Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University)
ISSN 1603-9696
www.trafikdage.dk/artikelarkiv

HASTIGHEDSKORT FOR DANMARK VHA. GPS

Ove Andersen, xcalibur@cs.aau.dk, Institut for Datalogi, Aalborg Universitet
Harry Lahrmann, lahrmann@plan.aau.dk Trafikforskningsgruppen, Aalborg Universitet
Kristian Torp, torp@cs.aau.dk, Institut for Datalogi, Aalborg Universitet

Abstrakt

Hastighed på vejnettet er en central metrik indenfor trafikplanlægning og trafikoptimering. I denne artikel beskrives, hvorledes et hastighedskort for hele Danmark er skabt udelukkende vha. GPS data. To tilgangsvinkler til at beregne hastigheder vha. GPS data er præsenteret. Dette er hhv. en punktbaseret og en turbaseret. Disse metoder præsenteres og sammenlignes. De beregnede hastigheder for seks strækninger fordelt over hele landet præsenteres i detaljer og diskuteres, herunder en sammenligning med andre eksisterende metoder og resultater. Strækningerne er både i byerne og på motorveje. Opsummeret anses den turbaseret for at beregne det mest akkurate estimat, men metoden er meget datakrævende. Det er derfor nødvendigt at have den punktbaserede at falde tilbage på. Generelt mangler metoder til beregning af hastigheder vha. GPS data at blive valideret. Hvordan en sådan validering kan foretages med et beskedent budget er uvist.

Introduktion

Et kort over vejnettet, der viser gennemsnitshastigheden på de enkelte vejsegmenter har mange anvendelser i trafikanalyser f.eks. kan man beregne rejsetider mellem forskellige punkter i vejnettet, men der kan også lokaliseres strækninger med trængsel (COWI A/S, 2004) eller strækninger, hvor bilister generelt kører for hurtigt. Denne artikel beskriver, hvorledes et hastighedskort for hele Danmark er skabt udelukkende vha. GPS data. En stor fordel ved at bruge GPS data er, at der er store mængder data tilgængeligt fra forskellige kilder. Det store problem er at sikre en passende dækningsgrad og et tilstrækkeligt antal GPS data observationer per segment i vejkortet. Herudover er der ved GPS data en række fejlkilder, som det er nødvendigt at eliminere (Holm & Foller, 2008) (Holm J. , 2009) (Torp & Lahrmann, 2009).

GPS data kan anvendes til at beregne en strækningshastighed, hvis GPS data fra et køretøj optages med en passende høj frekvens f.eks. hvert sekund eller hvert andet sekund. Indtil videre er GPS data blevet brugt som enkelt punkter, hvilket svarer til en snitfladehastighed (Lahrmann & Leleur, 1994) som f.eks. også måles med MASTRA data (Mastra Nøgletalsdatabase). Det er en hypotese, at hastigheder på et segment kan bestemmes bedre ud fra GPS data vha. strækningshastighed (Lahrmann H) end ved en snitfladehastighed. Artiklen sammenligner for seks udvalgte strækninger i Danmark de beregnede hastigheder med MASTRA data (Mastra Nøgletalsdatabase) samt GPS data resultater fra Vejdirektoratet (Vejdirektoratets GPS database).

Artiklen er opbygget som følgende. I det næste afsnit beskrives metoden, hvorledes hastigheder beregnes ud fra GPS data. I resultat afsnittet fokuseres på, hvor meget af Danmark er dække og hvor godt. Herudover

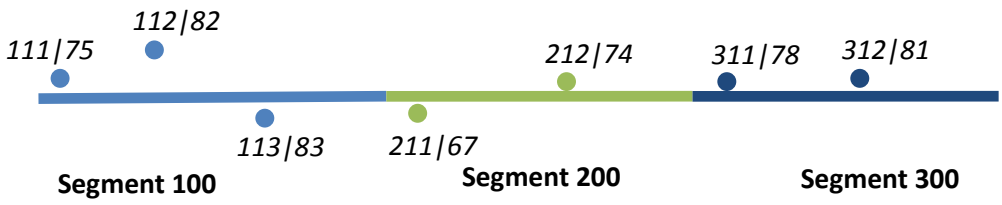
sammenlignes de nye metoder med eksisterende for både by og motorvejstrafik. Disse sammenligninger diskuteres generelt. Slutteligt er der en opsummering på artiklen.

Metode

Der vil i artiklen blive præsenteret to måder til beregning af hastigheder på et segment vha. GPS data. Den første måde kaldes *punktbaseret* og anvendes for lavfrekvent data f.eks. hvis GPS data kun modtages hver 30. sekund fra et køretøj. Den anden måde kaldes *turbaseret* og anvendes, når GPS data afsendes så ofte, at data fra et enkelt køretøj kan sammensættes til en tur (Pereira, Costa, & Pereira, 2009). Formålet med at have to måder er, at den *punktbaserede* altid kan anvendes, men det antages, at den *turbaserede* er mere retvisende. For den punktbaserede er to konkrete metoder anvendt og den turbaserede en konkret metode. Disse tre metoder beskrives i detaljer i det efterfølgende.

Punktbaseret

Den punkt baserede måde er illustreret i Figur 1, som viser et kort udsnit med 3 segmenter. De 7 cirkler repræsenterer GPS data og er markeret med *id/hastighed*. Som et eksempel er punktet længst til venstre, markeret med *111/75,* indrapporteret af køretøjet med id *111* og har en hastighed på *75* km/t. Bemærk at det i eksemplet antages, at alle GPS målinger er fra forskellige køretøjer. Yderligere antages det, at hvert GPS punkt mapmatches til nærmeste segment, som er indikeret vha. cirklens farver.



Figur 1 Punktbaseret måde (anvendes både til simpel og vægtet punktbaseret metode).

En simpel gennemsnitshastighed for hvert segment kan nu beregnes med formlen:

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{n} \qquad (1)$$

Hvor v_i er den indrapporterede hastighed i km/t. Denne konkrete metode kaldes *simpel punktbaseret.* Problemet med denne metode er, at observationerne er logget efter en tidsfrekvens. Dette betyder, at der på det enkelte segment vil der være en overrepræsentation af observationer med lave hastigheder. Denne fejl kan delvis elimineres ved at vægte den enkelte observation i forhold til observationens hastighed (Lahrmann H). Dette er gjort i formel 2 herunder.

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (v_i^2/3{,}6)}{\sum_{i=1}^{n} (v_i/3{,}6)} \qquad (2)$$

Hvor v_i er hastigheden, der er kørt med i ét sekund, altså v_i /3,6 når v_i er målt i km/t. Denne konkrete metode kaldes *vægtet punktbaseret*.

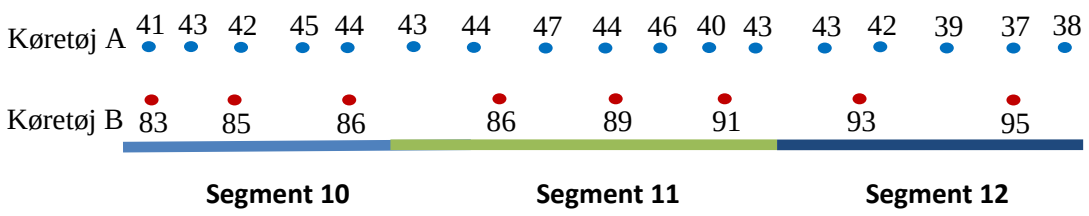
Hvis de 7 punkter i Figur 1 bruges i den punktbaserede hastigheds beregning bliver resultatet som vist i Tabel 1. Bemærk at formel 2 giver højere gennemsnitshastigheder end formel 1.

Segment	Hastighed	Simpel punktbaseret	Vægtet punktbaseret	Observationer
100	75+82+83	80,00	80,16	3
200	67+74	70,50	70,67	2
300	78+81	79,50	79,53	2

Tabel 1: Resultaterne af simple og vægtet punktbaserede beregninger

Turbaseret

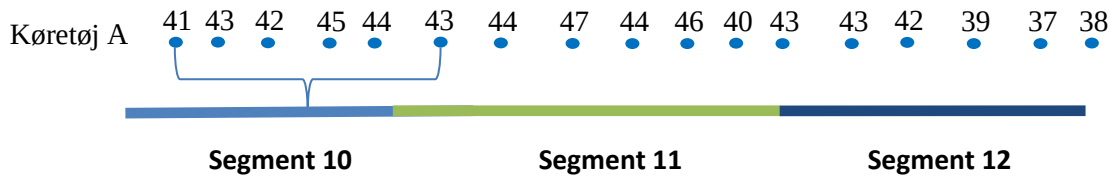
Den turbaserede måde er illustreret i Figur 2. Denne figur viser to køretøjer A og B, der begge har passeret tre segmenter. GPS data målinger er igen repræsenteret som cirkler. Tallet ved hver måling er hastigheden i km/t. Begge køretøjer har den samme tidsfrekvens mellem indrapportering af GPS data. Det kan ses af Figur 2, at køretøj *A* har kørt med cirka den halve hastighed af køretøj *B*, fordi køretøj A har afsat cirka dobbelt så mange GPS data målinger som køretøj B på hvert segment (det kan naturligvis også aflæses af de viste hastigheder for hver måling).



Figur 2 Turbaseret måde.

Segment	Køretøj	Beregning	Observationer	Gennemsnit
10	A	(41+43+42+45+44)/5	5	43.0
10	B	(83+85+86)/3	3	84.6
10	Gennemsnit	(43+84.6)/2	2	63.8
11	A	(43+44+47+44+46+40+43)/7	7	43.8
11	B	(86+89+91)/3	3	88.6
11	Gennemsnit	(43.8+88.6)/2	2	66.2
12	A	(43+42+39+37+38)/5	5	39.8
12	B	(93+95)/8	2	94.0
12	Gennemsnit	(39.8+94)/2	2	66.9

Tabel 2 Turbaseret beregninger



Figur 3 Sammenhængende turbaseret metode

Når hastigheder beregnes vha. ture skal det undgås, at en langsomt kørende bil vægter højere end en hurtigt kørende bil. Dette er vist i Tabel 2, hvordan hver tur, der passerer et segment kun tælles med én gang per køretøj.

Den konkrete beregningsmetode vist overfor kaldes *simpel turbaseret*. Problemet med denne metode er, at den blot samler observationer per segment. For at få selve turen bedre repræsenteret i beregninger anvendes en *sammenhængende turbaseret metode* som er illustreret i Figur 3. Hovedideen er, at den første GPS data måling på segment 10 kobles med den første måling på segment 11 (det næste segment på turen). Ud fra disse GPS data målingers afstand i tid og rum beregnes køretiden for denne tur på segment 10. Tilsvarende kan hastighed beregnes på segment 11, men ikke på segment 12, hvis det antages at dette er det sidste segment på turen. Herved benyttes den rapportede hastighed ikke til beregning af rejsehastigheden – denne beregnes ud fra længden af et segment delt med tiden det tager at passere segmentet. I det efterfølgende vil udelukkende den sammenhængende turbaserede metode blive anvendt.

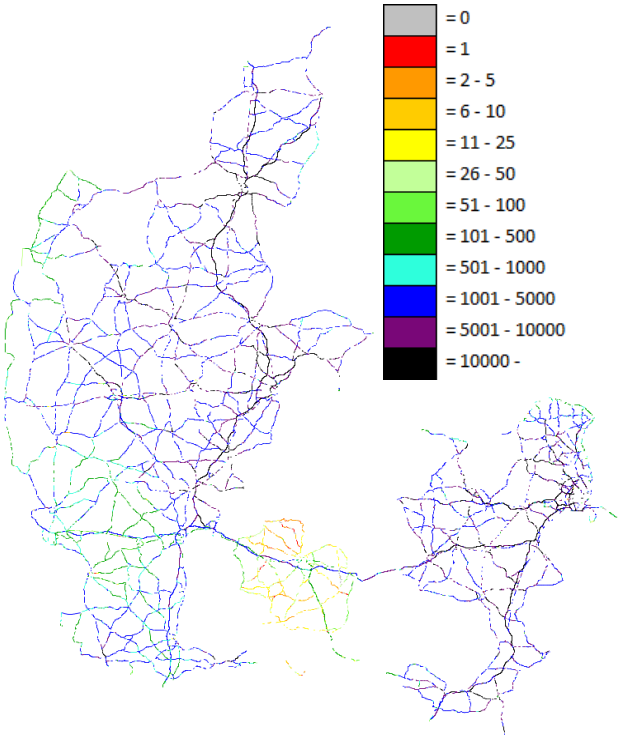
Resultater

I dette afsnit listes først dækningsgraden for de større vejkategorier i vejnettet. Herefter vises seks eksempler på beregning af rejsehastigheder for større veje i bymidten og for en række motorvejstrækninger. Eksemplerne er geografiske fordelt over hele Danmark, hvor det benyttede kort består af 597.151 vejsegmenter. Data benyttet til beregning af hastigheder er fra bl.a. FlexDanmark (FlexDanmark, 2011) og *Spar på Farten* projektet (Spar På Farten, 2010), og i alt er der 728.680.441 GPS data målinger indlæst.

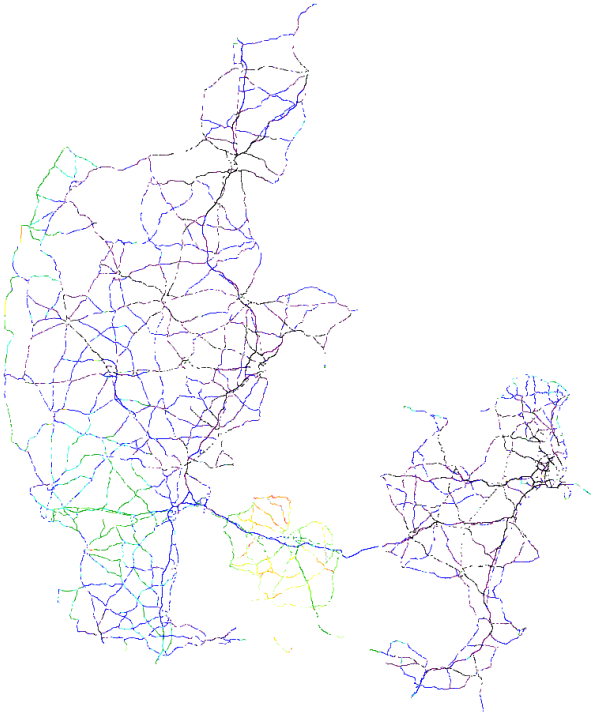
Dækningsgrad

Dækningsgraden er vist på Figur 4 til Figur 7, hvor alle danske veje i kategori 0 til 3 er vist. Disse kategorier svare til motorveje, motortrafikveje samt hovedveje. Antallet af observationerne per segment er beregnet således, at hvis en bilist har afsat eksempelvis 3 GPS data målinger, mens et segment er passeret på den samme tur, da vil 3 tre målinger blive slået sammen og kun tælle som én observation på Figur 4 til Figur 7.

Figur 4 viser dækningsgraden for punkt GPS data i formatet observationer pr. segment. Kun hverdage er med i målinger (weekend data er sorteret fra). Det ses tydeligt, at hovedfærdselsnettet i Jylland og på Sjælland er godt dækket ind ofte med over 1.000 observationer pr. segment og på motorvejsnettet ofte over 10.000 observationer pr. segment. Derimod er der mindre dækning i Vestjylland, Sønderjylland og på Fyn. Dette skyldes, at de loggende køretøjer ikke er jævnt fordelt over hele landet. Fordi segmenter kan have vidt forskellige længder f.eks. fra 20 meter til 1.700 meter er antallet af observation normaliseret til per kilometer i Figur 5.

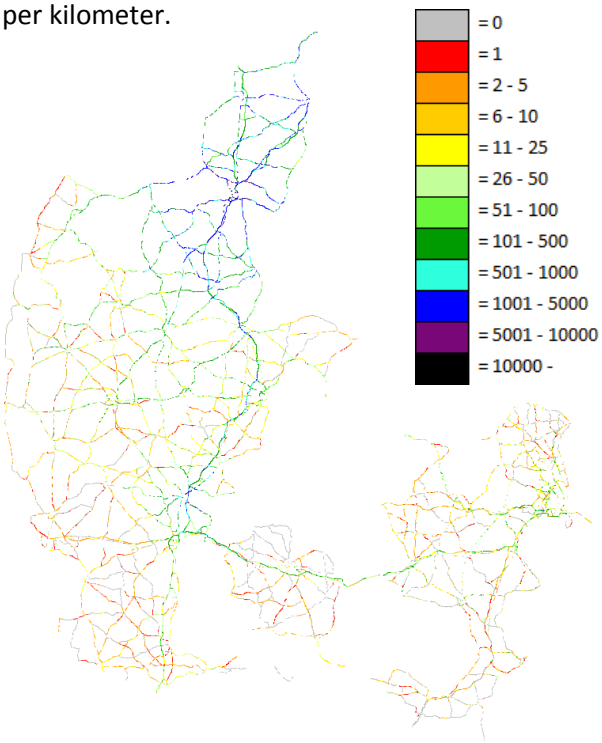


Figur 4 Dækning for Danmark for punkt data. Observationer pr. segment

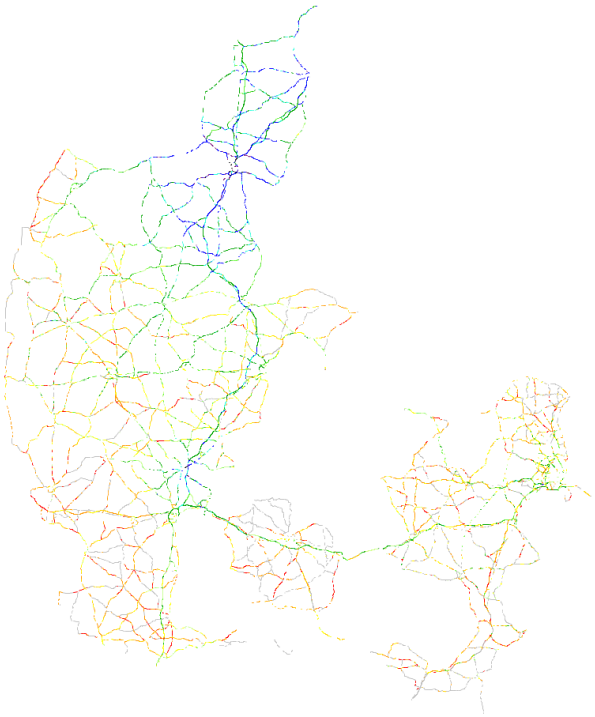


Figur 5 Dækning for Danmark for punkt data. Observationer pr. km

Figur 6 viser dækningsgraden for tur data i formatet observationer pr. segment. Her ses det klart, at primært kun Nordjylland er dækket godt ind med ture, hvor resten af landet kun har et stærkt begrænset antal ture på hovedfærdselsnettet. Dette skyldes, at kravene til data, for at de kan blive brugt til ture, er betydeligt højere. Kun data leveret for Nordjylland lever generelt op til disse krav. Dette skyldes, at der anvendes data fra *Spar på Farten* projektet (Spar På Farten, 2010), hvilket har en data frekvens på 1-2 sekunder og som er koncentreret omkring Nordjylland. Figur 7 viser et normaliseret billede med antal ture per kilometer.



Figur 6 Dækning for Danmark for tur data. Observationer pr. segment



Figur 7 Dækning for Danmark for tur data. Observationer pr. km

Rejsehastighed

I dette afsnit vil metoderne introduceret i afsnittet

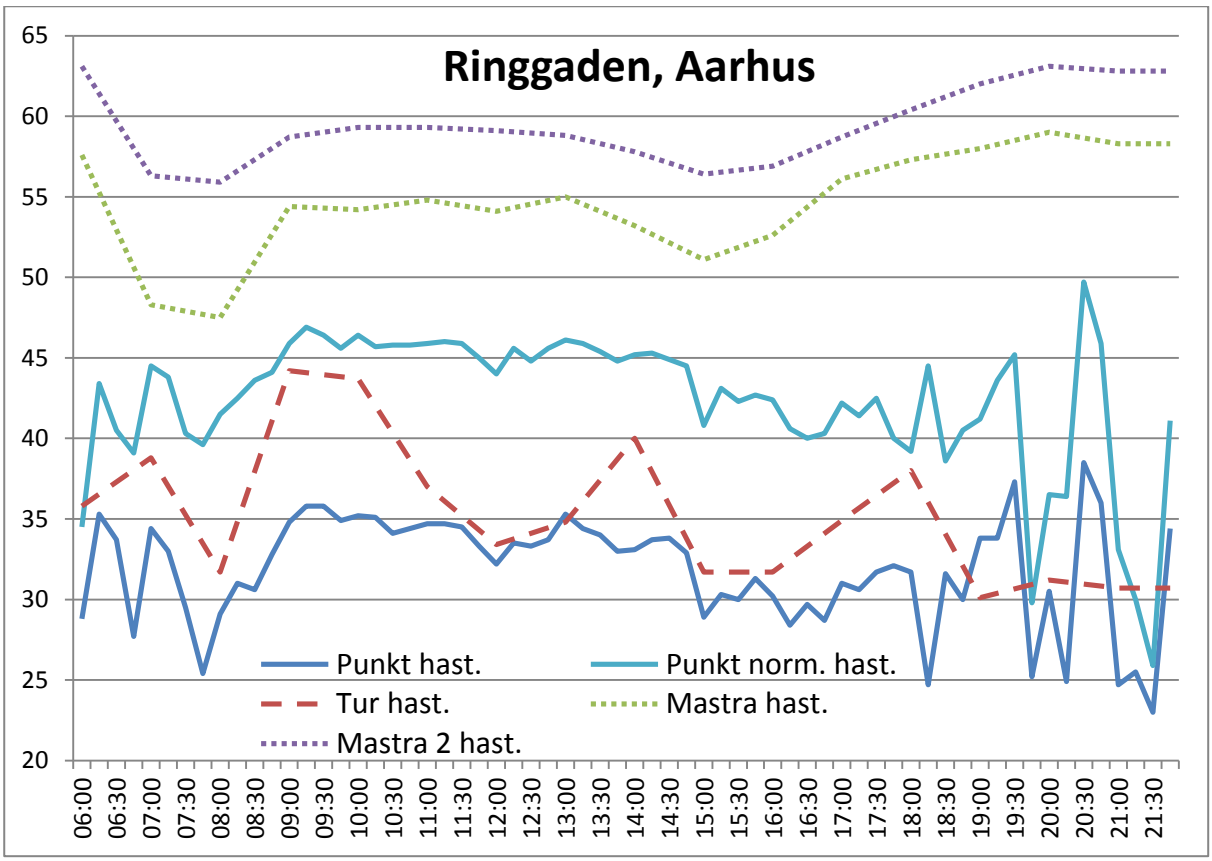
Metode blive sammenlignet med hastigheder indrapporteret fra MASTRAs nøgletalsdatabase (Mastra Nøgletalsdatabase) samt GPS data resultater fra Vejdirektoratet (Vejdirektoratets GPS database). Sammenligningen sker for to ringveje i hhv. Aarhus og Aalborg samt en række motorvejsstrækninger. Der gøres opmærksom på, at der sandsynligvis er et vis overlap mellem datagrundlaget i Vejdirektoratets (VD) GPS database og de data der er anvendt i denne artikel.

Ringgaden i Aarhus

Ringgaden i Aarhus, en del af Ringvej 1, er valgt da det er en central bymæssig strækning med stor belastning, som skal lede og fordele trafikken ind til centrum af Aarhus. Rejsehastighed er beregnet for de røde vejsegmenter vist i Figur 8. Der er sammenlignet med målinger for spoler i vejene indrapporteret til MASTRA. Placeringen af disse spoler er vist med grønne cirkler i Figur 8 og de efterfølgende lignende figurer.

Figur 8 Ringgaden i Aarhus

Ringgaden er delvist enkelt og delvist dobbeltsporet på kortet, hvilket betyder, at dele af Ringgaden består af et segment for begge retninger mens andre dele består af individuelle segmenter for hver retning. I alt består Ringgaden består af 69 segmenter, hvilke er markeret på Figur 8, med en samlet distance på 8,4 km Den skiltede hastighed er skiftevis 50 og 60 km/t. for begge retninger.



Figur 9 Resultater for Ringgaden i Aarhus

Rejsehastighederne er vist i Figur 9. X-aksen viser tidspunktet på dagen fra 6:00 til og med 22:00. Y-aksen viser rejsetiden i km/t. Bemærk at Y-aksen ikke starter ved 0 km/t men ved 20 km/t for bedre at kunne vise variationer i rejsehastighederne. Enhederne på X og Y aksen er den samme i de efterfølgende figurer med resultater.

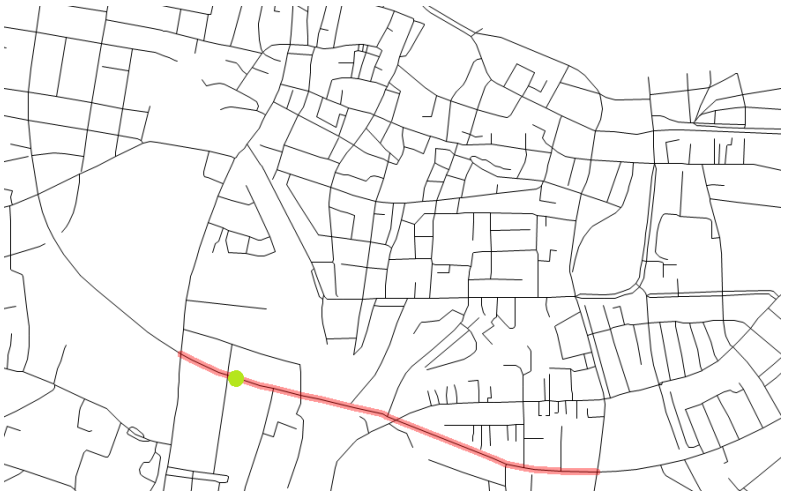
Ud fra Figur 9 ses variationer med en morgen myldertrafik og en eftermiddags trafik rimeligt tydeligt for alle anvendte metoder. Den vægtede punktbaserede metode er mere følsomme overfor udsving i hastighederne, dette ses specielt i tidsrummet fra 19:30 til 22:00.

Sammenlignes de punktbaserede med den turbaserede har de punkt baserede færre spidser. Dette skyldes at der for Ringgaden er få ture, der kan anvendes, mens der er mange punktdata. Af denne årsag er turbaserede aggregeret per halv timer, mens punktbaseret er aggregeret per kvarter. Ud fra dette kan det fastslås, at den turbaserede er stiller højere krav til GPS data end den punktbaserede.

Der er to MASTRA resultater. Disse ligger begge betydeligt over både de punktbaserede og den turbaserede og i visse tilfælde over de skiltede hastighed. Baseret på dette vurderes strækningshastighederne baserede på MASTRA at være for høje, men der skal tages højde for, at MASTRA målinger er snitflademålinger, hvor punkt og tur målinger er strækningshastigheder. At snitflademålinger ikke let kan anvendes til strækningshastigheder er en velkendt problemstilling (Lahrmann & Leleur, 1994). Det har ikke været muligt at få GPS data resultater fra VD (Vejdirektoratets GPS database) på strækningen i Figur 8.

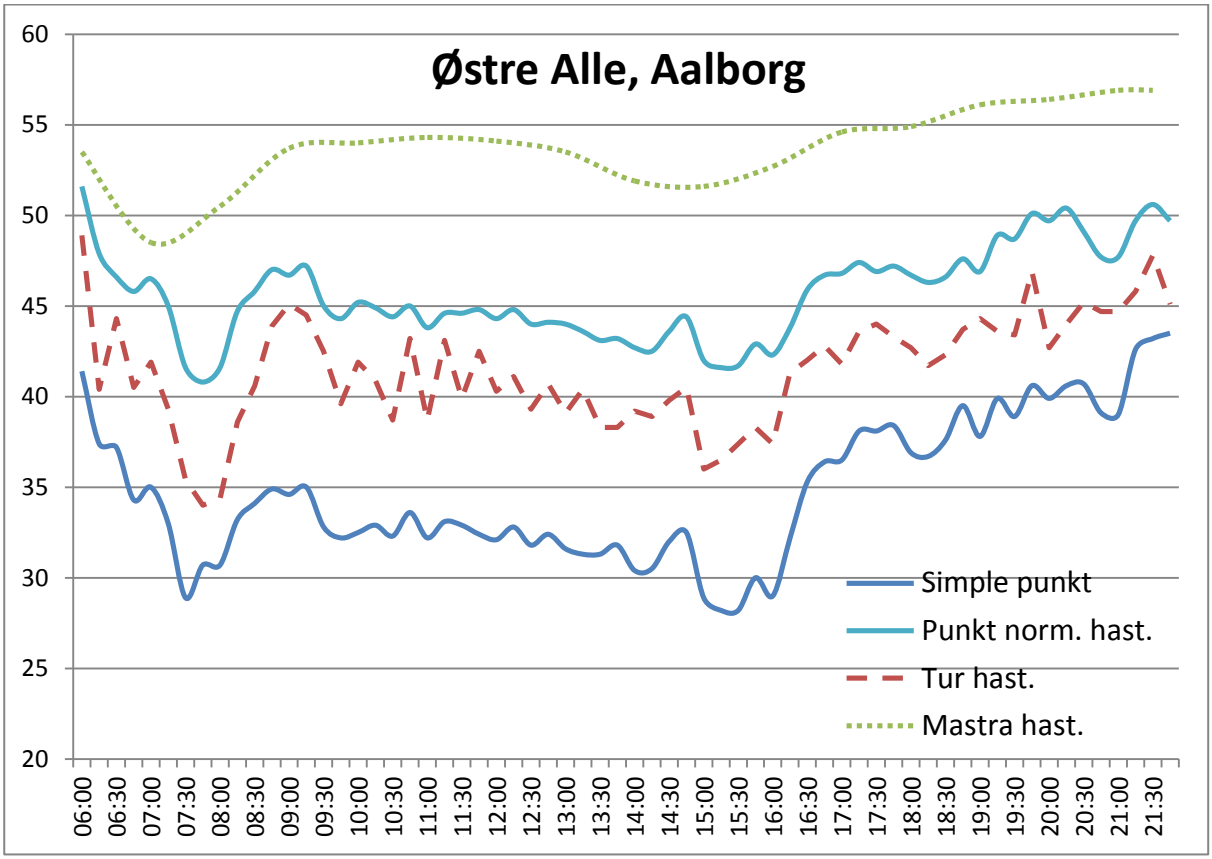
Østre Alle i Aalborg

Østre Alle i Aalborg er en del af Ringvej 2, som skal lede trafikken hurtigst muligt mellem øst og vest Aalborg syd omkring centrum.



Figur 10 En del af Østre Alle i Aalborg

Kun den del af Østre Alle der markeret på Figur 10 er valgt. Strækningen tager udgangspunkt fra krydset Sønderbro/Østre Alle til højre på figuren og strækker sig til krydset Hobrovej/Vesterbro til venstre på figuren. Strækningen består af et enkelt segment for begge retninger hele vejen og består af i alt 8 segmenter. Distancen for disse 8 segmenter er i alt 1,3 km og den skiltede hastighed er i begge retninger 60 km/t. Rejsehastighederne for Øster Allé er vist i Figur 11.



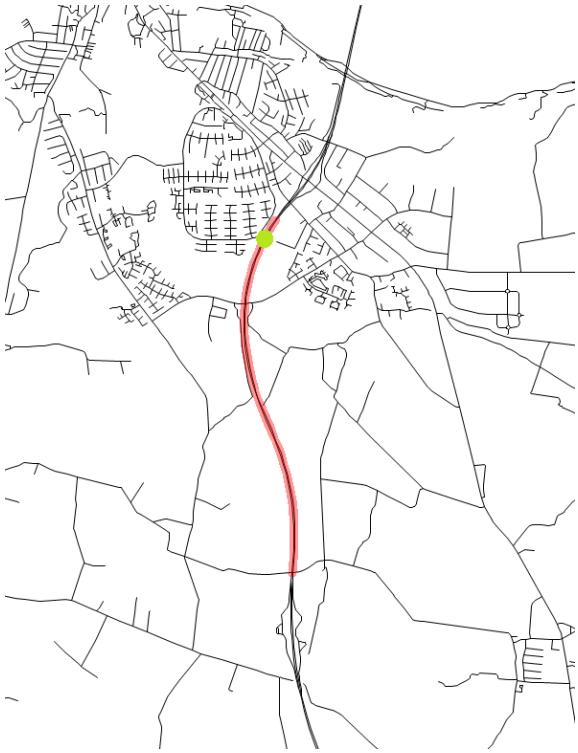
Figur 11 Resultater for Østre Alle, Aalborg

Sammenlignes Figur 9 og Figur 11 kan det ses, at MASTRA resultatet næsten konsekvent er højere end både de punktbaserede og den turbaserede metoder. Det er derfor tvivlsomt om MASTRA kan anvendes til at beregne strækningshastigheder i byerne.

Den turbaserede er konsekvent højere end den punktbaserede i Figur 11, der er ligeledes tendensen for Ringgaden i Aarhus som vist i Figur 9. Bemærk at Figur 11 er både punkt- og turbaseret er vist med kvarters nøjagtighed fordi der er mange ture på den valgt strækning totalt set cirka 38.000 ture med mellem 53 og 1.994 per kvarter. Med så mange ture er vi tilbøjelige til at tro at den turbaserede giver et mere retvisende billede end den punktbaserede fordi den turbaserede er en strækningshastighed af natur, hvorimod den punktbaserede netop er baseret på enkelt målinger.

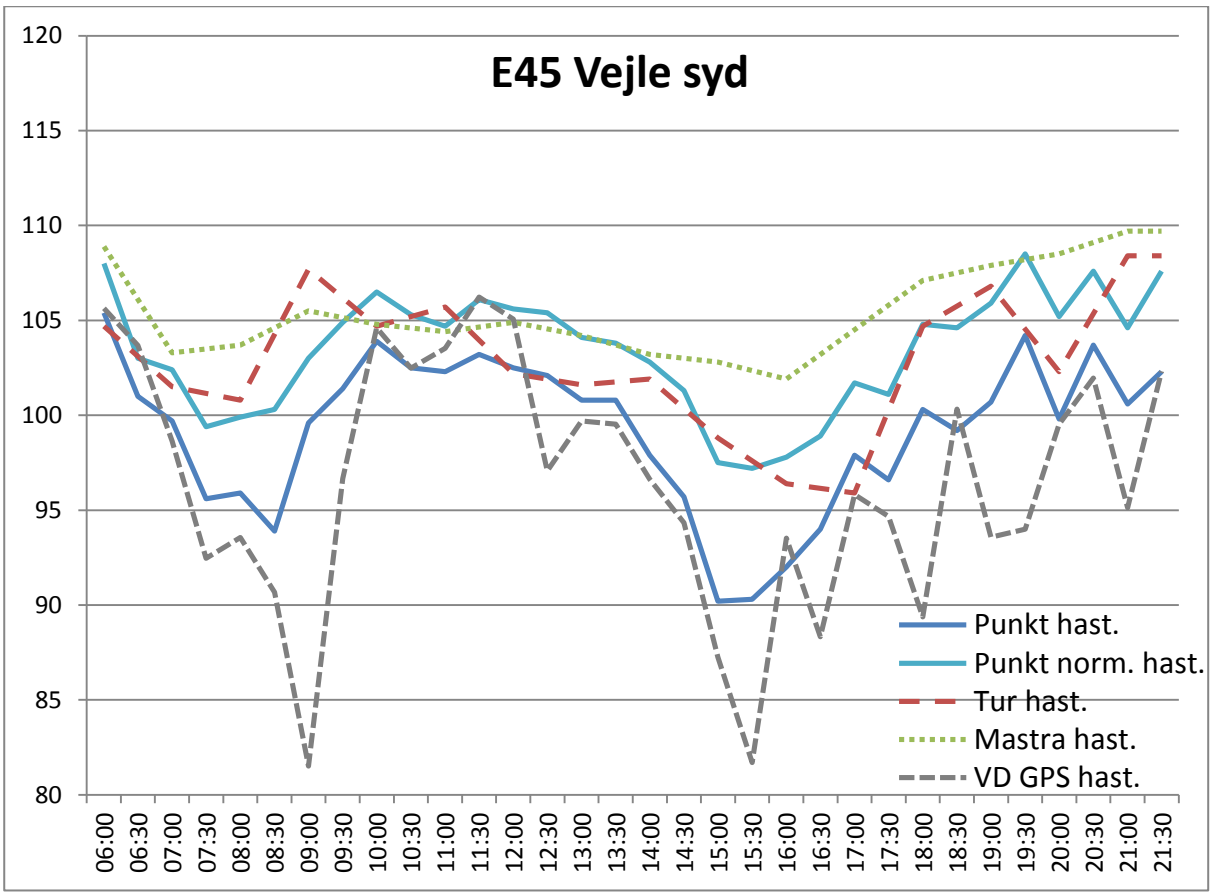
E45 syd for Vejle

Syd for Vejle er der en strækning af motorvej E45 mellem afkørsel 61 Vejle syd (øverst) og Skærup rasteplads (nederst) som er markeret på Figur 12. Sporene i nordgående og sydgående retning er adskilt på kortet, og det nordgående spor består af 7 segmenter mens det sydgående består af 6. Hver retning er i alt 3,8 km og den skiltede hastighed er 110 km/t.

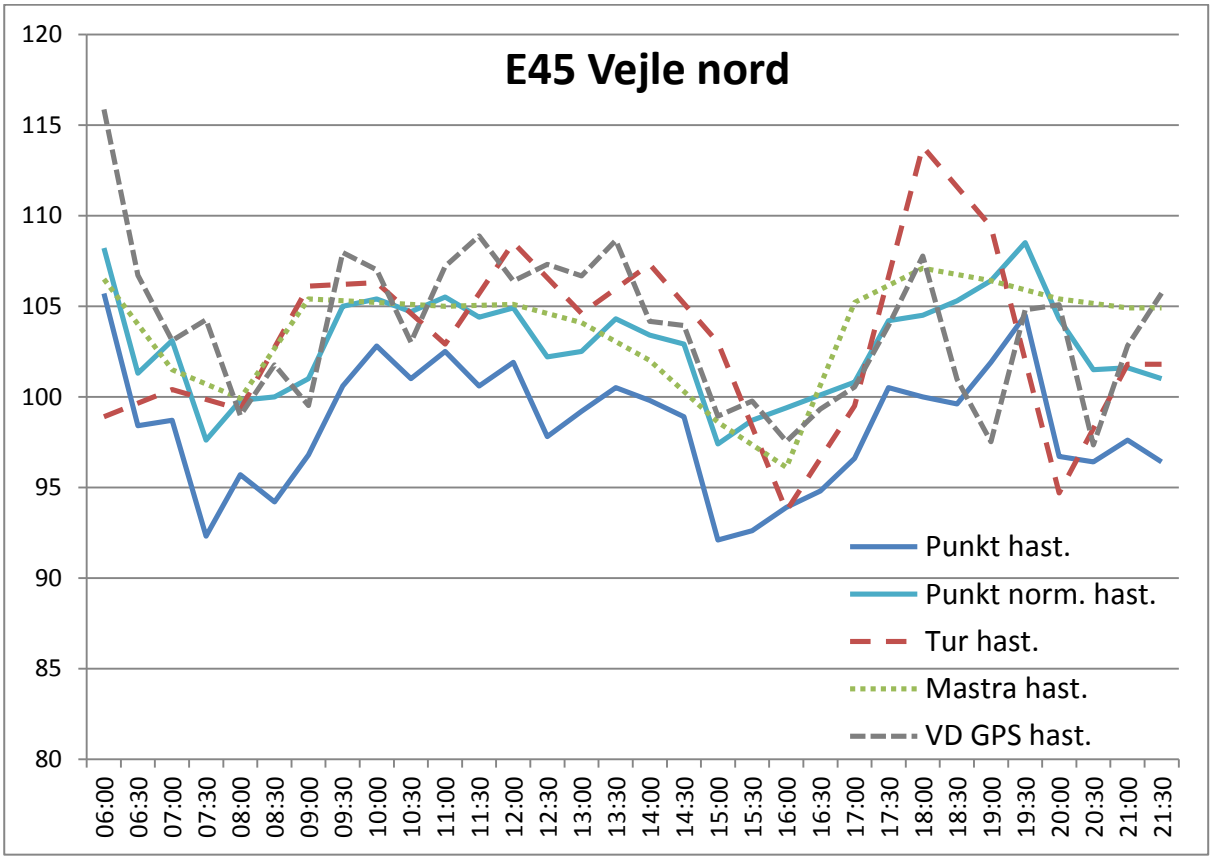


Figur 12 Motorvej E45 syd for Vejle

Rejsehastigheden i sydlig retning er vist i Figur 13 og i nordlig retning er vist i Figur 14.



Figur 13 Resultater for E45 ved Vejle i sydlig retning



Figur 14 Resultater for E45 ved Vejle i nordlig retning

Ud fra resultaterne i Figur 13 og Figur 14 kan det ses, at MASTRA resultatet er meget mere overens stemmende med de øvrige beregningsmetoder på motorveje end det var tilfældet i byerne. Det antages, at det skyldes, at segmenter generelt er længere på en motorvej og at der generelt køres med en mere jævn hastighed, end det er tilfældet med to forgående sæt resultater fra byerne, vist i Figur 9 og Figur 11. MASTRA data synes derfor godt at kunne lægge til grund for en vurdering af rejsehastigheder på motorveje.

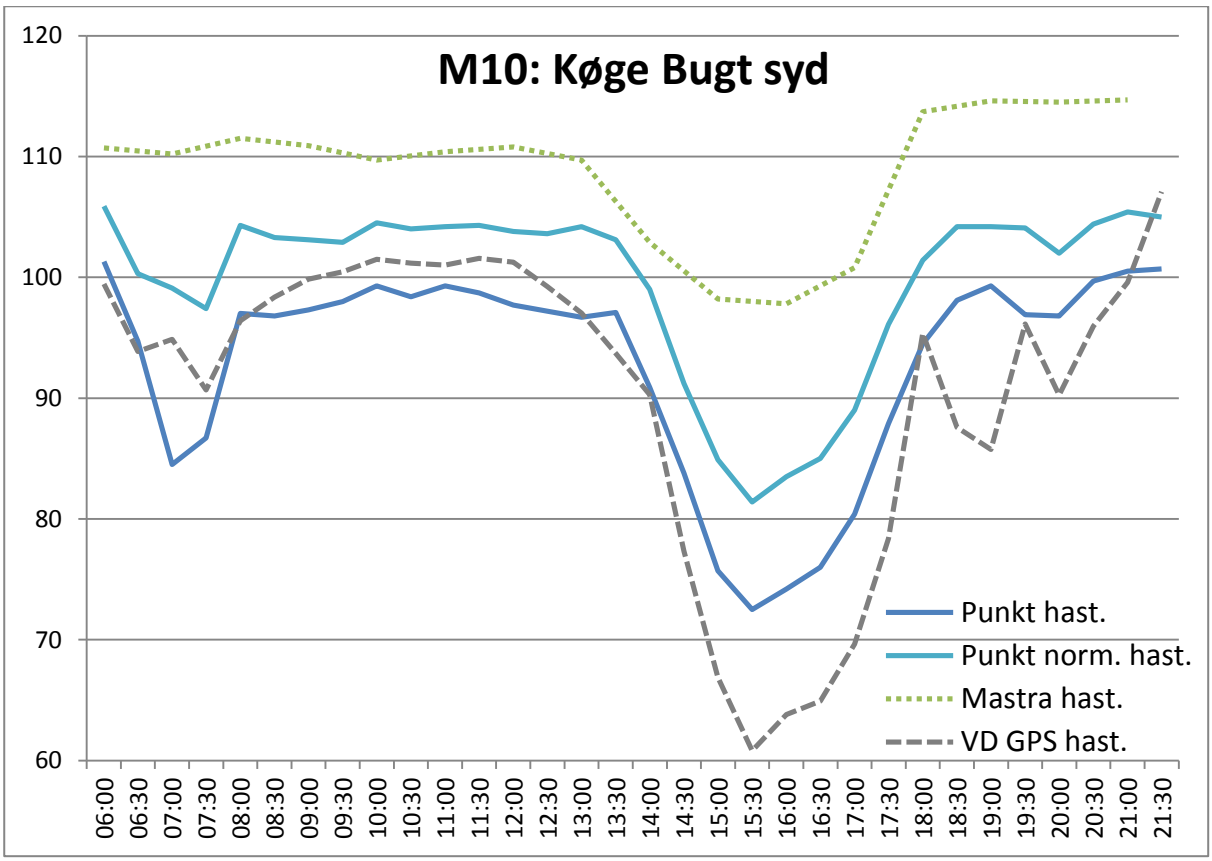
Sammenlignes punkt- og turbaseret er tendensen stadig, at den turbaserede giver den højeste hastighed. Som for Ringgaden i Aarhus er der her få ture. Det er således ikke muligt at lave sikre konklusioner baseret på det data grundlag, der er tilgængeligt.

Som noget nyt har VD også estimater af rejsehastigheder baseret på GPS data for den udvalgt stækning. Ses på Figur 13 er VDs rejsehastigheder generelt lavere og med meget mere markante fald i både morgen- og eftermiddags spidstimerne. I Figur 14 er der større overensstemmelse mellem resultaterne for VD og de resultater, der beregnes i denne artikel. Resultaterne i denne artikel er i sydgående og nordgående retning baseret på hhv. 27.650 og 20.940 observationer. De tilsvarende tal for VD er 14.791 og 9.632 observationer.

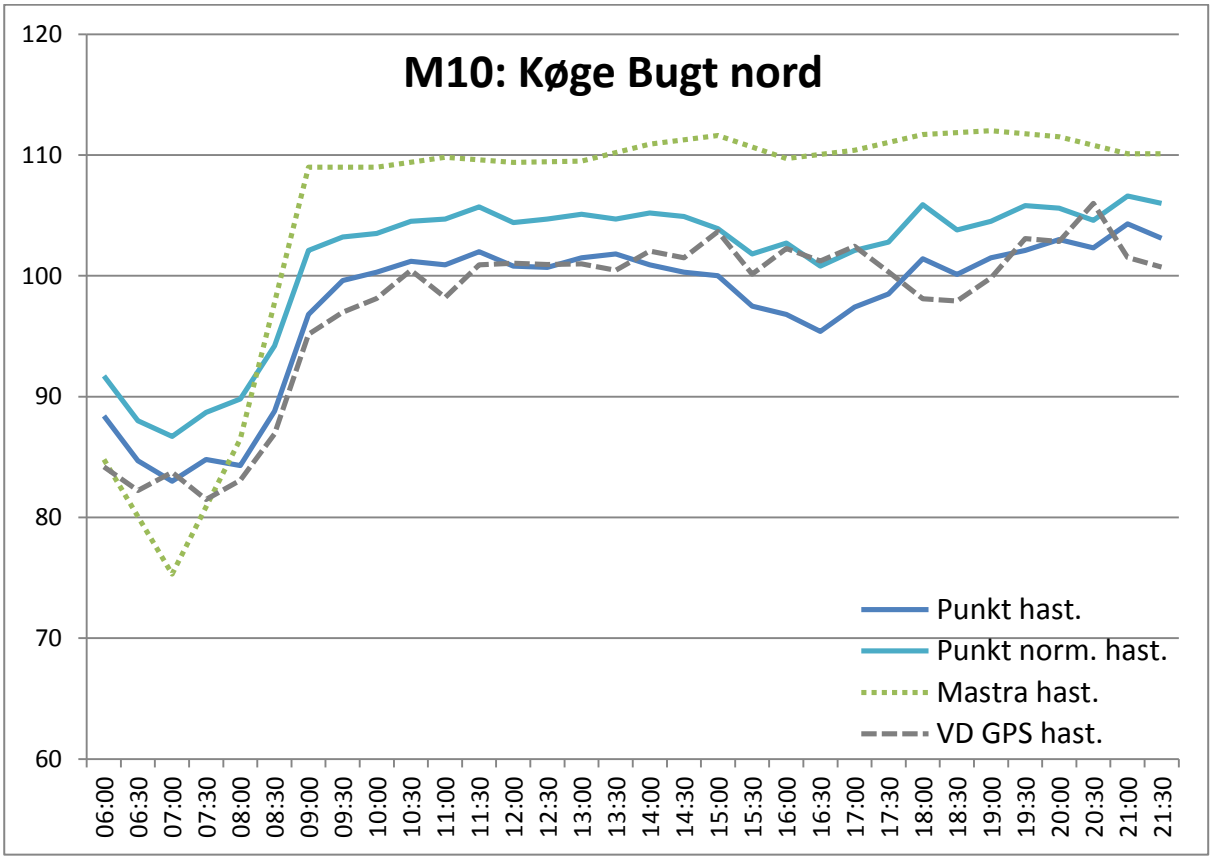
Køge Bugt motorvejen (M10)

På Køge Bugt motorvej er der udvalgt en strækning mellem afkørsel 29 Greve S (øverst) og Karlslunde rasteplads (nederst). Udsnittet er vist på Figur 15, hvor sporene i nordgående og sydgående retning er adskilte på kortet og det nordgående spor består af 5 segmenter, mens det sydgående spor består af 3. Distancen i hver retning er 2,3 km og den skiltede hastighed er 110 km/t.

Figur 15 Motorvej M10 mellem Greve S og Karslunde rasteplads



Figur 16 Resultater for M10 Køge Bugt i sydlig retning



Figur 17 Resultater M10 Køge bugt i nordlig retning

Det første der kan konstateres er, at der ikke er nogle turbaserede resultater. Dette skyldes, at der ikke er data nok. En konklusion er derfor, at turbaseret sandsynligvis giver et mere retvisende resultat, men det er nødvendigt at have den punktbaserede at falde tilbage på, når der ikke er tilstrækkeligt data.

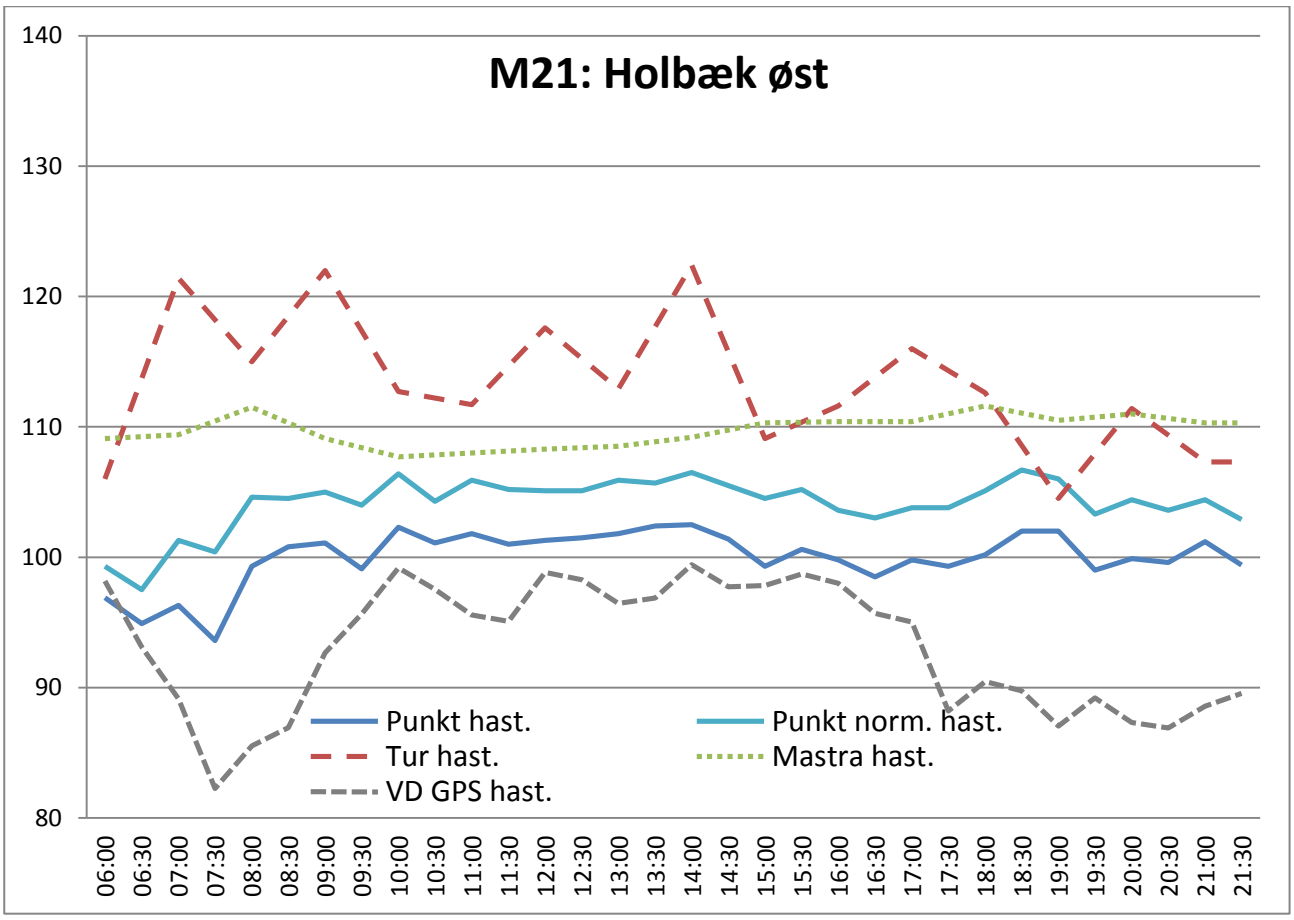
Figur 16 viser klart, at de GPS baserede tilgangsvinkler finder en morgen og en eftermiddags spidsbelastning. MASTRA data finder kun den største spids om eftermiddagen. MASTRA data giver generel et højere hastighed end de GPS baserede metoder. Bemærk at VDs beregnede hastighed i den største spidsbelastning om morgenen er betydeligt højere end for den punkt baserede metode fra denne artikel.

For trafikken i den nordlige retning viser Figur 17 at der generelt er overensstemmelse mellem de GPS baserede tilgangsvinkler og de alle finder cirka den samme størrelse, tidspunkt og varighed af morgen spidstimen. Bemærk at MASTRA beregningen her viser en lavere hastighed i spidstimen, hvor den i Figur 16 generelt giver en højere.

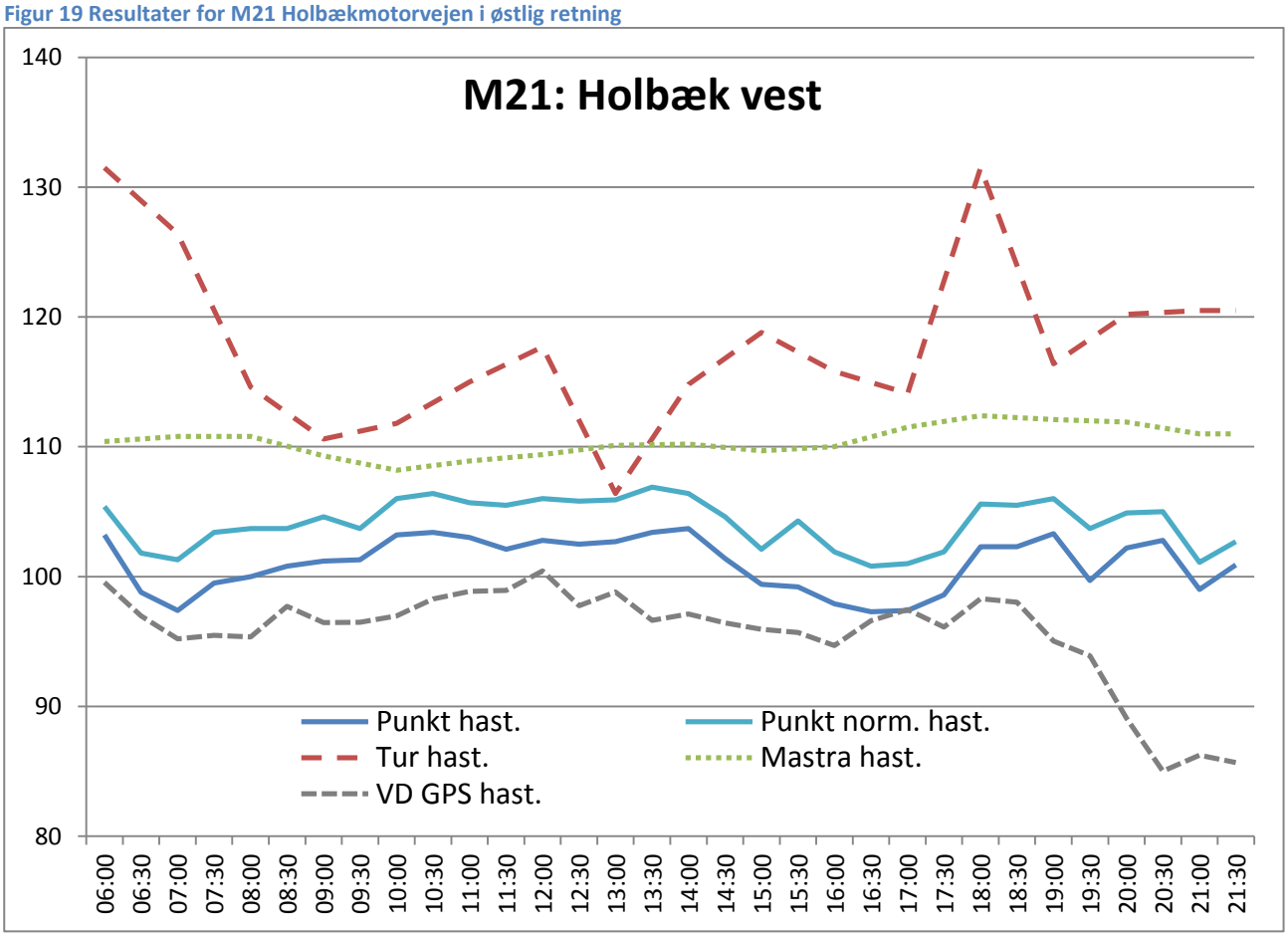
Holbækmotorvejen (M21)

På Holbæk Motorvejen er der udvalgt en strækning mellem afkørsel 6 Høje Tåstrup C (til højre) og 7a Høje Tåstrup S (til venstre), vist på Figur 18. Igen er segmenterne for vest- og østgående trafik adskilt på kortet, hvor hver retning består af 2 segmenter og har en distance på 2,3 km. Den skiltede hastighed er 110 km/t.

Figur 18 Holbækmotorvejen mellem Høje Tåstrup C og S



Figur 19 Resultater for M21 Holbækmotorvejen i østlig retning



Figur 20 Resultater for M21 Holbækmotorvejen i vestlig retning

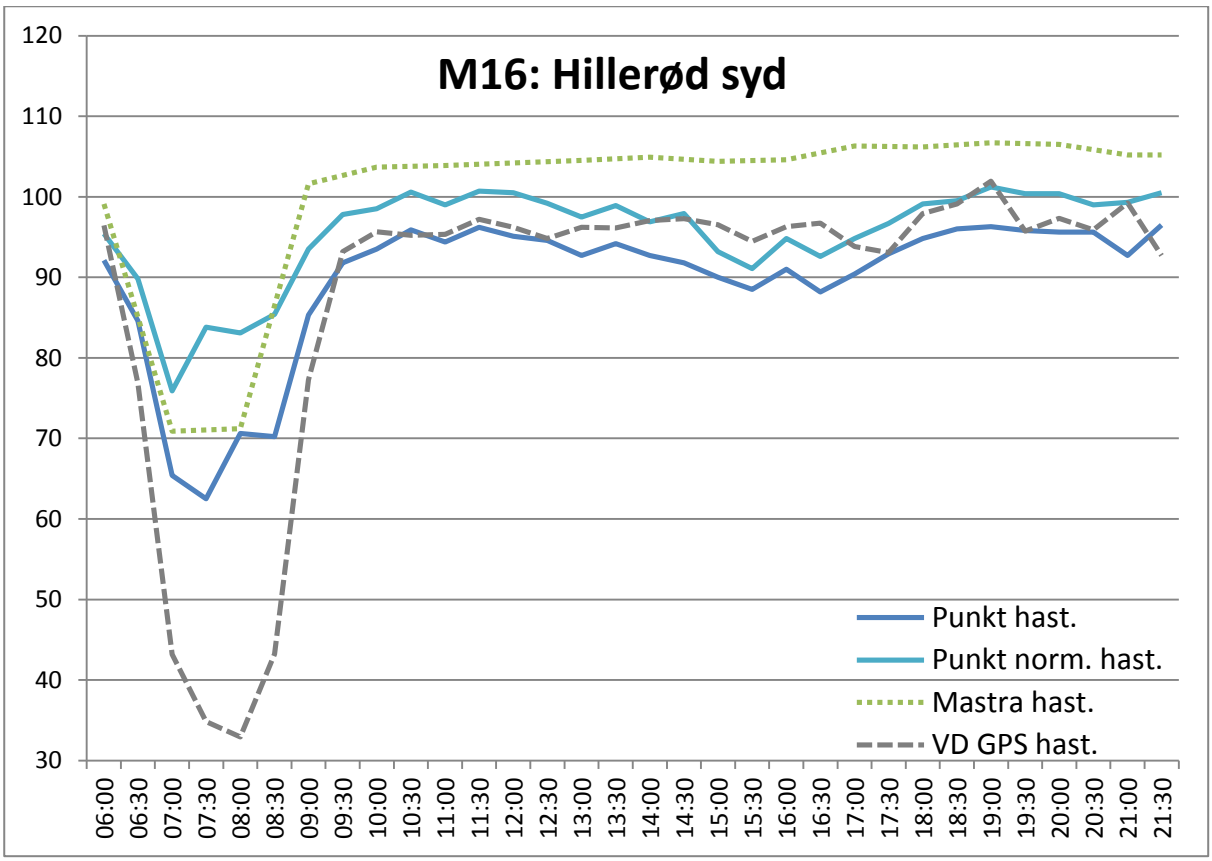
For Holbækmotorvejen er den turbaserede metode inkluderet som det kan ses af Figur 19 og Figur 20. Resultaterne for turene er i Figur 19 baseret på 229 ture, hvor der er mellem 3 og 28 ture per halve time. De tilsvarende tal for Figur 20 er 200 ture, hvor der er mellem 3 og 35 per halve time. Dette er ikke mange ture, men generelt er de turbaserede beregninger af rejsehastigheder betydeligt højere end de øvrige beregningsmetoder.

MASTRA data ligger konsekvent over de punktbaserede GPS metoder. Herudover har MASTRA data meget få udsving. Til gengæld finder VDs GPS metode en betydelig større morgen og aften spidstime i Figur 19 end metoderne introduceret i denne artikel ikke finder. Tilsvarende viser VDs GPS metode en betydelig spidstime i Figur 20 som igen ingen af de andre metoder finder. Vi kan ikke konkludere hvilke metoder giver det mest retvisende billede blot, at der er betydelig forskel mellem resultat af MASTRA, VDs GPS hastigheder og hastighederne denne artikel beregner. Figur 19 er baseret på 40.136 observationer og Figur 20 på 27.684 observationer. De tilsvarende tal for VD er 67.268 og 38.316 observationer.

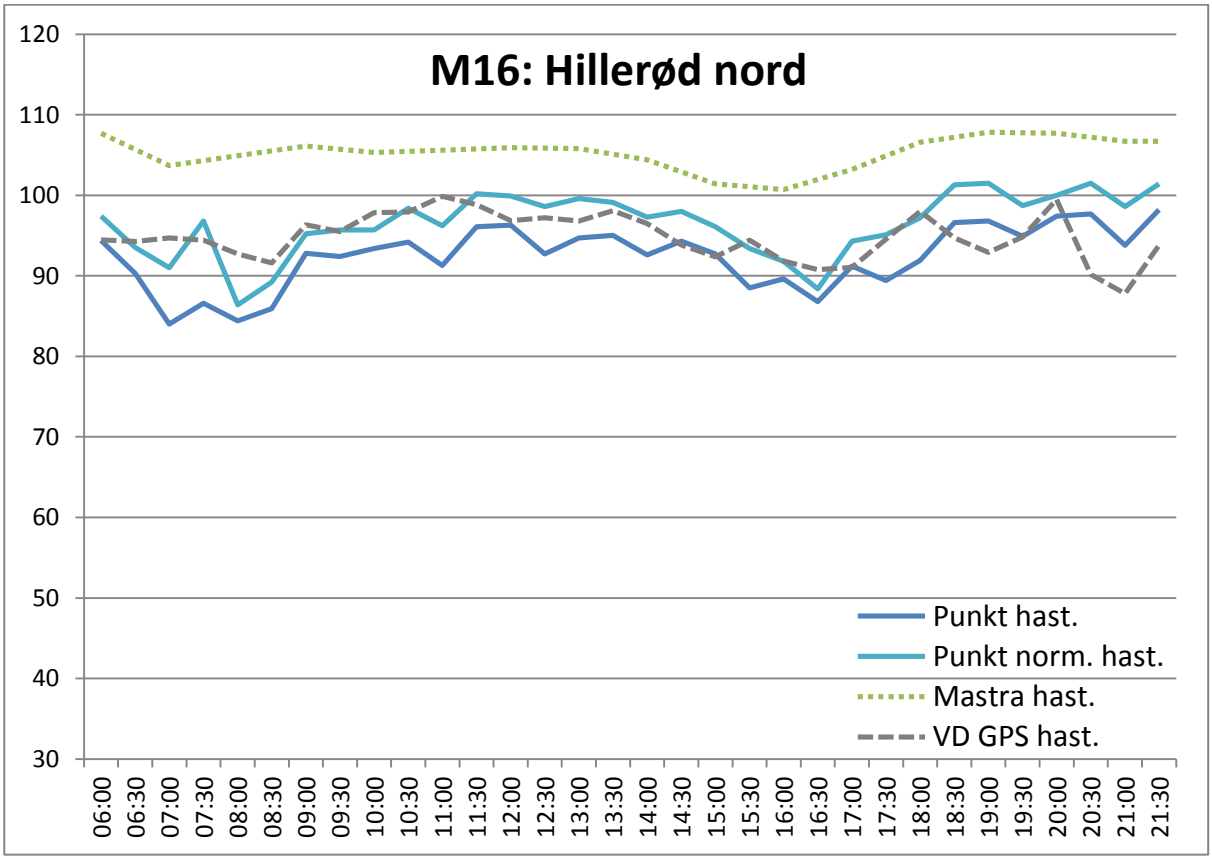
Hillerødmotorvejen (M16)

På Hillerødmotorvejen er der udvalgt en strækning på mellem afkørsel 8 Værløse og afkørsel 9 Farum C. Udsnittet er vist på Figur 21 og sporene er adskilt på kortet i forskellige segmenter, hvor det nordgående spor består af 4 segmenter, mens det sydgående spor består af 2 segmenter. Distance for udsnittet er 2,4 km og den skiltede hastighed er 110 km/t.

Figur 21 Hillerødmotorvejen mellem Værløse og Farum



Figur 22 Resultater for M16 Hillerød motorvejen i sydlig retning



Figur 23 Resultater for M16 Hillerød motorvejen i nordlig retning

Figur 22 og Figur 23 viser cirka det samme billede som gør sig gældende for Holbækmotorvejen vist i Figur 19 og Figur 20, hvor brug af MASTRA data generelt resultere i en højere hastighed end for de GPS baserede metoder.

Det mest interessante ved Figur 22 er, at VDs GPS hastighed er betydeligt langsommere end de resultater denne artikel kommer frem til i morgen spidstimen. Den simple punktbaserede beregnes kl. 8:00 til 70,6 km/t hvorimod VDs hastighed er 32,9 km/t. Dette passer forholdsvist godt ind i det billede, der danner sig ved at se på Figur 13, Figur 16, Figur 17, Figur 19, og Figur 20, at VDs hastigheder er lavere i spidstimen end beregnet i denne artikel. Bemærk at for Figur 22 har denne artikel 23.514 observationer, hvor det tilsvarende tal for VD er 49.066.

Diskussion

Dette afsnit er en diskussion af de generelle tendenser, der kan udledes af resultaterne præsenteret i det foregående afsnit.

Figur 4 og Figur 5 viser, at der allerede er betydelige mængder GPS data tilgængeligt, der kan anvendes til at skabe et hastighedskort over hele Danmark. Bemærk dog at f.eks. Fyn generelt har en dårligere dækning end f.eks. København og Nordjylland. Dette skyldes udelukkende, at der ikke har været tilstrækkelige datakilder for Fyn tilgængeligt. Der skal gøres opmærksomt på, at det er komplekst at anvende GPS data til at beregne hastigheder, fordi der er såkaldt ”beskidt” data (Holm & Foller, 2008) (Holm J. , 2009), som det er nødvendigt at identificere og sortere fra. Herudover er det en teknisk udfordring, at få mapmatchet GPS data til et digitalt vejkort (Pereira, Costa, & Pereira, 2009).

Et gennemgående tema i resultatafsnittet er en sammenligning af punkt- og turbaserede beregning af rejsehastigheder. Den turbaserede kræver større mængder data, end der i øjeblikket er tilgængeligt, dette ses af kortene med dækning i Figur 6 og Figur 7. Det anses for realistisk at få dækket hovedfærdselsnettet med GPS data til turbaseret beregning i løbet af nogle få måneder. Det er væsentligt, at kilden for GPS data er kendt således, at GPS data fra tunge køretøjer ikke blandes med GPS data fra taxier eller personbiler.

Der er foreslået to metoder til punktbaseret beregning af rejsehastigheder hhv. den simple og den vægtede. Den vægtede giver højere rejsehastigheder end den simple. Teoretisk bør den vægtede give det mest retvisende billede, men flere sammenligninger af GPS data fra positioner tæt på tællesnittene bør gennemføres før en endelig konklusion foretages.

Grundet tidligere GPS data orienterede projekter i Aalborg området er der betydelige mængder GPS data for Nordjylland. Resultaterne i Figur 11 viser, at når de punkt- og turbaserede metoder kan sammenlignes beregner den turbaserede en højere rejsehastighed end den simple punktbaserede. Dette resultat ses tildeles også i Figur 9, Figur 13, Figur 14, Figur 19 og Figur 20. For disse figurer er datagrundlaget for lille til, at der kan drages konklusioner bemærk dog, at tendensen er klar.

En helt anden diskussion er brugen af spoler i form af MASTRA data versus brugen af GPS data til beregning af rejsehastigheder. Figur 9 og Figur 11 viser klart, at MASTRA data ikke er godt til at beregne rejsehastigheder i byerne. I modsætning hertil viser Figur 13, Figur 14, Figur 16, Figur 17, Figur 19, Figur 20, Figur 22 og Figur 23, at MASTRA data kan give et rimeligt godt bud på rejsehastigheder på motorvejene. Bemærk dog at MASTRA data generelt ikke finder mindre spidstimer som f.eks. morgenspidsen i Figur 16, mens større spidser som i Figur 17 og Figur 22 kan findes. Generelt giver MASTRA data højere rejsehastigheder end de GPS data baserede metoder. Dette er mest udpræget i Figur 9, Figur 10, Figur 16 og Figur 19.

De beregnede rejsehastigheder fundet i denne artikel stemmer godt overens med VDs GPS rejsehastigheder. Dette kan specielt ses af Figur 14, Figur 17 og Figur 23, hvor kurverne følges ad henover dagen. Generelt har VDs GPS rejsehastigheder betydeligt lavere hastigheder i spidstimerne. Dette ses bedst

i Figur 13, Figur 16, Figur 19 og Figur 22. Denne artikels formål er *ikke* at argumentere for at resultaterne i her er bedre end VDs GPS rejsehastigheder. Herimod er artiklen et argument for, at GPS data er en god og billig måde at beregne rejsehastigheder for hele vejnettet og få disse beregnede hastigheder løbende vedligeholdt ved, at der konstant kan indrapporteres nye GPS data målinger. Et sådant hastighedskort kan f.eks. anvendes til at overvåge en bilflåde og optimere ruteplanlægningen så flåden udnyttes bedst muligt. Hermed kan et hastighedskort være med til at sikre, at de negative miljøpåvirkninger ved transport kan holdes til et minimum. Det vurderes, at et hastighedskort er en central brik i at kunne overvåge og kvantificere trængsel.

Hvis man ser på Figur 9, Figur 10, Figur 13, Figur 14, Figur 19 og Figur 20 er der beregninger af rejsehastigheder vha. MASTRA data, og op til fire forskellige måder at beregne hastigheder ud fra GPS data. Overordnet følges kurverne ad således, at spidstimerne både om morgenen og om eftermiddagen identificeres. De absolutte værdier er betydeligt forskellige som eksempler på dette er følgende.

- Figur 9 kl. 7:00 MASTRA hastighed ~56 km/t og den simple punktbaserede ~34 km/t
- Figur 13 kl. 9:00 VDs GPS hastighed ~82 km/t og den simple turbaserede ~107 km/t
- Figur 19 kl. 7:30 VDs GPS hastighed ~82 km/t, MASTRA hastighed ~111 km/t og den turbaserede ~116 km/t
- Figur 20 kl. 20:30 VDs GPS hastighed er ~85 km/t, den simple punktbaserede ~104 km/t og den turbaserede ~120 km/t

Disse forskellige hastigheder har stor praktisk betydning, hvis f.eks. rejsehastighederne skal anvendes til at estimere ankomsttidspunktet. En konklusion er derfor at det ikke er ligefremt, hvorledes rejsehastigheden beregnes og at der er nødvendigt mere en mere udførlig validering af resultaterne. Herudover er det ikke givet at den samme metode skal anvendes til at beregne rejsehastigheder i byerne som på motorvejene.

Opsummering

Denne artikel har opstillet to alternative måder at bruge GPS data til at beregne rejsehastigheder i hele Danmark med hhv. en punktbaseret og en turbaseret metode. Det er påvist, at der allerede er større mængder GPS data tilgængeligt, således at et hastighedskort kan dannes.

Vi har argumenteret for, at den turbaserede metode er bedst til at beregne rejsehastigheder. Det er vist, at den turbaserede metode er enormt datakrævende og at denne metode endnu kun kan anvendes på en mindre del af kortet. Det er derfor nødvendigt at have den punktbaserede at falde tilbage på, når der ikke er GPS data nok til at anvende den turbaserede.

Seks strækninger fordelt over hele Danmark er undersøgt nærmere. Det drejer sig om to central strækninger i Aarhus og Aalborg. En motorvejstrækning syd for Vejle, samt strækninger på Hillerød, Holbæk og Køge Bugt motorvejene. For disse strækninger er resultaterne fra denne artikel sammenlignet med eksisterende resultater fra MASTRA og eksisterende GPS rejsehastigheder. Generelt er der en høj grad af overensstemmelse med eksisterende resultater, men der mangler en general validering af alle rejsehastigheder beregnet vha. GPS data.

Tak til

Vi vil gerne takke FlexDanmark (tidligere BeKTra) for adgang til deres GPS data. Tak til Spar på Farten projekt for adgang til GPS data og et digitalt vejkort.

Referencer

Spar På Farten. (17. 8 2010). Hentede 17. 08 2010 fra http://www.sparpaafarten.dk

COWI A/S. (2004). *Projekt Trængsel.*

FlexDanmark. (20. 08 2011). Hentet fra FlexDanmarks hjemmeside: http://www.flexdanmark.dk

Holm, J. (2009). GPS data som grundlag for en national rejsehastighedsdatabase. Trafikdage på Aalborg Universitet.

Holm, J., & Foller, J. (2008). GPS pilotprojekt. *Trafikdage på Aalborg Universitet.*

Lahrmann H, A. N. (u.d.). Pay as You Speed, ISA with incentive for not speeding: Results and interpretation of speed data. *Accident Analysis & Prevention*.

Lahrmann, H., & Leleur, S. (1994). *Vejtrafik.* Polyteknisk forlag.

Mastra Nøgletalsdatabase. (u.d.). Hentede 17. 07 2011 fra http://www.vejsektoren.dk: http://www.vejsektoren.dk/wimpdoc.asp?page=document&objno=60130

Mastra Nøgletalsdatabase. (u.d.). Hentede 27. 07 2011 fra http://vej06.vd.dk/noegletal/nytui/main/noegletal.html

Pereira, F., Costa, H., & Pereira, N. (2009). An off-line map-matching algorithm for incomplete map databases. *European Transport Research Review*(3), s. 107-124.

Torp, K., & Lahrmann, H. (2009). Metode til beregning af køretider, trængsel og forsinkelser i kryds vha. GPS Data. Aalborg: Trafikdage på Aalborg Universitet.

Vejdirektoratets GPS database. (u.d.). Hentede 27. 07 2011 fra http://vej06.vd.dk/gpsbase4.0/rapporter/StraekningsUdskrift.html