkerheden. For at gøre arbejdsprocessen mindre og mere overskuelig,

kunne kørselsretningerne derfor med fordel slås sammen, så hver vejstrækning kun skulle analyseres én gang.

Det vurderes alligevel, at kørselsretningerne bør analyseres hver for sig, da interessante delstrækninger ellers kan risikere at udligne hinanden. Dette kan eksempelvis ske hvis bilisterne kører hurtigere i den ene retning, fordi vejen går ned af bakke, og langsomt i den anden retning, fordi vejen går op ad bakke. Hvis retningerne var blevet analyseret samlet ville hastighederne muligvis havde udlignet hinanden og ingen af situationerne var blevet udpeget som interessante, selvom en eller begge kunne have været det.

Konklusion 9

Som det blev beskrevet i kapitel 2 er projektets formål, at undersøge hvorvidt det er muligt, at udvikle en generelt anvendelig metode, til udpegning af grå strækninger. For at kunne udpege disse grå strækninger, er det en forudsætning, at metoden kan vurdere, hvorvidt en vej er selvforklarende eller ej.

I kapitel 6 blev det først og fremmest vurderet, at metoden bestemt kan anvendes til at vurdere, hvorvidt en vejstrækning er selvforklarende eller ej. Dette blev illustreret ved hjælp af de hastighedsprofiler, som det er muligt at udvikle ved anvendelse af metoden. Hastighedsprofilerne viste i hvor høj grad vejstrækningerne var selvforklarende eller ej, ved at illustrere sammenhængen mellem hastighederne om dagen og om natten. For selvforklarende vejstrækninger var den generelle tendens, at hastighedsprofilerne viste en utrolig høj sammenhæng, at hastigheden generelt var højest om natten og at hastigheden specielt om natten lå væsentligt over hastighedsgrænsen. For ikke-selvforklarende vejstrækninger var den generelle tendens, at der var en lavere sammenhæng mellem hastighedsprofilerne, at hastigheden generelt var højest om dagen og at hastigheden lå væsentligt under hastighedsgrænsen.

Desuden blev det i kapitel 6 vurderet, at metoden har vist sig anvendelig til udpegning af grå delstrækninger på vejtyper som rute 35 og rute 583. Dette er veje af større trafikal betydning, som primærruter og hovedveje, med et bredt tværprofil, en linjeføring og længdeprofil uden for mange overraskelser og et udseende der får vejen til at fremstå selvforklarende. Derudover blev det vurderet, at metoden også har vist sig anvendelig til udpegning af grå delstrækninger på vejtyper som Smidstrupvej. Dette er veje af lille trafikal betydning, som sekundærveje og mindre landeveje, med et smalt tværprofil, en linjeføring og længdeprofil med flere overraskelser og et udseende der ikke får vejen til at fremstå selvforklarende.

Samlet kan det dermed konkluderes, at den udviklede metode bestemt kan bruges til at vurdere, i hvor høj grad en vej er selvforklarende eller ej. Desuden kan de konkluderes, at den udviklede metode i høj grad kan anvendes til at udpege grå delstrækninger.

Det skal dog bemærkes, at ved anvendelse af metoden er det vigtigt, at være opmærksom på, hvilken vejtype den anvendes på. Det skyldes at trafikanternes adfærd afhænger meget af den vejtype de færdes på, og den kan være meget forskellig fra vejtype til vejtype. Dette kommer bedst til udtryk ved hastighedsprofilerne, der som tidligere nævnt viser noget forskelligt ved selvforklarende veje og ved ikke-selvforklarende veje.

Perspektivering 10

Verden befinder sig i en tid, hvor den teknologiske udvikling sker med store skridt, og hvor *Moores lov* holder mere stik en nogensinde før. Alt hvad der var nyt i går er gammelt i dag, og hvad der er nyt i dag er for længst forældet i morgen. Med tanke på denne teknologiske udvikling og den fremtid vi går i møde, har Den Selvforklarende Vej så overhovedet nogen aktualitet?

10.1 Selvkørende biler

De selvkørende biler er på vej, det er der vist efterhånden ikke nogen tvivl om. Det er dog stadig meget uvist, hvornår de for alvor bliver en realitet. Vejdirektoratet er lidt forsigtige i deres forudsigelser, men mener, at hvis niveau 5 teknologien (fuldt automatiserede biler) bliver introduceret i 2030 og den får en hurtig indfasningsperiode, så vil andelen af selvkørende biler ramme 50 % i 2044 og 100 % i 2064. Får teknologien derimod en langsom indfasningsperiode, så vil andelen af selvkørende biler være 50 % i 2056, og først i 2078 vil den være 100 %. [Vejdirektoratet, 2018e]

Uanset hvornår de kommer, så er det værd at overveje, hvad potentialet er for Den Selvforklarende Vej. Det smarte ved selvkørende biler er jo netop, at de selv ved hvor og hvordan de skal køre, og derfor kan de egentlig være ligeglade med, om vejen er selvforklarende eller ej. Men det kan de måske alligevel ikke helt. For hvis Vejdirektoratets forudsigelser holder bare nogenlunde stik, så bliver der en meget lang mellemperiode, hvor der både kommer til at køre almindelige biler og selvkørende biler på vejene.

I denne mellemperiode kommer Den Selvforklarende Vej sandsynligvis til at kunne spille en vigtig rolle, hvor den kan fungere som en hjælp i bilernes overgang fra almindelige til selvkørende. Det vurderes, da det alt andet lige, må være lettere for en selvkørende bil at "aflæse" en selvforklarende vej end en ikke-selvforklarende vej, hvilket vil resultere i en mere behagelig køreoplevelse for bilisterne. Den metode der blev udviklet i projektet kan yderligere hjælpe bilerne i deres udvikling, eksempelvis ved at dele data om bilisternes hastighedsvalg med de selvkørende biler. Selvom bilerne kan beregne den hastighed det er forsvarligt at køre med, så vil bilisterne sandsynligvis føle der mere sikkert, hvis hastigheden som minimum ikke overstiger den de selv ville have valgt. Dermed vurderes det, at Den Selvforklarende Vej fortsat vil have et potentiale i den teknologiudvikling der venter.

Der opstår bare ofte et problemet, når mennesker opfinder ny teknologi, og det er, at de gør det med en snæver kreativitet og en uopfindsom tilgang, der ikke rækker længere end, hvordan verden allerede ser ud. Dette kendes også som *hestevogns-syndromet*, der refererer til de første biler og deres store lighedstræk med de hestevogne de skulle erstatte, hvilket kan ses på figur 10.1, der viser ligheden mellem en hestevogn og den første bil drevet af en benzin-motor, udviklet af Carl Benz i 1885 [Daimler AG, 2019].

Figur 10.1: Hestevogns-syndromet ses på ligheden mellen en hestevogn og den første bil [GettyImages, 2019; Daimler AG, 2019].

Hestevogns-syndromet kommer også til udtryk med de selvkørende biler der bliver udviklet i dag, som har store lighedstræk med almindelige biler, og faktisk ligner dem på en prik. Dette er bl.a. tilfældet med det Google-ejede firma Waymo's svar på en selvkørende bil, som ses på figur 10.2.

Figur 10.2: Google's svar på en selvkørende bil [Waymo, 2018].

I dag virker de selvkørende biler ved, at der monteres kameraer, sensorer og radarer på dem, så bilerne kan "se" vejen og de forhindringer de skal forsøge at undgå, fuldstændig ligesom mennesker gør det. Bilerne kan altså beskrives som almindelige biler med "*menneskelige sanser*". Det er for så vidt også meget godt, med tanke på, at bilerne aldrig bliver trætte som vi mennesker gør, og derfor er det sandsynligvis, når teknologien er helt på plads, mere sikkert at køre med en selvkørende bil end med et menneske bag rattet. Ikke desto mindre forventes det stadig ikke, at disse selvkørende biler bliver 100 % sikre, og derfor burde tilgangen i stedet være at give dem "*supermenneskelige sanser*", og det er der FCD kommer ind i billedet.

10.2 Potentialet for FCD

Hvis de selvkørende biler i stedet for at "se" de andre biler, ganske enkelt bare vidste hvor de var, så ville mange af de "synsproblemer" bilerne har i dag, spille en væsentligt mindre rolle. Dette er et af de helt store potentialer som der er med FCD, da det netop dækker over data indsamlet fra kørende biler. Hvis alle biler kommunikerede med hinanden, og deres lokalitetsbestemmelse skete med en stor præcision, så ville de netop altid vide hvor de andre biler var. Udover at dette ville resultere i en forbedring af trafiksikkerheden, så ville det blandt andet også gøre det nemmere at undgå kø, fordi bilerne ville vide at de andre biler holder stille, og dermed kunne foreslå en alternativ rute. Der vil dog stadig være et trafiksikkerhedsmæssigt problem, i de potentielle uheld mellem biler og fodgængere, da fodgængere næppe kan indsamle FCD. Men de kan måske alligevel gøre noget der minder om, nemlig indsamle og dele data via smartphones og andet elektronisk udstyr de måtte have på sig. Hvis denne data blev kombineret med de nuværende teknologier, så ville problemet formentlig i høj grad kunne afhjælpes.

Ikke blot indenfor trafiksikkerhed har FCD et stort potentiale, men også til smartere trafikstyring. Eksempelvis vil det være muligt at styre enkelte, og endda flere samordnede, signalreguleringer, hvis blot 5-10 % af den samlede bilflåde indsamler FCD og deler det med hinanden [Wagner et al., 2008]. Så alt i alt lover det jo om en lys fremtid. Desværre er der bare et enkelt stort problem, nemlig at bilfirmaerne desværre ikke vil dele deres data. Men det er der heldigvis løsninger for.

10.3 Saphe

Saphe er et rigtig godt eksempel på anvendelsen af FCD og dets mulighed og potentiale for datadeling imellem trafikanterne. Det er et produkt, som udstyrer bilisterne med en enhed, så problemerne med at bilfirmaerne ikke vil dele deres data helt undgås. Først og fremmest kan Saphe spare brugerne for penge, da den giver en melding ved fotovogne og stærekasser, og det er nok den største grund til at produktet er så udbredt som det er. Men derudover indsamler og deler Saphe også meget andet data, og giver brugerne besked ved bl.a. ulykker, spøgelsesbilister, vejarbejde og kø [Saphe, 2019].

Saphe har altså allerede udforsket mange af de muligheder der er for FCD og datadeling imellem biler, men med den i projektet udviklede metode kan mulighederne nå endnu et skridt.

10.4 Projektets udviklede metode

I indeværende projekt er en metode til udpegning af grå strækninger blevet udarbejdet, en metode som bygger på analyser af bilisternes kørte hastigheder. Alle disse hastighedsoplysninger ligger et firma som Saphe også inde med, så hvis metoden blev videreudviklet til at blive implementeret i alle Saphe-enheder, så ville det åbne op for muligheden, at advare brugerne når de kører ind på en sådan grå strækning. På den måde bliver brugerne mindet om, at der kan være nogle lokale forhold, som de skal være særligt opmærksomme på.

Dette vurderes at være et stort potentiale for den udviklede metode, der blot er et af de mange potentialer der er for FCD i fremtiden. Et potentiale som det forventes vil stige, i takt med den teknologiske udvikling og udviklingen af bl.a. ITS løsninger.

Litteraturliste

Aalborg Universitetsbibliotek, **2019**. Aalborg Universitetsbibliotek. *Databaser og udbydere*. `https://www.aub.aau.dk/find-materiale/databaser/`, 2019. Sidst besøgt: 17/04 2019.

Aarts og van Schagen, **2005**. Letty Aarts og Ingrid van Schagen. *Driving speed and the risk of road crashes: A review*. Institute for Road Safety Research SWOV, 2005.

Agerholm, **2012a**. Niels Agerholm. *ITS Platform - ide, projekt og status*. Vejforum, 2012.

Agerholm, **2012b**. Niels Agerholm. *ITS Platform - ide, projekt og status*. Vejforum, Sessionsindlæg, 2012.

Agerholm, **2012c**. Niels Agerholm. *Udpegning af sorte pletter ved hjælp af GPS-data*. Vejforum, 2012.

Agerholm et al., **2014**. Niels Agerholm, Harry Lahrmann, Brian Jørgensen, Anders Simonsen og Svend Tøfting. *Parkeringsapplikationen i ITS Platform - virkemåde og drift*. Trafik & Veje, Nr. 1, s. 32–35, 2014.

Ancona et al., **2014**. Silvia Ancona, Razvan Stanica og Marco Fiore. *Performance Boundaries of Massive Floating Car Data Offloading*. 11th Annual Conference on Wireless On-Demand Network Systems and Services, IEEE/IFIP WONS 2014 - Proceedings, 89–96, 2014. doi: 10.1109/WONS.2014.6814727.

Andersen, **2014**. Camilla Sloth Andersen. *Udpegning af risikolokaliteter på det tosporede vejnet i åbent land baseret på data om vejens karakteristika*. Ph.d.-afhandling, Aalborg Universitet, 2014.

Andersen et al., **2011**. Ove Andersen, Harry Lahrmann og Kristian Torp. *Hastighedskort for Danmark vha. GPS*. Trafikdage, Aalborg Universitet, 2011.

Bao og Boyle, **2007**. Shan Bao og Linda Boyle. *Braking Behavior at Rural Expressway Intersections for Younger, Middle-Aged, and Older Drivers*. Iowa State University, Mid-Continent Transportation Research Symposium - Proceedings, 2007.

Bolet, **2016**. Lars Bolet. *Hastigheder og Vejtype*. Forelæsning, Geometrisk Vejprojektering, 5. semester, Veje og Trafik, Aalborg Universitet, 2016.

Christiansen, **1998**. Irene Christiansen. *Psykologer i trafikken*. Psykolog Nyt, Nr. 2, s. 3–7, 1998.

Coogan, **2019**. Sean Coogan. *Danske bilister lever livet farligere end svenske*. DR, 2019.

COWI, **2012**. COWI. *ITS Platform Nordjylland*. Vækstforum Nordjylland, Rapportudkast, 2012.

Daimler AG, **2019**. Daimler AG. *Company History.* `https://www.daimler.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html`, 2019. Sidst besøgt: 02/05 2019.

Danmarks Statistik, **2019**. Danmarks Statistik. *Personskader i færdselsuheld indberettet af politi, skadestuer og sygehuse efter indberetter og tid.* `https://www.statistikbanken.dk/MOERKE`, 2019. Sidst besøgt: 22/05 2019.

DTU Transport, **2014a**. DTU Transport. *Faktaark om biltrafik i Danmark.* Transportvaneundersøgelsen, Faktaark for 2013, 2014.

DTU Transport, **2014b**. DTU Transport. *Transporten fordelt på køn.* Transportvaneundersøgelsen, Faktaark for 2013, 2014.

Eksler et al., **2009**. Vojtech Eksler, Marco Popolizio og Richard Allsop. *How far from Zero?* ISBN: 9789081467506, Benchmarking of road safety performance in the Nordic countries. European Transport Safety Council, Belgium, 2009.

European Commission, **2019**. European Commission. *Self explaining roads.* `https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/designing_for_road_function/self_explaining_roads_en`, 2019. Mobility and Transport, Sidst besøgt: 16/05 2019.

Feddern et al., **2019**. Mogens Feddern, Kristian Nørgaard, Bo Brassøe og René Hollen. *Ansatte i Vejdirektoratet.* Mailkorrespondance, 2019.

Fildes og Lee, **1993**. Brian Fildes og Stephen Lee. *The Speed Review: Road environment, behaviour, speed limits, enforcement and crashes.* Monash University Accident Research Centre, (ISBN: 0 642 51332 5), 1993.

Færdselssikkerhedskommissionen, **2017**. Færdselssikkerhedskommissionen. *Færdselssikkerhedskommissionens handlingsplan 2013-2020 - status 2017.* `https://faerdselssikkerhedskommissionen.dk/media/1060/kommenteret-statusnotat-praesentation-trm-2017-med-noter.pdf`, 2017. PowerPoint-præsentation, Sidst besøgt: 14/05 2019.

Færdselssikkerhedskommissionen, **2013**. Færdselssikkerhedskommissionen. *Hver ulykke er én for meget - et fælles ansvar.* ISBN: 978-87-996468-0-7, Færdselssikkerhedskommissionens nationale handlingsplan 2013-2020. Rådet for Sikker Trafik, 2013.

Geema et al., **2013**. Carl Van Geema, Suzy Charmanb, Aoife Ahernc, Anna Anundd, Leif Sjögrend, Andrea Pumbergere, Graham Graysonb og Shaun Helman. *Speed Adaption Control by Self-Explaining Roads (SPACE).* 16th Road Safety on Four Continents Conference, 2013.

GettyImages, **2019**. GettyImages. *The carriage in Athens.* `https://www.gettyimages.dk/detail/photo/the-carriage-in-athens-royalty-free-image/149039935`, 2019. Sidst besøgt: 17/05 2019.

Google Maps, **2019**. Google Maps. *Google Maps*. https://www.google.dk/maps, 2019. Sidst besøgt: 22/05 2019.

Green, **2009**. Magdalena Green. *Self-explaining Roads*. NORDIC, road and transport research, Nr. 3, 2009.

Gundstrup et al., **2006**. Dorrit Gundstrup, Bente Hansen, Gabriel Helmers, Jerrik Jensen, Kenneth Kjemtrup, Steen Lauritzen, Kai Sørensen, Jens Thordrup og Charlotte Vithen. *Variable tavler*. Færdselsregulering, Håndbog, 2006.

Hansen, **2012**. Winnie Hansen. *Sortpletarbejde – en god idé*. http://vejdirektoratet.dk/DA/vejsektor/ydelser/raadgivning-og-salg/aktuelt/Documents/Sorte%20pletter%20-%20erfaringer%20fra%20ombygninger.pdf, 2012. Kommuneworkshop, Sidst besøgt: 15/05 2019.

Hauer, **2009**. Ezra Hauer. *Speed and Safety*. Transportation Research Record, 2103, 10–17, 2009. doi: 10.3141/2103-02.

Herrstedt, **2014**. Lene Herrstedt. *Grundlaget for "Den Selvforklarende Vej"*. Trafik & Veje, Nr. 6, s. 12–15, 2014.

Houbraken et al., **2018**. Maarten Houbraken, Steven Logghe, Pieter Audenaert, Didier Colle og Mario Pickavet. *Examining the potential of Floating Car Data for Dynamic Traffic Management*. IET Intelligent Transport Systems, 12, 2018. doi: 10.1049/iet-its.2016.0230.

HVU, **2014**. HVU. *Hvorfor sker trafikulykkerne?* ISBN: 978-87-91458-33-0. Havarikommissionen for Vejtrafikulykker, 2014.

ITS Platform, **2010**. ITS Platform. *Forside*. http://www.itsplatform.dk/, 2010. Sidst besøgt: 25/04 2019.

Iversen et al., **2015**. Anton Iversen, Caroline Gotved, Henrik Kaldahl, Katrine Langer, Kristian Thomsen, Mette Jakobsen, Mette Kristensen, Winnie Hansen og Helle Huse. *Håndbog i Trafikplanlægning i byer*. Anlæg og Planlægning, 2015.

Janssen, **1994**. S.T.M.C. Janssen. *Road classification and categorization*. SWOV Institute for Road Safety Research, Annex 1, 1994.

Jensen og Tradišauskas, **2009**. Christian S. Jensen og Nerius Tradišauskas. *Map Matching*. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-0-387-39940-9_215, 2009. Sidst besøgt: 23/04 2019.

Jeske, **2013**. Tobias Jeske. *Floating Car Data from smartphones: What Google and Waze know about you and how hackers can control traffic*. Institute for Security in Distributed Applications, Hamburg University of Technology, opfølgning på Black Hat Europe, 2013.

Jørgensen, **2011**. Morten Jørgensen. *Bygennemfarters effekt på privatbilisters hastighedsvalg.* Kandidatspeciale, Aalborg Universitet, 2011.

Kjemtrup og Herrstedt, **2015**. Kenneth Kjemtrup og Lene Herrstedt. *Country Report, Denmark 2015.* 5th, 2015.

Kloeden et al., **2002**. CN Kloeden, AJ McLean og G Glonek. *Reanalysis of Travelling Speed and the Risk of Crash Involvement in Adelaide South Australia.* Australian Transport Safety Bureau, (ISBN: 0 642 25586 5), 2002.

Knudsen og Variyeswaran, **2014**. Daniel Knudsen og Kajan Variyeswaran. *Effekt af hastighedsdæmpende foranstaltninger i mindre byer via floating car data.* Kandidatspeciale, Aalborg Universitet, 2014.

Kosztolanyi-Ivan et al., **2015**. Gabriella Kosztolanyi-Ivan, Csaba Koren og Attila Borsos. *How many road categories can we distinguish?* Transportation Research Board 2016 Annual Meeting, 2015.

Lahrmann et al., **2007**. Harry Lahrmann, Niels Agerholm, Nerius Tradisauskas, Jens Juhl og Lisbeth Harms. *Spar på Farten - et forsøg med Intelligent Farttilpasning baseret på incitament (forsikringsrabat).* Trafikdage, Aalborg Universitet, 2007.

Lahrmann et al., **2013**. Harry Lahrmann, Niels Agerholm, Jens Juhl, Carsten Bech og Svend Tøfting. *The development of an open platform to test ITS solutions.* ITS Europe Congress, [TP 0183], 2013.

Lunds Tekniska Högskola, **N.D.** Lunds Tekniska Högskola. *Den svenska konfliktteknikken.* Institutionen för Teknik och samhälle, Trafik och väg, N.D.

Madsen et al., **2012**. Erik Madsen, Ulrich Bach, Elisabeth Helms, Helle Petersen, Ulrik Larsen, Kenneth Kjemtrup, Kristian Nørgaard, Marianne Rask, Carsten Møller, Stig Jeppesen, Anders Poulsen og Petra Schantz. *Planlægning af veje og stier i åbent land.* Anlæg og Planlægning, 2012.

Nielsen, **2019**. Otto Nielsen. *Analyse af trængsel og hastigheder v.h.a. GPS-data.* Center for Trafik og Transport, Danmarks Tekniske Universitet, 2019.

pgAdmin, **2019**. pgAdmin. *PostgreSQL Tools.* `https://www.pgadmin.org/`, 2019. Sidst besøgt: 21/05 2019.

PostgreSQL, **2019**. PostgreSQL. *The World's Most Advanced Open Source Relational Database.* `https://www.postgresql.org/`, 2019. Sidst besøgt: 21/05 2019.

Poulsen et al., **1999**. Lars Poulsen, Per Borges, Lars Bolet, Ejnar Hansen, Lene Herrstedt, Peder Jensen, Stig Jeppesen, Ole Kirk, Kenneth Kjemtrup, Steen Leleur, Poul Mathiassen, Birger Munch, Anders Poulsen, Adriaan Schelling og Jørgen Wümpelmann. *Veje og stier i åbent land.* Forudsætninger for den geometriske udformning, Hæfte 1, 1999.

PTV Group, **2019**. PTV Group. *Map Matching.* http://xserver.ptvgroup.com/dk/funktioner/map-matching/, 2019. Sidst besøgt: 23/04 2019.

QGIS, **2019**. QGIS. *Velkommen til QGIS projektet!* https://www.qgis.org/da/site/, 2019. Sidst besøgt: 20/05 2019.

Rambøll, **2007**. Rambøll. *C55 tavler - skiltning af den generelle hastighedsgrænse på 80 km/t*, 2007.

Rådet for Sikker Trafik, **N.D.** Rådet for Sikker Trafik. *Uopmærksomhed i trafikken.* https://www.sikkertrafik.dk/raad-og-viden/i-bil/uopmaerksomhed, N.D. Sidst besøgt: 15/05 2019.

Saphe, **2019**. Saphe. *Forside.* https://saphe.dk/, 2019. Sidst besøgt: 02/06 2019.

Schroeder, **2016**. Bastian J. Schroeder. *Highway Engineering.* ISBN: 978-0-12-801248-2, Part 5 - Traffic Operations. Butterworth-Heinemann, 2016. doi: DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801248-2.00005-8.

Stack Overflow, **2019**. Stack Overflow. *Where Developers Learn, Share & Build Careers.* https://stackoverflow.com/, 2019. Sidst besøgt: 09/05 2019.

Styrelsen for DataForsyning og Effektivisering, **2018**. Styrelsen for DataForsyning og Effektivisering. *Kortforsyningen.* https://kortforsyningen.dk/, 2018. Sidst besøgt: 22/05 2019.

Søhuus, **2012**. Peter Søhuus. *Vækstforum Nordjylland - ITS Platform Nordjylland.* COWI, Rapportudkast, 2012.

Trafik & Veje, **2019**. Trafik & Veje. *Find artikel.* http://ny.trafikogveje.dk/find-artikel-fritekst/, 2019. Sidst besøgt: 17/04 2019.

Trafikdage, **2019**. Trafikdage. *Artikelarkiv.* http://www.trafikdage.dk/arkiv/artikelarkiv/, 2019. Sidst besøgt: 17/04 2019.

Tøfting et al., **2010**. Svend Tøfting, Harry Lahrmann, Brian Jørgensen og Thomas Jensen. *ITS Platform – ny IT-platform for udvikling af intelligent trafik.* Trafik & Veje, Nr. 5, s. 38–39, 2010.

Tøfting et al., **2014**. Svend Tøfting, Harry Lahrmann, Niels Agerholm, Brian Jørgensen og Lone Johannsen. *ITS Platformen - udvikling af intelligent trafik.* Trafik & Veje, Nr. 1, s. 12–15, 2014.

van Horst og Kaptein, **1992**. Richard van Horst og Nico Kaptein. *Self-Explaining Roads*, 1992.

Vejdirektoratet, **2018a**. Vejdirektoratet. *ap-parametre til uheldsmodeller*, 2018a.

Vejdirektoratet, **2018b**. Vejdirektoratet. *Færre dræbte i trafikken i 2017 - men fortsat for mange*. http://www.vejdirektoratet.dk/DA/om-os/nyheder-og-presse/nyheder/Sider/F%C3%A6rre-dr%C3%A6bte-i-trafikken-i-2017---men-fortsat-for-mange.aspx, 2018. Sidst besøgt: 15/05 2019.

Vejdirektoratet, **2019a**. Vejdirektoratet. *Velkommen til iMastra*. https://mastra.vd.dk/mastra/nytui/main/mastra.html?v=154, 2019. Sidst besøgt: 02/06 2019.

Vejdirektoratet, **2013**. Vejdirektoratet. *Tælling - døgnoversigt*. Mastra, registreret trafik, Trafiktælling, talt i 42 dage mellem 25/02 2013 og 29/10 2013, Sted–Id: 45220200, Vejnr.: 452, km: 20/0230, 2013.

Vejdirektoratet, **2019b**. Vejdirektoratet. *Årsrapport*. Mastra, opregnede resultater, Trafiktælling, talt i 16 dage mellem 25/02 2019 og 12/03 2019, Sted–Id: 45211100, Vejnr.: 452, km: 11/0042, 2019.

Vejdirektoratet, **2006a**. Vejdirektoratet. *Årsrapport*. Mastra, opregnede resultater, Trafiktælling, talt i 40 dage mellem 25/04 2006 og 10/10 2006, Sted–Id: 50410100, Vejnr.: 800504, km: 10/0065, 2006.

Vejdirektoratet, **2018c**. Vejdirektoratet. *Årsrapport*. Mastra, opregnede resultater, Trafiktælling, talt i 7 dage mellem 04/09 2018 og 10/09 2018, Sted–Id: 29680004, Vejnr.: 8296800, km: 2/0600, 2018.

Vejdirektoratet, **2018d**. Vejdirektoratet. *Vej- og trafikteknisk ordbog*. EAN: 9788793689459. Vejregler, 2018.

Vejdirektoratet, **2018e**. Vejdirektoratet. *Selvkørende biler*. http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/temaer/Selvkoerendebiler/Sider/default.aspx, 2018. Sidst besøgt: 01/05 2019.

Vejdirektoratet, **2018f**. Vejdirektoratet. *Sorte pletter og grå strækninger*. http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/temaer/trafiksikkerhed/Sorte_pletter/Sider/default.aspx, 2018. Sidst besøgt: 15/05 2019.

Vejdirektoratet, **2018g**. Vejdirektoratet. *Statsvejnettet 2018, Oversigt over tilstand og udvikling*. ISBN: 978-87-93674-04-2. 2018.

Vejdirektoratet, **2006b**. Vejdirektoratet. *Trafiktællinger - Planlægning, udførelse og efterbehandling*. ISBN: 87-7923-877-7, Rapport nr. 315. Vej- og trafikområdet, 2006.

Vejdirektoratet, **2018h**. Vejdirektoratet. *Trafikulykker for året 2017*. ISBN: 978-87-93674-02-8. 2018.

Vejdirektoratet, **2019c**. Vejdirektoratet. *Vejman.dk*. http://www.vejman.dk/da/Sider/default.aspx, 2019. Sidst besøgt: 10/05 2019.

Vejforum, **2019**. Vejforum. *Program*. `https://www.vejforum.dk/Program.aspx?`, 2019. Sidst besøgt: 17/04 2019.

W3Schools, **2019**. W3Schools. *The world's largest web developer site*. `https://www.w3schools.com/default.asp`, 2019. Sidst besøgt: 09/05 2019.

Wagner et al., **2008**. Peter Wagner, Elmar Brockfeld, Rüdiger Ebendt, Thorsten Neumann, Sten Ruppe, Alexander Sohr og Louis Tcheumadieu. *How many FCD are needed for traffic management?* International Symposium Networks for Mobility, 4th, Stuttgart, 2008.

Waymo, **2018**. Waymo. *Press*. `https://waymo.com/press/`, 2018. Sidst besøgt: 01/05 2019.

Wright, **1973**. Christopher Wright. *A theoretical analysis of the moving observer method*. Transportation Research, bind 7, udgivelse 3, s. 293–311, 1973.

Litteraturstudie A

Med afsæt i litteratursøgningen, som er beskrevet i afsnit 3.1, er der i indeværende projekt foretaget et litteraturstudie. Studiet er udarbejdet som en sammenfatning af det læste materiale.

Litteraturen fra dette studie indgår ikke nødvendigvis som referencer i selve rapporten, da meget af det læste blot har været med til at danne den fagtekniske og -teoretiske viden, der ligger til baggrund for projektet. Meget af den viden der er opnået igennem litteraturstudiet, vil derfor naturligt indgå som baggrundsviden igennem rapporten. Skulle noget af litteraturen dog indgå som reference i rapporten, vil den være listet sammen med de resterende referencer i litteraturlisten.

Grundlaget for "Den Selvforklarende Vej"
[Herrstedt, 2014]
Artiklen bygger på en rapport omhandlende bilisters adfærd i trafikken og hvordan deres handlinger påvirkes af vejudformning og trafikmiljø. Artiklen fremhæver, at en god forståelse af, hvordan mennesker fungerer som trafikanter, er en helt grundlæggende forudsætning for at kunne skabe selvforklarende veje. Trafikanters adfærd bygger på helhedsopfattelsen af vejen og trafiksituationen her og nu. For erfarne bilister er bilkørsel mest en automatisk handling, hvorved bl.a. hastighed og vejside vælges, uden at tænke nærmere over det. Først når bilistens forventning til vejens udformning og den faktiske udformning ikke stemmer overens bliver bilisten forvirret og begynder at aflæse vejtavler og anden afmærkning for at indhente information.

Country Report, Denmark 2015
[Kjemtrup og Herrstedt, 2015]
Den danske landsrapport som blev udarbejdet til den 5. internationale konference om geometrisk design af motorveje i Vancouver i 2015. Rapporten beskriver de ændringer og forbedringer der er foretaget i de danske vejregler, for veje i åbent land, siden den foregående konference i 2010. Rapporten går i dybden med emner fra flere vejregler, og beskriver bl.a. ændringen af antal vejtyper fra 17 til syv, sikkerhedseffekten af forskellige parametre for rundkørsler og udformningen af vejarbejdezoner med hastighedsdæmpende foranstaltninger. Rapporten fremhæver især, at alle ændringer og forbedringer er foretaget med visionen om, at alle veje på lang sigt skal udformes selvforklarende.

How many road categories can we distinguish?
[Kosztolanyi-Ivan et al., 2015]
Rapporten omhandler en ungarsk undersøgelse fra 2015, som undersøger hvor mange forskellige vejklasser det er muligt for trafikanter at skelne imellem. Undersøgelsen er foretaget af tre Ph.d.-studerende fra afdelingen for transportinfrastruktur på det ungarske Szechenyi Istvan University og bygger på en omfattende billedsorteringsanalyse blandt 104 universitetsstuderende samt en spørgeskemaundersøgelse blandt 500 personer med forskellig baggrund. Resultaterne begrundes med clusteranalyser og indlægget konkluderer, at trafikanter har en begrænsning på 5-6 vejklasser.

Self-Explaining Roads
[van Horst og Kaptein, 1992]
Rapporten stammer fra det 11. ICTCT-seminar i Budapest, Ungarn i 1998, og omhandler en undersøgelse af, om kognitiv vejklassificering har en effekt på kørselsadfærd. Undersøgelsen bygger på en billedsorteringsanalyse og en kørselssimulatoropgave, begge udført af 96 personer i forskellige grupper, på baggrund af computergenererede billeder af selvforklarende og almindelige veje. Resultaterne begrundes med clusteranalyse og rapporten konkluderer, at forsøgspersonerne kategoriserede de selvforklarende veje mere i overensstemmelse med de officielle vejkategorier end de almindelige veje.

Speed Adaption Control by Self-Explaining Roads (SPACE)
[Geema et al., 2013]
Artiklen undersøger betydningen af Selvforklarende Veje og hvilke typer foranstaltninger der er mest effektive til at nå målene for disse. I undersøgelsen indgik 72 individuelle foranstaltninger, som blev grupperet i henhold til den vejdel de kunne anvendes på. Det blev vurderet at foranstaltninger som kunne anvendes i kurver, var af størst interesse for projektet, og disse blev undersøgt videre. Undersøgelsen bygger på konsultationer med eksperter og kørselssimulatoropgaver ud fra computergenererede billeder. Artiklen konkluderer at foranstaltningerne har en signifikant hastighedsdæmpende effekt og at kombinationen af foranstaltninger har større effekt end foranstaltningerne har hver for sig.

Self-explaining Roads
[Green, 2009]
Artiklen handler om selvforklarende veje og hvilken effekt de har på sikkerheden på vejene. Den konkluderer, at en betydelig reduktion i antallet af dødsfald kun kan ske, ved at foretage handlinger på alle tre elementer i vejsystemet; trafikant, køretøj og vej. Forbedringer af vejens infrastruktur og sikkerhed kan opnås ved at gøre vejene tilgivende og selvforklarende. Selvforklarende veje reducerer sandsynligheden for ulykker og tilgivende veje mindsker alvorligheden af de ulykker der sker.

C55 tavler - skiltning af den generelle hastighedsgrænse på 80 km/t
[Rambøll, 2007]
Rapporten omhandler en undersøgelse foretaget af Rambøll for Vejdirektoratet, og er foretaget på baggrund af, at fart er den største dræber i trafikken og at 60 % af alle dræbte i trafikken skyldes ulykker på landevejene. Rapporten vurderer, at hvis trafikanterne skal overholde hastighedsgrænsen skal vejene enten indrettes så de er selvforklarende, hvilket er urealistisk og dyrt, eller også skal trafikanternes adfærd påvirkes. Undersøgelsen består i, at den generelle hastighedsgrænse på landeveje skiltes med C55 tavler med skiltet 80 km/t, for at afdække om dette har en hastighedsdæmpende effekt. Resultaterne af forsøget viste, at skiltningen havde en signifikant effekt, og at der skete et fald i gennemsnitshastigheden samt i andelen af trafikanter der kørte hurtigere end den skiltede hastighedsgrænse.

Road classification and categorization
[Janssen, 1994]
Rapportbilaget omhandler en gennemgang af, hvordan vejene kategoriseres i de ni europæiske lande; Belgien, Danmark, Frankrig, Tyskland, Storbritannien, Irland, Italien, Holland og Portugal. Hovedrapporten, som bilaget hører til, omhandler sikkerhedseffekter af vejkonstruktionsstandarder, og er udgivet i 1994 af SWOV Institute for Road Safety Research. Bilaget konkluderer, at vejene altid inddeles efter, om de er placeret i åbent land eller i byer, og generelt underinddeles hierarkisk efter antallet af motorkøretøjer, planlægningshastigheden og køretøjernes rejseafstande.

Danske bilister lever livet farligere end svenske
[Coogan, 2019]
Artiklen handler om en undersøgelse fra EU-Kommissionen fra 2018, der viser at Danmark er det 4. sikreste land i verden at være trafikant i, kun overgået af Holland, Storbritannien og Sverige. Ifølge artiklen mener Rådet for Sikker Trafik, at svenskernes førsteplads hænger sammen med deres lave priser på sikre biler, men især deres vejtekniske foranstaltninger som større udbredelse af adskilte trafikretningerne, større antal 2+1 veje og mange kameraer til trafiksikkerhedsarbejde samt systematisk tilpassede fartgrænser.

Færre dræbte i trafikken i 2017 - men fortsat for mange
[Vejdirektoratet, 2018b]
Artiklen omhandler ulykkestallene fra Vejdirektoratet, som viser at antallet af trafikdræbte var lidt lavere i 2017 end i 2016, men faktisk har der ikke været et egentligt fald i Danmark siden 2012. Transport-, bygnings- og boligminister Ole Birk Olesen udtaler, at uopmærksomhed er en af de væsentligste årsager til ulykker i trafikken, og at han i den forbindelse vil skærpe reglerne for håndholdte kommunikationsapparater. Rapporten konkluderer, at Danmark er langt fra at nå Færdselssikkerhedskommissionens mål om maksimalt 120 trafikdræbte i 2020.

ITS Platform – ny IT-platform for udvikling af intelligent trafik
[Tøfting et al., 2010]
Artiklen er skrevet i den opstartende fase af projektet ITS Platform. Den handler om platformens fordele samt hvordan platformen kan afhjælpe de voksende infrastrukturelle problemstillinger som kødannelse, forsinkelse og mængden af udledt CO2. Artiklen fokuserer på de teknologier der ligger bag ITS Platform, og vurderer at projektet vil skabe grundlaget for udviklingen af de trafiksystemer, som skal give bilisterne intelligente løsninger.

ITS Platformen - udvikling af intelligent trafik
[Tøfting et al., 2014]
Artiklen er skrevet efter afslutningen af projektet ITS Platform. Den handler dels om projektets formål og de teknologier der har muliggjort det, og dels om resultaterne der er kommet fra projektet. Projektet har vist at multifunktionelle bokse, der registrerer bilens position, kan hjælpe bilisterne. Den gør det bl.a. muligt at etablere dynamisk trafikinformation og støttesystemer til mere sikker og mere økonomisk kørsel og gør det muligt at etablere automatiske betalingssystemer. Artiklen bemærker, at hvis ITS skal gøre fremtidens trafik mere sikker, effektiv og miljøvenlig, kræver det intelligent kommunikation mellem biler indbyrdes og mellem biler og infrastruktur.

ITS Platform - ide, projekt og status
[Agerholm, 2012b]
Sessionsindlægget fra Vejforum 2012 består af en indlægsteaser og en præsentation, og omhandler det nordjyske projekt ITS Platform. I indlægget fastslås det, at ITS er vigtigt til at forbedre vejnettet og vil bidrage til en sikrere, renere og mere effektiv trafik, og ITS Platform skal give et godt udgangspunkt for udviklingen af denne ITS. Den store mængde data fra projektet giver flere muligheder, bl.a. hastighedsproblemer, turmønstre, avancerede økoindeks, sorte pletter og roadpricing.

ITS Platform Nordjylland
[COWI, 2012]
Rapporten omhandler en midtvejsevaluering af projektet ITS Platform, og forsøger at komme med en foreløbig vurdering samt en række anbefalinger til projektets videre forløb. Rapporten vurderer at projektet, med en foreløbig målopnåelse på kun 25 %, er nogle måneder bagud i forhold til tidsplanen, men at projektet er under kyndig ledelse, hvorfor det bør være muligt at gennemføre. Rapporten vurderer desuden, at projektet er nødvendigt for Region Nordjyllands overordnede ITS-strategi, hvis Nordjylland skal markere sig som den danske ITS-region.

Definitioner B

B.1 Den Selvforklarende Vej

"Ikke alene skal det på denne måde gøres sikkert at køre på vejene med den ønskede hastighed, men det skal desuden fremgå klart, med hvilken hastighed man kan køre på de enkelte veje. Et sådant signal til trafikanterne kan kun blive tydeligt, hvis der er en vis ensartethed og dermed genkendelighed hvad angår de forskellige vejbilleder, trafikanterne stilles over for. Denne ensartethed skal bidrage til, at det samlede vejbillede bliver selvforklarende, og helt naturligt får trafikanterne til at udøve en hensigtsmæssig, først og fremmest sikker, adfærd."

[Poulsen et al., 1999]

"Gibsons teori leder naturligt til begrebet "den selvforklarende vej". Med dette menes en vej, som er udformet således, at trafikanten umiddelbart oplever, hvordan og hvor hurtigt man skal køre, og om der f.eks. findes særlige arealer til fodgængere og cyklister. Generelt indebærer dette, at trafikanten skal opleve, hvilken funktion vejen og dens forskellige dele har, samt at vejudformning og afmærkning giver trafikanten de bedste forudsætninger for at orientere sig korrekt for at vælge rette vej til målet."

[Gundstrup et al., 2006]

"Princip for udformning af veje, der gennem anvendelse af genkendelige og ensartede elementer tilskynder trafikanterne til at udvise den ønskede adfærd."

[Vejdirektoratet, 2018d]

"Målet er at skabe et vejsystem med tre vejklasser, hvor det til enhver tid er tydeligt for trafikanterne, hvilken type vej de færdes på, og dermed også hvilken adfærd, der forventes af dem og deres medtrafikanter. Et sådant signal til trafikanterne kan kun blive tydeligt, hvis der gennemføres en konsekvent ensartethed og dermed genkendelighed i de forskellige vejbilleder."

[Madsen et al., 2012]

"Den Selvforklarende Vej er en vej, der er udformet, så trafikanterne umiddelbart oplever, hvordan de skal færdes på den. Trafikantadfærd bestemmes hovedsageligt af bilistens forventninger om og umiddelbare opfattelse af vejen og den aktuelle trafiksituation her og nu. Derfor skal vejen udformes på en måde, der stemmer overens med bilistens forventninger. Det indebærer, at vejen skal have en tydelig og genkendelig standardiseret udformning. Den Selvforklarende Vej skal udformes, så det bliver let for trafikanten at køre rigtigt og svært at køre forkert. I udformningen af Den Selvforklarende Vej tilstræbes et formsprog, der helt eller delvist overflødiggør den symbolske information. Den symbolske information (vejtavler og anden afmærkning) skal først og fremmest være et supplement til den naturlige information, som ligger i vejens udformning, og må aldrig være i konflikt med denne."

[Herrstedt, 2014]

"Ved at opdele vejen i et antal genkendelige elementer, der er udformet på en ensartet måde fra vej til vej, skal trafikanterne – blandt andet på basis af deres tidligere erfaringer – tilskyndes til at udvise den ønskede adfærd, der medfører det mindst mulige antal ulykker. Herunder blandt andet afstemme deres hastighedsniveau til vejens udformning."

[Bolet, 2016]

"The concept of self-explaining roads on which the driver is encouraged to naturally adopt behaviour consistent with design and function originated in the Netherlands. The aim is that different classes of roads should be distinctive, and within in each class features such as width of carriageway, road markings, signing, and use of street lighting would be consistent throughout the route. Drivers would perceive the type of road and "instinctively" know how to behave. The environment effectively provides a "label" for the particular type of road and there would thus be less need for separate traffic control devices such as additional traffic signs to regulate traffic behaviour. Such an approach uses simplicity and consistency of design to reduce driver stress and driver error. It is already used for the highest road classes (motorways) but on low class roads consistency in design is often compromised by other objectives such as high access levels, variable alignment, mixed use and variable roadside development, which result in lack of consistency and lack of differentiation between road classes."

[European Commission, 2019]

B.2 Hvad gør Den Selvforklarende Vej selvforklarende?

"The choice of speed by drivers mostly depends on the layout, the conditions of the road environment and the current traffic conditions."

"Dominant elements leading to the distinction of clusters are roadside buildings."

"The most important influencing element was physical separation between traffic directions."

"... the main factor here is the densely or sparsely built-up roadside environment."

"... freeways are quite clearly separated, as well as primary rural roads, so these roads are easily identifiable and recognizable by road users according to the speed choice."

"Roads inside built-up area and transition zones are also well separated"

[Kosztolanyi-Ivan et al., 2015]

"... the consistent marking significantly reduced the average speed ..."

"The most critical situation regarding speed reduction in curve is when the curve is severe."

"... the results support the hypothesis that a consistent treatment will contribute to a speed reduction."

[Geema et al., 2013]

UHT-beregninger C

På rute 35 var der, som nævnt i kapitel 4, en opregnet ÅDT på 8.583 motorkøretøjer i 2018, og der skete 88 uheld fra 2014 til og med 2018. Af beregningerne i ligning C.1 ses det, hvor meget disse uheld svarer til i UHT.

$$\begin{aligned} UHT_{beregnet} &= \frac{\text{uheld}}{\text{vejlængde} \cdot \text{år}} \\ &= \frac{88\,\text{uheld}}{36\,\text{km} \cdot 5\,\text{år}} \\ &= 0{,}48\,\text{uheld pr. km pr. år} \end{aligned} \tag{C.1}$$

For at kunne vurdere hvorvidt denne beregnede UHT er meget eller lidt, skal den sammenlignes med den forventede UHT. Derfor beregnes den forventede UHT i ligning C.2. Til beregningen skal der normalt anvendes én a-parameter og én p-parameter, som afhænger af; strækning eller kryds, person- og materialskadeuheld eller personskadeuheld, med eller uden randbebyggelse, samt vejtypen [Vejdirektoratet, 2018a]. Som nævnt er rute 35 en vejstrækning på godt 36 km, som naturligt har nogle kryds, men da krydsene udgør en meget lille del af den samlede strækning, så foretages beregningen for strækning. Beregningen foretages for både person- og materialskadeuheld, da der ikke er skelnet imellem disse i den beregnede UHT. For randbebyggelse og vejtype kan rute 35, grundet sin længde, inddeles i flere forskellige segmenter, som hver har forskellige ap-parametre. Derfor beregnes den andel som hvert af disse segmenter udgør af den samlede vejstrækning, for derved at vægte beregningen herefter. Til beregningen anvendes værdierne i tabel C.1, hvor andelen af vejens forskellige segmenter selv er fundet, mens ap-parametrene og den landsgennemsnitlige UHT_{lgt} for alle uheld mellem 2012 og 2016 er fundet i [Vejdirektoratet, 2018a].

	Med randbebyggelse		Uden randbebyggelse	
	Med cykelsti	Uden cykelsti	Med cykelsti	Uden cykelsti
Andel (n)	0,22	0,09	0,49	0,20
a-værdi	0,000776	0,000762	0,001650	0,000775
p-værdi	0,67	0,71	0,55	0,63
UHT_{lgt} (2012 - 2016)	0,27	0,30	0,19	0,14

Tabel C.1: Parametre til beregning af forventet UHT [Vejdirektoratet, 2018a].

$$
\begin{aligned}
UHT_{forventet} &= \sum_{\mathrm{n}=1} \mathrm{n} \cdot \mathrm{a} \cdot \text{ÅDT}^{\,\mathrm{p}} \\
&= 0,22 \cdot 0,000776 \cdot 8.583\,\mathrm{kt}^{\,0,67} + \\
&\quad 0,09 \cdot 0,000762 \cdot 8.583\,\mathrm{kt}^{\,0,71} + \\
&\quad 0,49 \cdot 0,001650 \cdot 8.583\,\mathrm{kt}^{\,0,55} + \\
&\quad 0,20 \cdot 0,000775 \cdot 8.583\,\mathrm{kt}^{\,0,63} \\
&= 0{,}28\,\text{uheld pr. km pr. år}
\end{aligned}
\tag{C.2}
$$

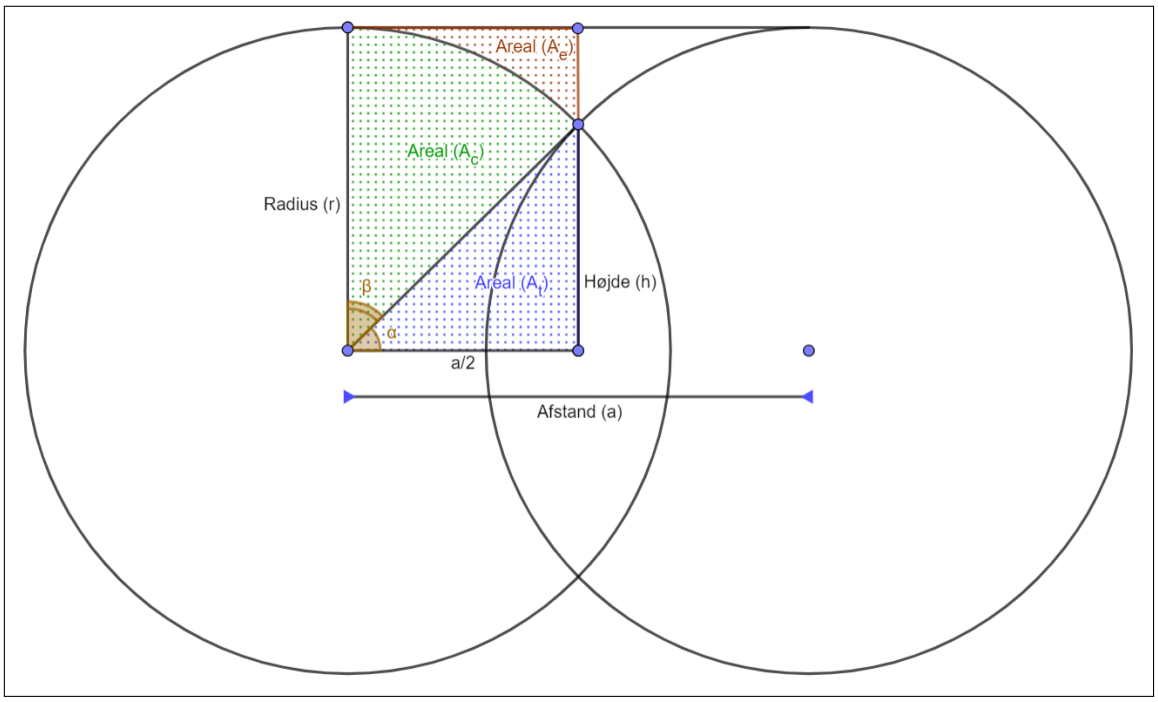
Laves samme segment-vægtning for UHT_{lgt}, som for hver segmenttype er vist i tabel C.1, så fås:

$$
\begin{aligned}
UHT_{lgt,\,vægtet} &= \sum_{\mathrm{n}=1} \mathrm{n} \cdot \mathrm{UHT} \\
&= 0,22 \cdot 0,27 + 0,09 \cdot 0,30 + \\
&\quad 0,49 \cdot 0,19 + 0,20 \cdot 0,14 \\
&= 0{,}21\,\text{uheld pr. km pr. år}
\end{aligned}
\tag{C.3}
$$

Det ses, at den forventede UHT for rute 35 er lidt højere end den landsgennemsnitlige, med en forskel på 0,07 uheld pr. km pr. år, mens den beregnede UHT er næsten dobbelt så høj som den forventede og mere end dobbelt så høj som den landsgennemsnitlige.

Beregning af areal D

Beregningen af det efterladte areal, som var et problem ved den gamle metode med map matching i QGIS, gennemgås i dette bilag. Princippet bag problemet fremgår af figur D.1.



Figur D.1: Princip bag problemet med det efterladte areal.

Ideen bag metoden er at finde arealet af det brune efterladte område. For at gøre dette findes først arealet af den firkant som det brune, det grønne og det blå område afdækker, og derefter trækkes arealet af det grønne og det blå område fra.

Beregningen gennemgås med en $Afstand\,(a) = 25$ meter og en $Radius\,(r) = 15$ meter.

Areal af firkant (brun, grøn, blå):

$$A_f = a/2 \cdot r = 25/2 \cdot 15 = 187,5\,\mathrm{m}^2$$

Areal af blå trekant:
For at kunne regne arealet af den blå trekant skal højden h findes. Det gøres ved hjælp af Pythagoras.

$$\begin{aligned}&(a/2)^2 + h^2 = r^2\\ &\Updownarrow\\ &h = \sqrt{r^2 - (a/2)^2} = \sqrt{15^2 - (25/2)^2} = \sqrt{225 - 156,25} \approx 8,29\,\mathrm{m}\end{aligned}$$

Herefter findes arealet.

$$A_t = \frac{1}{2} \cdot a/2 \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 25/2 \cdot 68,75 \approx 51,82\,\mathrm{m}^2$$

Areal af grønt cirkeludsnit:
For at kunne regne arealet af det grønne cirkeludsnit skal vinklen β findes. Det gøres ved først at finde vinklen α.

$$\alpha = cos^{-1}\left(\frac{a/2}{r}\right) = cos^{-1}\left(\frac{25/2}{15}\right) \approx 33,56\,^\circ$$

Herefter findes vinklen β.

$$\beta = 90 - \alpha = 90 - 33,56 \approx 56,44\,^\circ$$

Herefter findes arealet.

$$A_c = \pi \cdot r^2 \cdot \left(\frac{\beta}{360}\right) = \pi \cdot 15^2 \cdot \left(\frac{56,44}{360}\right) \approx 110,82\,\mathrm{m}^2$$

Areal af efterladt brun "trekant":

$$A_e = A_f - A_t - A_c = 187,5 - 51,82 - 110,82 \approx 24,85\,\mathrm{m}^2 \tag{D.1}$$

Det efterladte areal vil udgøre en forskellig andel af den samlede bufferzone omkring vejen, afhængig af hvor lang vejen er. Det skyldes at bufferzonen ikke bare kan ganges op med længden af vejen, da vejens ender altid hver især vil have en bufferzone svarende til halvdelen af cirklens areal. Eksempelvis vil den samlede bufferzone være ca. 1.457 m^2 ved to vejpunkter, og ca. 2.207 m^2 ved tre vejpunkter, hvilket er dobbelt så lang vejstrækning men ikke en dobbelt så stor bufferzone.

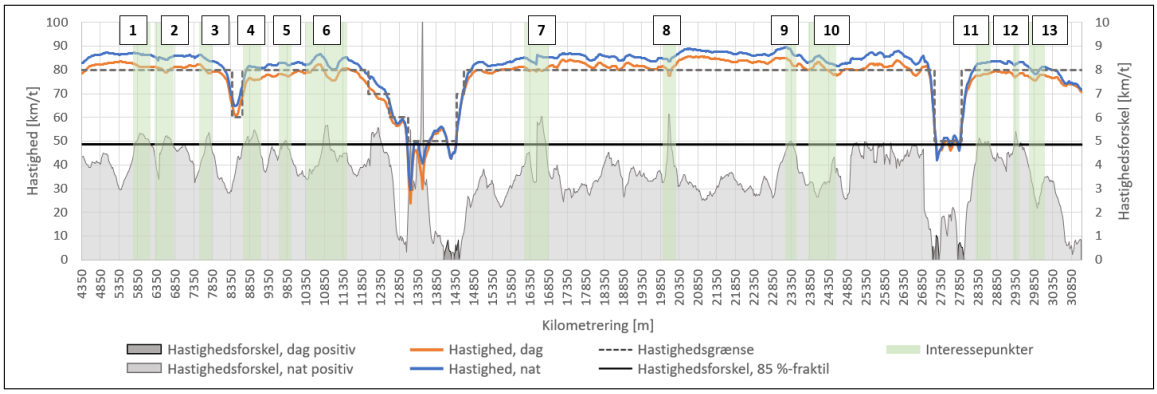
Det vil sige, at for en vejstrækning som rute 35 på 27 kilometer, vil det efterladte areal udgøre ca. 13,24 % af den samlede bufferzone omkring vejen.

Udføres de samme beregninger for en $Afstand\,(a) = 1$ meter, hvilket var løsningen i kapitel 3, så vil det efterladte areal kun udgøre ca. 0,02 % af den samlede bufferzone omkring vejen.

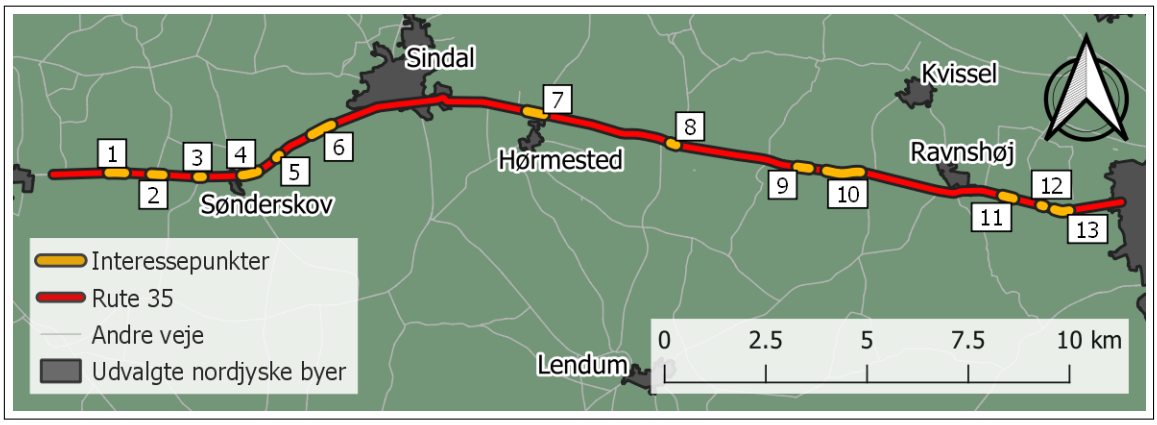
Interessepunkter E

E.1 Rute 35

E.1.1 Østgående retning



Figur E.1: Hastighedsprofil med indlagt interessepunkter for rute 35 i østgående retning.



Figur E.2: Linjeføring med indlagt interessepunkter for rute 35 i østgående retning.

Interessepunkt 1 og 2:

Figur E.3: Interessepunkt 1 på rute 35.

Figur E.4: Interessepunkt 2 på rute 35.

Ved interessepunkt 1 kommer der et højresving som går lidt op ad bakke. Her sætter bilisterne hastigheden lidt ned, hvilket sker hurtigere om dagen end om natten. Det sker muligvis, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten.

Ved interessepunkt 2 kommer der en sekundærvej til Astrup på venstre side af rute 35. Her sætter bilisterne hastigheden ned, så den om dagen endda kommer ned under hastighedsgrænsen. Det sker muligvis, fordi trafikken stuver op i køresporet, når en bilist skal foretage et venstresving.

Interessepunkt 3 og 4:

Figur E.5: Interessepunkt 3 på rute 35.

Figur E.6: Interessepunkt 4 på rute 35.

Ved interessepunkt 3 kommer der et venstresving som går lidt op ad bakke og i forlængelse af det et farligt vejkryds, hvilket sker lige før byen Sønderskov. Her sætter bilisterne hastigheden lidt ned, hvilket sker hurtigere om dagen end om natten. Det sker muligvis, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten, og fordi de om dagen er mere opmærksomme på, at de snart kommer til en by.

Ved interessepunkt 4 går det først ned ad bakke lige efter byen Sønderskov, efterfulgt af et venstresving som går lidt op ad bakke. Her stiger hastigheden efter byzonen, hvorefter den falder, hvilket sker hurtigere om dagen end om natten. Det sker muligvis, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten.

Interessepunkt 5 og 6:

Figur E.7: Interessepunkt 5 på rute 35.

Figur E.8: Interessepunkt 6 på rute 35.

Ved interessepunkt 5 kommer der et forholdsvist kraftigt højresving som går lidt op ad bakke. Her sætter bilisterne hastigheden lidt ned, hvilket sker hurtigere om dagen end om natten. Det sker muligvis, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten.

Ved interessepunkt 6 går det meget ned ad bakke og efterfølgende op igen. Her stiger hastigheden først mens det går ned ad bakke, hvorefter den falder op ad bakken, for igen at stige efter bakken. Hastigheden falder hurtigere om dagen end om natten, hvilket muligvis sker, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten.

Interessepunkt 7:

Figur E.9: Interessepunkt 7 på rute 35.

Ved interessepunkt 7 kommer der en sekundærvej til Mosbjerg på venstre side af rute 35, og en sekundærvej til Hørmested på højre side. Svinget til Hørmested er udført som et kanaliseringsanlæg. Her sætter bilisterne om natten hastigheden ned, hvorefter de lader den stige meget pludseligt. Det sker muligvis, fordi bilisterne ikke kan orientere sig så godt i mørket, og derfor bliver i tvivl om, hvornår sekundærvejene kommer.

Interessepunkt 8:

Figur E.10: Interessepunkt 8 på rute 35.

Ved interessepunkt 8 kommer der en zone med trafiksanering i form af nedskiltet hastighedsbegrænsning til 70 km/t. Datagrundlaget for rute 35 stammer udelukkende fra perioden inden denne trafiksanering er opsat. Her sætter bilisterne alligevel hastigheden meget markant ned, og specielt om dagen, hvor hastigheden endda kommer ned under den daværende gældende hastighedsgrænse. Det sker sandsynligvis i forbindelse med den sekundærvej til Tolne på venstre side af rute 35, som kommer inde i 70 km/t-zonen.

Interessepunkt 9 og 10:

Figur E.11: Interessepunkt 9 på rute 35.

Figur E.12: Interessepunkt 10 på rute 35.

Ved interessepunkt 9 går det op ad bakke. Her sætter bilisterne hastigheden ned, hvilket sker lidt hurtigere om dagen end om natten. Det sker muligvis, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten.

Ved interessepunkt 10 går det først ned ad bakke og efterfølgende op igen. Her stiger hastigheden først mens det går ned ad bakke, hvorefter den falder op ad bakken, om dagen endda ned til under hastighedsgrænsen. Det sker muligvis, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten.

Interessepunkt 11 og 12:

Figur E.13: Interessepunkt 11 på rute 35.

Figur E.14: Interessepunkt 12 på rute 35.

Ved interessepunkt 11 går vejen udelukkende lige ud. Her sætter bilisterne hastigheden op, hvilket sker hurtigere om natten end om dagen. Det sker muligvis, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten.

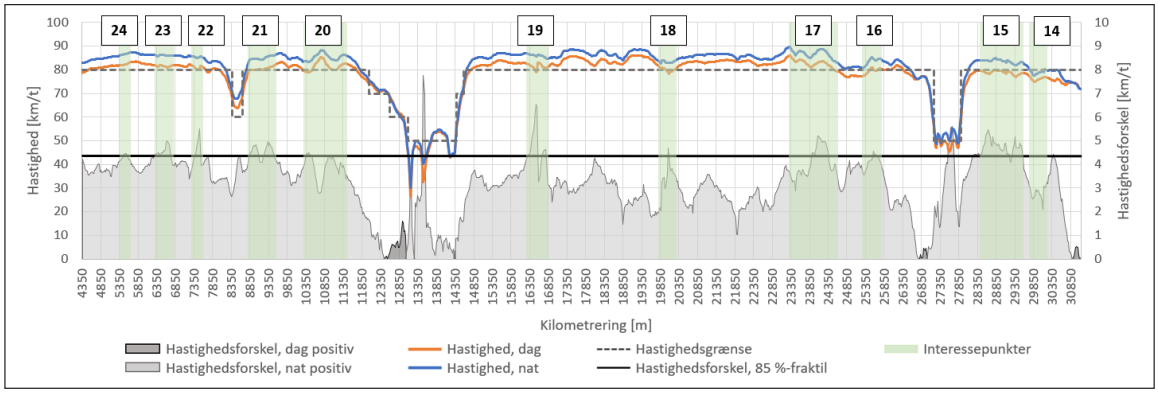
Ved interessepunkt 12 kommer der en sekundærvej til Elling på venstre side af rute 35, og en sidevej på højre side. Her sætter bilisterne hastigheden ned, og det sker hurtigere om dagen end om natten, så den om dagen endda kommer ned under hastighedsgrænsen. Det sker muligvis, fordi trafikken stuver op i køresporet, når en bilist skal foretage et sving.

Interessepunkt 13:

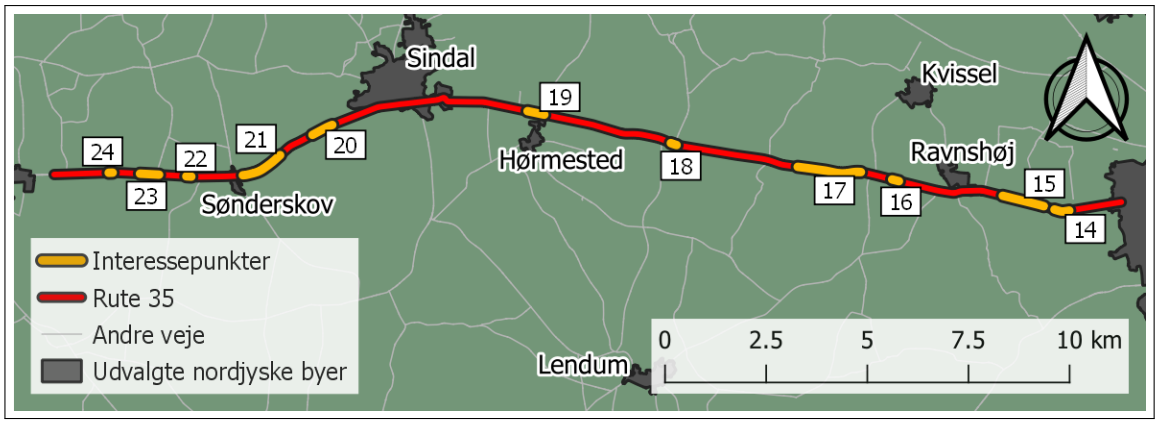
Figur E.15: Interessepunkt 13 på rute 35.

Ved interessepunkt 13 kommer der et forholdsvist kraftigt venstresving. Her sætter bilisterne hastigheden markant ned, så den både om dagen og om natten kommer ned under hastighedsgrænsen. Det skyldes sandsynligvis det kraftige sving.

E.1.2 Vestgående retning



Figur E.16: Hastighedsprofil med indlagt interessepunkter for rute 35 i vestgående retning.



Figur E.17: Linjeføring med indlagt interessepunkter for rute 35 i vestgående retning.

Interessepunkt 14 og 15:

Figur E.18: Interessepunkt 14 på rute 35.

Figur E.19: Interessepunkt 15 på rute 35.

Ved interessepunkt 14 er det den samme situation som ved interessepunkt 13, blot i modsatte retning.

Ved interessepunkt 15 er det den samme situation som ved interessepunkt 11 og 12, blot i modsatte retning.

Interessepunkt 16 og 17:

Figur E.20: Interessepunkt 16 på rute 35.

Figur E.21: Interessepunkt 17 på rute 35.

Ved interessepunkt 16 går det op ad bakke. Her sætter bilisterne hastigheden ned. Den eneste forklaring er, at det går op ad bakke.

Ved interessepunkt 17 er det den samme situation som ved interessepunkt 9 og 10, blot i modsatte retning.

Interessepunkt 18:

Figur E.22: Interessepunkt 18 på rute 35.

Ved interessepunkt 18 er det den samme situation som ved interessepunkt 8, blot i modsatte retning.

Interessepunkt 19 og 20:

Figur E.23: Interessepunkt 19 på rute 35.

Figur E.24: Interessepunkt 20 på rute 35.

Ved interessepunkt 19 er det den samme situation som ved interessepunkt 7, blot i modsatte retning. Fra denne retning er ingen af svingene udført som kanaliseringsanlæg. Her sker opbremsningen om dagen meget pludseligt, hvilket muligvis skyldes, at trafikken stuver op i køresporet, når en bilist skal foretage et sving.

Ved interessepunkt 20 er det den samme situation som ved interessepunkt 6, blot i modsatte retning.

Interessepunkt 21 og 22:

Figur E.25: Interessepunkt 21 på rute 35.

Figur E.26: Interessepunkt 22 på rute 35.

Ved interessepunkt 21 er det den samme situation som ved interessepunkt 4, blot i modsatte retning.

Ved interessepunkt 22 går det lige ud og lidt op ad bakke. Her svinger bilisternes hastighed lidt om dagen. Den eneste forklaring er, at det går op ad bakke.

Interessepunkt 23 og 24:

Figur E.27: Interessepunkt 23 på rute 35.

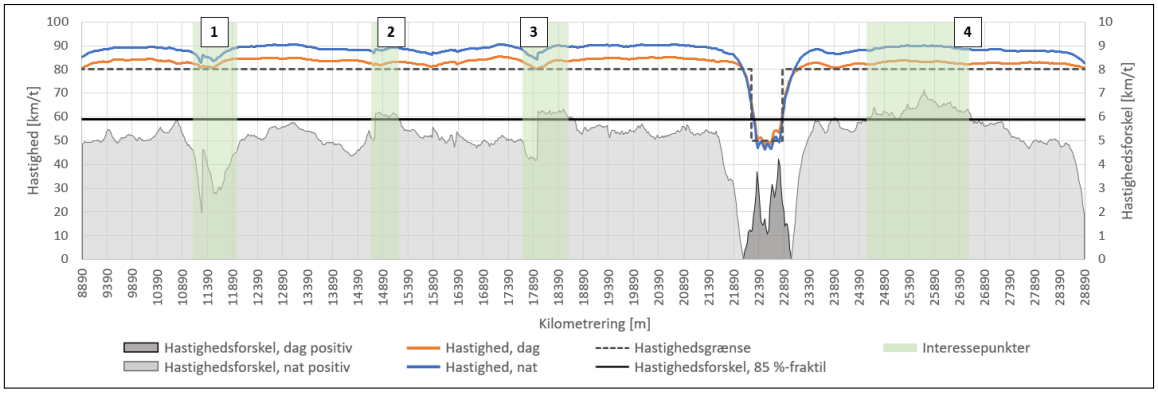
Figur E.28: Interessepunkt 24 på rute 35.

Ved interessepunkt 23 er det den samme situation som ved interessepunkt 2, blot i modsatte retning.

Ved interessepunkt 24 er det den samme situation som ved interessepunkt 1, blot i modsatte retning.

E.2 Rute 583

E.2.1 Østgående retning



Figur E.29: Hastighedsprofil med indlagt interessepunkter for rute 583 i østgående retning.

Figur E.30: Linjeføring med indlagt interessepunkter for rute 583 i østgående retning.

Interessepunkt 1 og 2:

Figur E.31: Interessepunkt 1 på rute 583.

Figur E.32: Interessepunkt 2 på rute 583.

Ved interessepunkt 1 kommer der en rundkørsel. Her sætter bilisterne hastigheden ned inden rundkørslen, lidt op og ned inden i den, og op efter den. Det skyldes rundkørslen.

Ved interessepunkt 2 kommer der en sidevej på venstre side af rute 583, og en sekundærvej til Vester Hassing på højre side. Svinget til Vester Hassing er udført som et kanaliseringsanlæg. Her sætter bilisterne hastigheden ned inden svingene, hvilket sker hurtigere om dagen end om natten, og op efter svingene, hvilket sker hurtigere om natten end om dagen. Om natten sker opbremsningen ret pludseligt. Det sker muligvis, fordi bilisterne ikke kan orientere sig så godt i mørket, og derfor bliver i tvivl om, hvornår sekundærvejene kommer.

Interessepunkt 3 og 4:

Figur E.33: Interessepunkt 3 på rute 583.

Figur E.34: Interessepunkt 4 på rute 583.

Ved interessepunkt 3 kommer der en sekundærvej til Øster Hassing på venstre side af rute 583, og en sekundærvej til Gandrup på højre side. Begge sving er udført som kanaliseringsanlæg. Her sætter bilisterne hastigheden ned inden svingene, og op efter svingene, hvilket sker meget pludseligt om natten. Det sker muligvis, fordi bilisterne ikke kan orientere sig så godt i mørket, og derfor bliver i tvivl om vejudformningen ved svingene, og efterfølgende accelererer kraftigt for at komme op i fart igen.

Ved interessepunkt 4 går vejen udelukkende lige ud. Her sætter bilisterne hastigheden lidt op, hvilket sker hurtigere om natten end om dagen. Det sker muligvis, fordi bilisterne er mere tilbøjelige til at træde på speederen om natten. Desuden er bilisterne her meget tæt

på Hals, hvilket må formodes at være deres destination, hvorfor de om natten kan være ekstra tilbøjelige til at sætte farten op.

Interessepunkt 5 og 6:

Figur E.35: Interessepunkt 5 på rute 583.

Figur E.36: Interessepunkt 6 på rute 583.

Ved interessepunkt 5 er det den samme situation som ved interessepunkt 4, blot i modsatte retning. Her har bilisterne faktisk den samme hastighed om dagen og om natten. Det skyldes muligvis, at bilisterne i denne retning lige er kørt ud af Hals, hvorfor de ikke er så tilbøjelige til at sætte farten op.

Ved interessepunkt 6 kommer der en sekundærvej til Gandrup på venstre side af rute 583, og en sidevej på højre side. Svinget til Gandruo er udført som et kanaliseringsanlæg. Her sætter bilisterne hastigheden ned om dagen. Det sker muligvis, fordi svingene kommer ret pludseligt midt på en horisontalkurve.

Interessepunkt 7 og 8:

Figur E.37: Interessepunkt 7 på rute 583.

Figur E.38: Interessepunkt 8 på rute 583.

Ved interessepunkt 7 følger vejen en meget lang horisontalkurve mod venstre. Her kører bilisterne pludselig hurtigere om dagen end de gør om natten. Det skyldes sandsynligvis, at bilisterne ikke kan orientere sig så godt i mørket. Det meste af vejstrækningen er enten omsluttet af træer eller helt bare marker, hvorfor der om natten bliver meget mørkt.

Ved interessepunkt 8 er det den samme situation som ved interessepunkt 3, blot i modsatte retning. Fra denne retning er begge sving ligeledes udført som kanaliseringsanlæg. Her sker opbremsningen meget pludseligt både om dagen og om natten, hvilket muligvis skyldes, at svingene kommer ret pludseligt efter en lang horisontalkurve.

Interessepunkt 9 og 10:

Figur E.39: Interessepunkt 9 på rute 583.

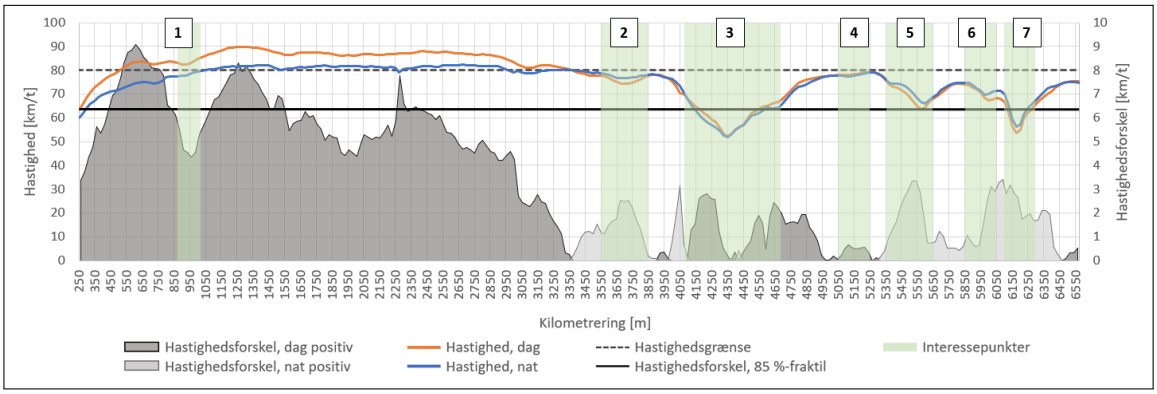
Figur E.40: Interessepunkt 10 på rute 583.

Ved interessepunkt 9 er det den samme situation som ved interessepunkt 2, blot i modsatte retning. Fra denne retning er sidevejen udført som kanaliseringsanlæg. Om natten sker opbremsningen meget pludseligt. Det sker muligvis, fordi bilisterne ikke kan orientere sig så godt i mørket, og derfor bliver i tvivl om, hvornår sekundærvejene kommer.

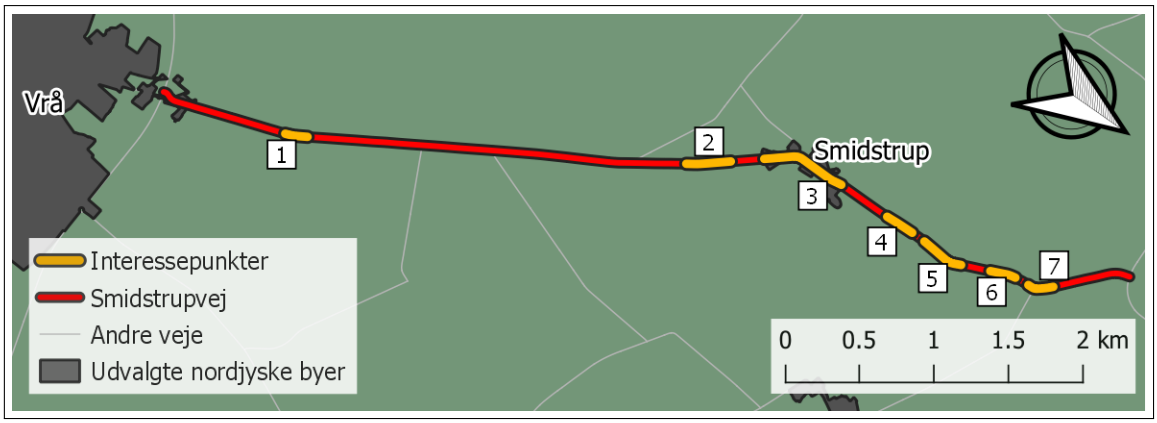
Ved interessepunkt 10 er det den samme situation som ved interessepunkt 1, blot i modsatte retning.

E.3 Smidstrupvej

E.3.1 Nordgående retning



Figur E.41: Hastighedsprofil med indlagt interessepunkter for Smidstrupvej i nordgående retning.



Figur E.42: Linjeføring med indlagt interessepunkter for Smidstrupvej i nordgående retning.

Interessepunkt 1 og 2:

Figur E.43: Interessepunkt 1 på Smidstrupvej.

Figur E.44: Interessepunkt 2 på Smidstrupvej.

Ved interessepunkt 1 kommer der et venstresving. Her sætter bilisterne om dagen hastigheden lidt ned, mens bilisterne om natten fortsat lader hastigheden stige. Det sker sandsynligvis, fordi bilisterne om natten ikke er højt nok oppe i fart, til at de behøver at sætte den ned, hvilket ikke er tilfældet for bilisterne om dagen.

Ved interessepunkt 2 møder bilisterne nogle forhold, som kunne minde om at køre ind i en byzone. Det er dog ikke tilfældet , men bygningerne på begge sider af vejen får det til at ligne meget. Her sænker bilisterne hastigheden både om dagen og om natten.

Interessepunkt 3:

Figur E.45: Interessepunkt 3 på Smidstrupvej.

Ved interessepunkt 3 kører bilisterne ind i Smidstrup, og dermed en 50 km/t-zone. Denne zone fremgår ikke af vejman.dk, hvorfor den ikke er indtegnet på hastighedsprofilerne for Smidstrupvej. Her sænker bilisterne hastigheden, hvilket er meget naturligt, eftersom de kører ind i en byzone.

Interessepunkt 4:

Figur E.46: Interessepunkt 4 på Smidstrupvej.

Ved interessepunkt 4 slår vejen et venstresving efterfulgt af et højresving, hvilket sker på en vertikalkurve først op ad, så ned ad og til slut op ad igen. Her lader bilisterne deres hastighed flade ud og endda falde lidt, selvom den endnu ikke er kommet tilbage til hastighedsgrænsen efter Smidstrup. Dette skyldes sandsynligvis vejens udformning.

Interessepunkt 5:

Figur E.47: Interessepunkt 5 på Smidstrupvej.

Ved interessepunkt 5 møder bilisterne først en A31 advarselstavle, som advarer om, at vejen kan være unormalt glat. Normalt skal årsagen angives på en undertavle, men det er den altså ikke blevet her. Det havde måske været mere nærliggende med en A41,2 advarselstavle, der advarer om et skarpt venstresving, hvilket netop er hvad der efterfølgende møder bilisterne. Her sætter bilisterne, over to omgange, hastigheden ned til langt under hastighedsgrænsen, muligvis som følge af først A31 advarselstavlen, siden det skarpe venstresving.

Interessepunkt 6 og 7:

Figur E.48: Interessepunkt 6 på Smidstrupvej.

Figur E.49: Interessepunkt 7 på Smidstrupvej.

Ved interessepunkt 6 kommer der et skarpt højresving efterfulgt af, at vejen går ned ad. Her sænker bilisterne hastigheden, som allerede er under hastighedsgrænsen inden interessepunktet.

Ved interessepunkt 7 kommer der et meget skarpt venstresving. Her sænker bilisterne hastigheden til langt under hastighedsgrænsen, en hastighed der allerede er meget lav som følge af det foregående interessepunkt.