

# Bluetooth detektorer som ny cost - effektiv sensor i vejtrafikken

---

## Forfattere:

Harry Lahrman  
Aalborg Universitet  
lahrman@plan.aau.dk

Kristian Skoven Pedersen  
Grontmij-Carl Bro  
KristianSkoven.Pedersen@grontmij-carlbro.dk

Lars Tørholm Christensen  
BLIP Systems  
lars.toerholm@blipsystems.com

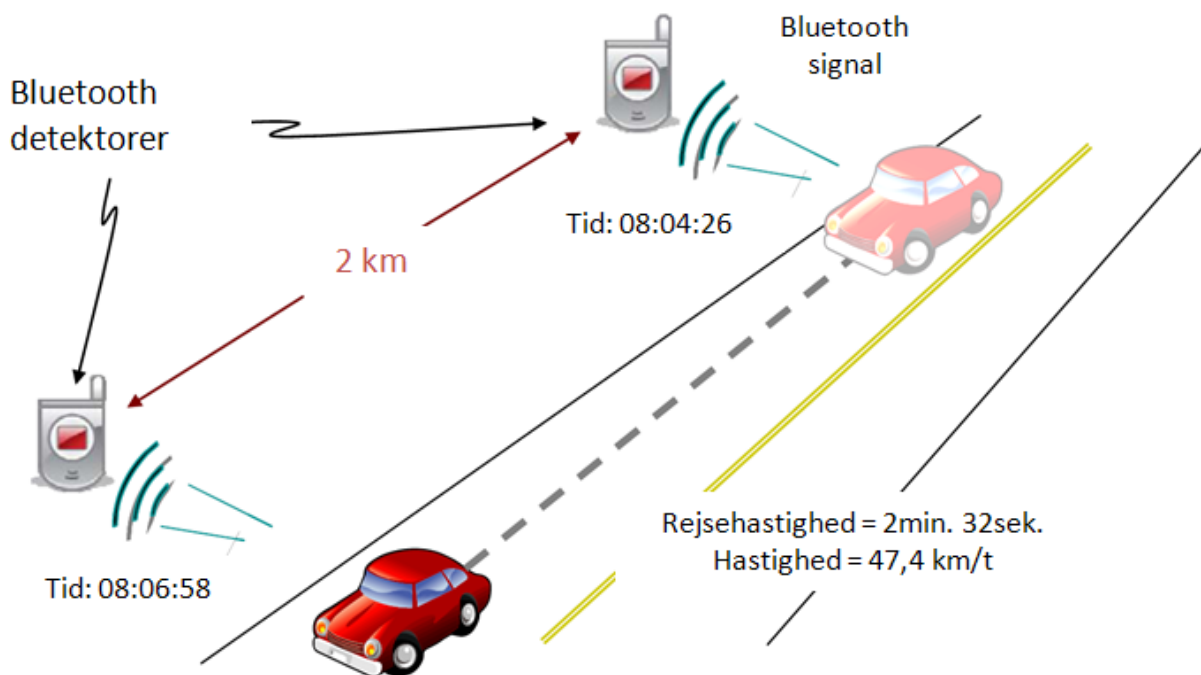
## Indlæggets baggrund og formål

I takt med at trængslen på vejnettet stiger er behovet for valid viden om hastigheder og køretider på vejnettet stigende - både i form af historiske data og realtids data. Det er derfor af stor betydning at udvikle sensorer, der prisbilligt kan levere disse data. Traditionelle sensorer til måling af hastigheder og køretider har været loops, radar og videokameraer, men alle disse teknikker er karakteriseret ved at være kostbare, hvis de skal bruges til en valid monitorering af trafikken i et større net. Derfor har der i mange år været fokus på at udvikle bedre og mere prisbillige sensorer. Et eksempel herpå der brug af Floating Car Data (GPS data fra kørende biler), det andet eksempel er systemer, der tracker mobiltelefoner.

I dette indlæg vil vi beskrive en helt ny sensorteknik til måling af såvel hastighed som rejsetider. Endvidere vil en række testmålinger med teknikken blive præsenteret, herunder en sammenligning af resultater fra denne teknik med FCD teknikken. Endelig vil teknikkens muligheder og begrænsninger blive diskuteret herunder en økonomiske sammenligninger med de traditionelle sensorteknikker.

## Anvendte metoder, analyser og fremgangsmåde

Når trafikanter færdes på vejnettet medbringer de ofte elektronikprodukter, som indeholder en Bluetooth enhed. Det kan være mobiltelefoner, navigationsanlæg eller fx håndfri sæt til mobiltelefon. Når Bluetooth enheden er tændt udsender en unik identifikationsstreng kaldet Media Access Control adresse eller kort MAC adresse. Det er muligt at aflæse denne adresse med en detektor placeret ved vejsiden og tidsstempler aflæsningen fås en præcis tidsmæssig lokalisering af Bluetooth enheden. Haves fx to læsere placeret i to punkter kan rejsetid og hastighed mellem de to punkter bestemmes – se figur 1.



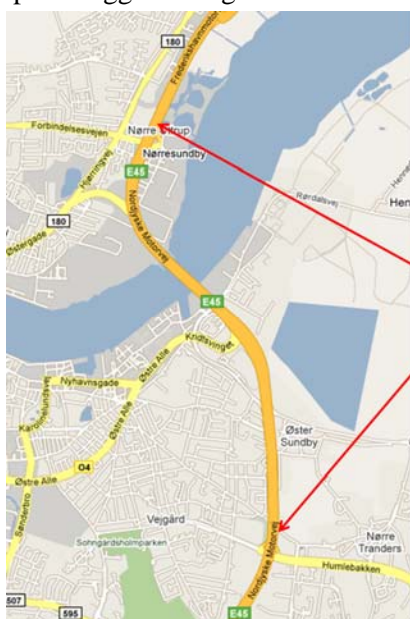
Figur 1 Princippet i brug af Bluetooth detektorer til bestemmelse af rejsetid

Systemet, der beskrives i dette paper, er udviklet af firmaet BLIP System og består af Bluetooth dektorer, der via en GPRS forbindelse i realtid leverer tidsstemplede og retningsbestemte informationer om passerede Bluetoothenheder til en back-end server. På back-end serveren er udviklet software der bl.a. kan bestemme rejsetider mellem Bluetooth dektorerne, såvel i realtid som gennemsnitlige historiske rejsetider.

Dette paper beskriver resultaterne fra to opstillinger, en opstilling på E45 omkring Limfjordstunnelen og en opstilling på E45 omkring Ustrup rastepladsen.

## Resultater fra opstilling omkring Limfjordstunnelen

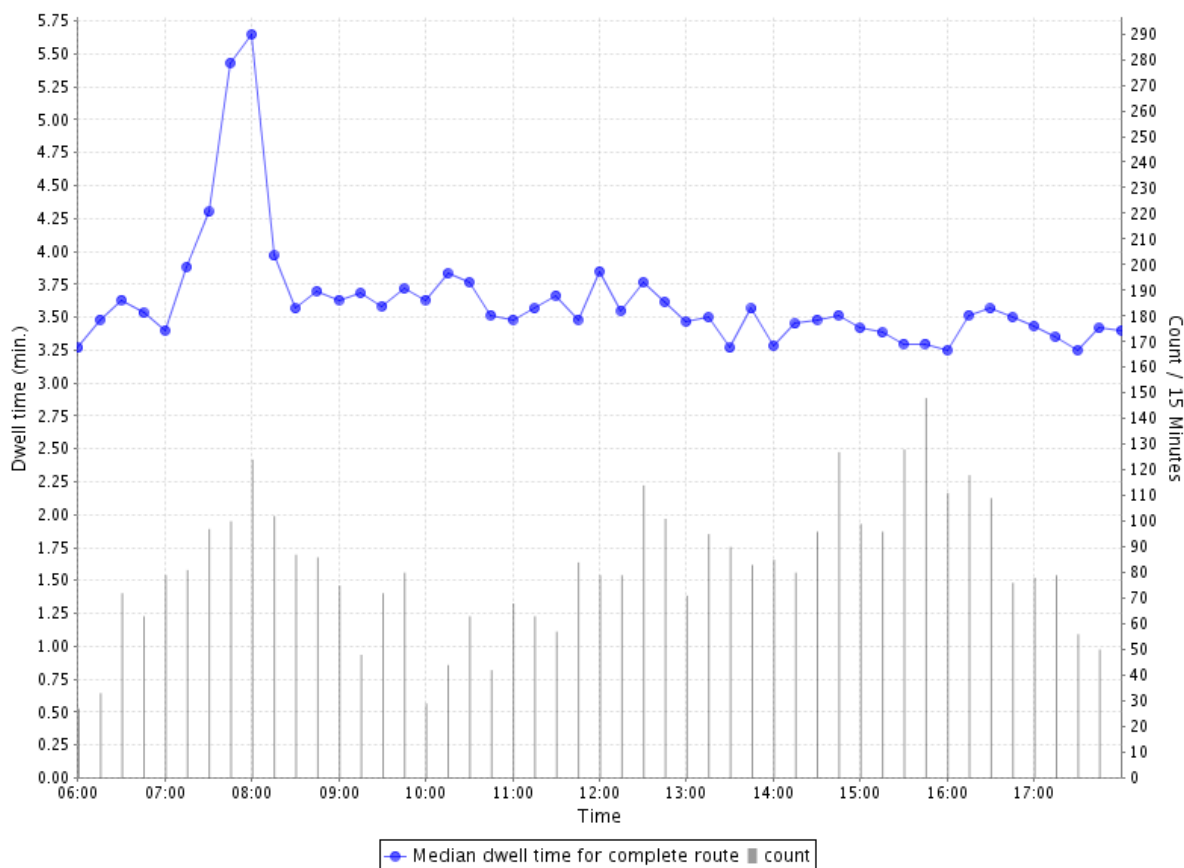
Figur 2 viser placeringen af de to sensorer. En nordlig sensor ved forbindelsesvejen og en sydlig sensor ved Humlebakken. Begge sensorer er placeret i vejsiden på øst siden af E45, men dækker alle spor i begge retninger af E45.



Figur 2 Bluetooth detektor placeret på hver side af Limfjordstunnelen

## Resultater

I Figur 3 er vist et eksempel på en enkelt dags målinger opgjort hvert kvarter i retning fra nord mod syd fra kl. 06.00 til kl. 18.00. Den blå linie viser køretiden og de grå søjler antallet af målte Bluetooth enheder i hver periode.



Figur 3 Køretider pr. kvarter i sydlig retning igennem Limfjordstunnelen målt mellem et punkt nord for Forbindelsesvejen til et punkt nord for Humlebakken. Målt den 12. januar 2010 mellem kl. 06.00 og 18.00. Den blå linie viser køretiden i minutter og de grå søjler viser antal målte Bluetooth enheder i kvarteret.

Med det formål at få et billede af forsinkelserne i Limfjordstunnelen er køretiderne studeret i en 4 ugers periode fra den 4. januar 2010 til den 31. januar 2010. Resultaterne af disse studier er:

### *Syd mod nord*

3,5 promille af observationerne har en rejsetid der ligger mere end 10 minutter over normalrejsetiden på 3,5 minut. Meget få af disse ligger i spidstimerne, og over 70 % hidrører fra en enkelt hændelse den 5. januar fra kl. 13.00 til kl. 15.00

Sammenfattende kan det konkluderes, at bortset fra en hændelse den 5. januar, har omkring én promille af trafikanterne fra syd mod nord i januar 2010 haft en rejsetid der har ligget mere end 10 minutter over normalrejsetiden og intet tyder på at trængsel dominerer årsagerne til de lange rejsetider.

### *Nord mod syd*

1,2 promille af observationerne har en rejsetid der ligger mere end 10 minutter over normalrejsetiden på 3,5 minut

Meget få af disse ligger i spidstimerne og intet tyder på at trængsel dominerer disse målinger.

Sammenfattende kan det konkluderes: I januar måned 2010 har omkring én promille af trafikanterne fra nord mod syd haft en rejsetid på mere end 10 minutter over normalrejsetiden og intet tyder på at trængsel dominerer de lange rejsetider.

## Sammenligning med GPS data

I forskningsprojektet Spar på Farten opsamlede 152 biler igennem perioden medio 2006 til ultimo 2008 280 mio. rækker med logdata fra GPS modtagere i kørende biler i Aalborg området. Ud fra disse data er der fundet ture imellem de samme punkter som Bluetooth sensorerne stod i, og rejsetider for de to målemetoder er sammenlignet, resultaterne viser god overensstemmelse. Gennemsnitlig køretid med GPS var 180 sekunder, mens den med Bluetooth var 205 sekunder.

Bluetooth data stammer fra 25/1 til 29/1 2010, en periode hvor køretiderne generelt var præget af frost og sne. GPS modtagerne var monteret i person biler, mens Bluetooth målingerne blev foretaget på alle typer af køretøjer inklusiv tung trafik. Det er derfor forventeligt at Bluetooth målingerne ligger lidt over de GPS baserede målinger.

## Diskussion af usikkerhed

### *Biler på afveje*

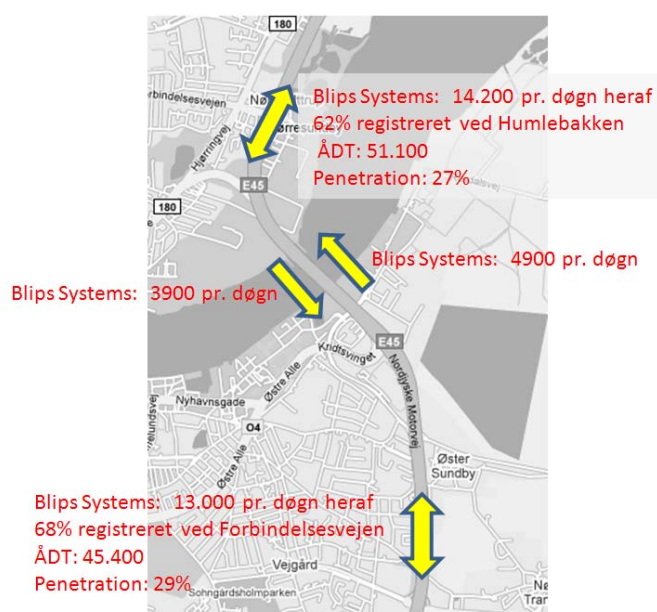
En af denne forsøgsopstillings usikkerheder er, at der mellem de to målepunkter er to tilslutningsanlæg. Det betyder, at de biler, der måles til at have en lang rejsetid, kan have været en tur væk fra motorvejen for derefter at være kørt på motorvejen igen. For delvis at imødegå denne usikkerhed er data er opdelt i 5 minutters intervaller, i hver af disse er valgt den mindste observation, som repræsentation for køretiden i dette tidsinterval. Hvis der kun er foretaget én observation i en fem minutters periode, er der en risiko for, at observationen er foretaget på en bil der ikke er kørt direkte mellem de to poster, derfor er alle perioder med kun en observation frasorteret, disse perioder forekommer primært i nattetimerne.

### *Aflæsningssikkerhed*

Andre usikkerheder er, at ikke alle biler en Bluetooth forbindelse, der kan aflæses, medens andre biler måske flere åbne Bluetooth forbindelser. Hvor meget aflæsningsusikkerheden bidrager med kan ikke besvares tilfredsstillende med denne måleopstilling fordi der som tidligere nævnt er tilslutningsanlæg mellem de to målesnit, men følgende bemærkes, idet der henvises til figur 4:

Sammenlignes med Vejdirektoratets tællinger af ÅDT har de to snit en penetration på hhv. 27% og 29% af ÅDT - altså næsten en ens penetration.

Samtidig bemærkes, at omkring 2/3 af de

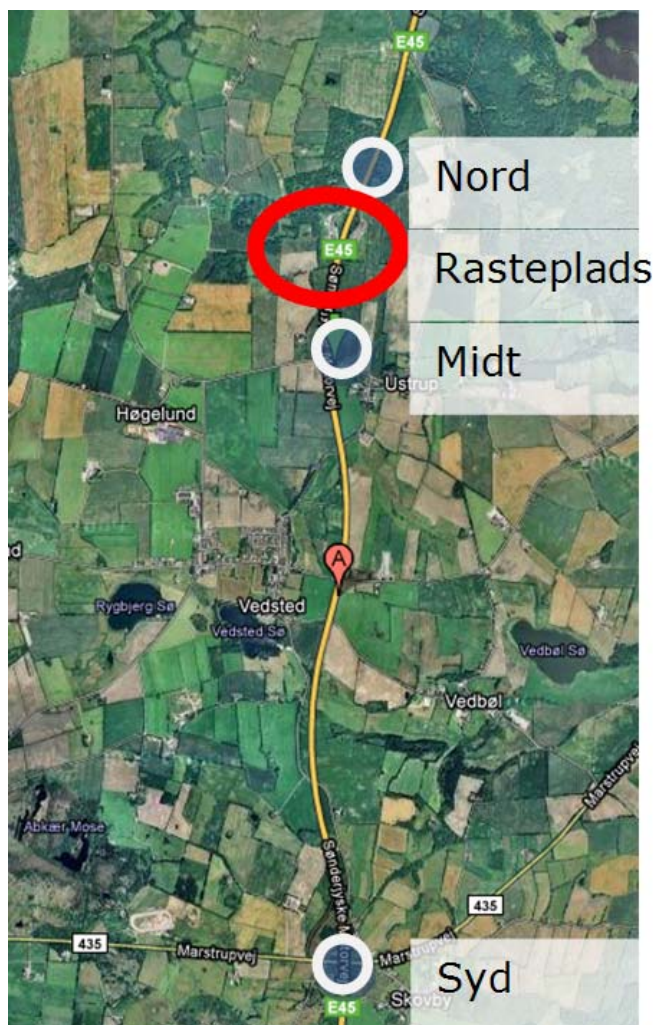


Figur 4 Sammenligning mellem spoletællinger og Bluetooth registreringer

aflæste Bluetooth numre genfindes i det andet snit. Gennemkørselsprocenten på denne strækning kendes ikke, men det vurderes, at den ikke ligger væsentlig over 2/3, hvilket indikerer, at systemet med rimelig sikkerhed aflæser alle Bluetooth forbindelser i de to snit.

Aflæsningsusikkerheden er nærmere belyst i næste afsnit, der beskriver en pilot på en lukket vejstrækning.

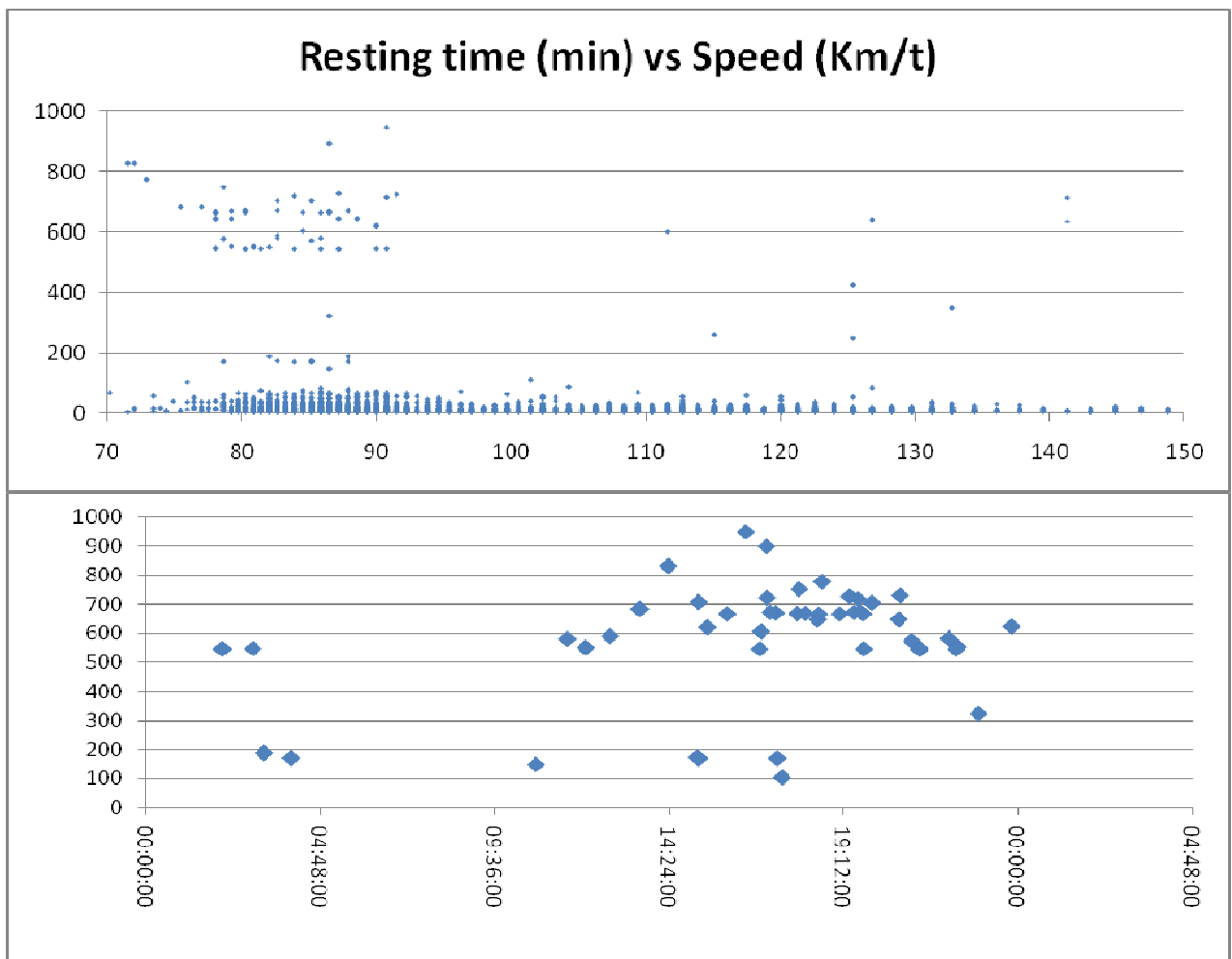
## Resultater fra opstilling omkring Ustrup rasteplads



I forbindelse med en ændring af faciliteterne på Ustrup raste pladsen, har BLIP Systems i samarbejde med Vejdirektoratet foretaget målinger af opholdstiderne for tung trafik på Ustrup Øst og Vest. Disse data blev opsamlet vha. 3 sensorer som vist på Figur 5, sensorerne er placeret på en lukket vejstrækning uden til- og frakørsler.

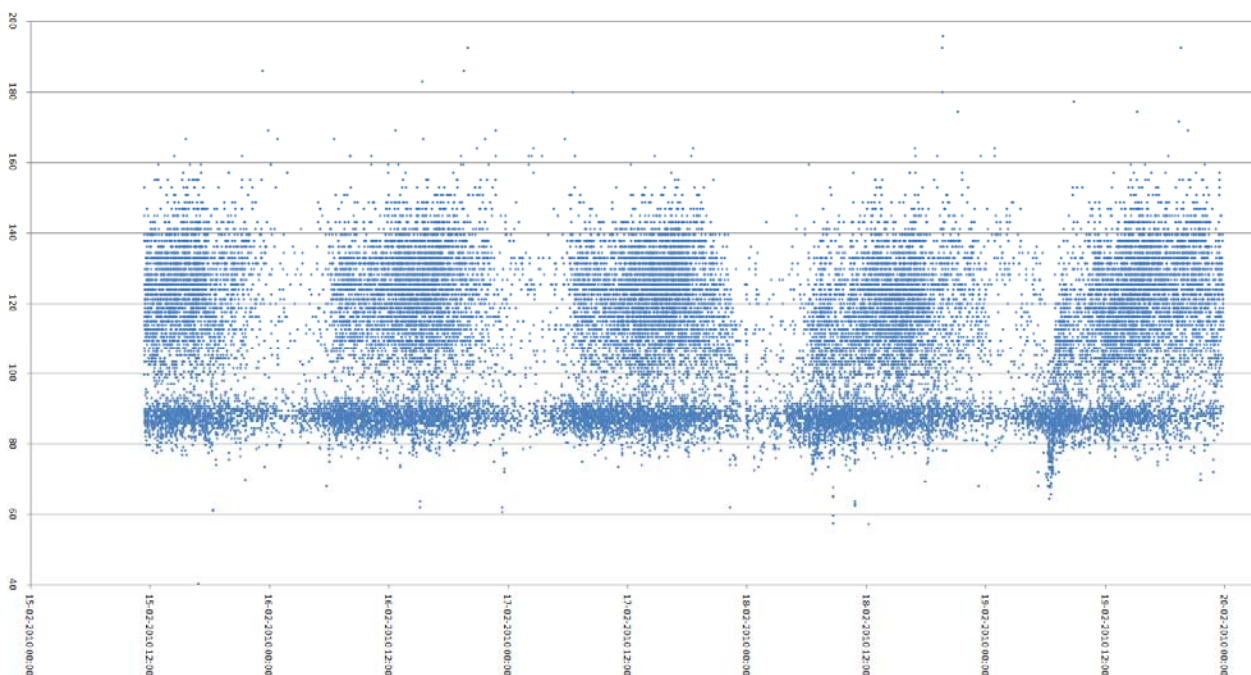
Resultaterne fra målingerne er vist på figur 6 på næste side.

Figur 5 Placering af sensorer omkring Ustrup rasteplads. Sensorerne "Nord" og "Midt" anvendes til at måle opholdstiden, mens sensoren "Syd" bruges til at måle hastighed og derved klassificere køretøjet



jer

Resultaterne viser, at den tunge trafik typisk holder på pladsen i 10 timer og typisk ankommer sidst på eftermiddagen.



Figur 7 Køretider i nordgående retning.

Figur 7 viser køretider i nordgående spor. Y-aksen viser køretiden og X-aksen tiden, enheden x-aksen er 12 timer. Der ses tydeligt 2 bånd, et for person biler og et for tung trafik.

## Diskussion af usikkerhed

### *Aflæsningsfejl*

Idet strækningen var lukket var det muligt at bestemme sandsynligheden for at aflæsningsfejl, og den blev udregnet for hver af de 3 sensorer til at være 3.77, 6.56 og 9.3 %. Tallene viste en sammenhæng imellem sensorernes monteringshøjde i fht. vejbanen og fejlraten.

### *Antal Bluetooth enheder per køretøj*

Bluetooth målinger kan ikke direkte bruges som et mål for hvor mange køretøjer der er på strækningen, idet den nøjagtige penetration ikke er kendt og fordi der kan være flere enheder i et enkelt køretøj.

I et normal flow, er der vanskeligt at skelne om to Bluetooth enheder findes samme køretøj, eller om de findes i hvert sit køretøj. Idet aflæsningen af Bluetooth enheden kan tidsbestemmes med en nøjagtighed på ca. 6 sekunder, og tæt kørende biler kan have en mindre afstand.

Da strækningen var forholdsvis kort, kunne det forekomme at to køretøjer lå tæt op af hinanden ved alle 3 sensorer.

For at udelukke data fra tæt kørende blev data fra køretøjer der havde opholdt sig mindst 90 sekunder på rasteplassen analyseret.

Analysen viste at køretøjer i gennemsnit havde 1.4 Bluetooth enhed.

Hvis dette tal kombineres med penetrations målinger fra Limfjordstunnelen hvor penetrationen baseret på ÅDT tal blev opgjort til hhv. 29 % og 27 % svarer det til at penetrationen opgjort per køretøj er omkring 20 %.

Og 20 % er mere end rigeligt til at bestemme en nøjagtig køretid.

I Ustrup var der om natten en måling hvert andet minut, og i peak hours 10 i minuttet.

## Konklusion

Ud fra to opstillinger på E45 er det påvist at det er muligt

- At måle køretider fra køretøjer på en motorvej vha. Bluetooth sensorer monteret på et jordspyd i vejsiden.
- At en enkelt sensor uden problemer kan dække en motorvej med 2 spor i hver retning
- At 20 % af alle køretøjer har en eller flere Bluetooth enheder.
- At der 1.4 Bluetooth enhed per køretøj
- At sandsynligheden for fejlaflysninger ved ideel montering kan være < 4 %

Bluetooth kan dermed bruges til måling af køretider, origin and destination analyser.

BlipTrack løsningen fra BLIP System er tilgængelig i dag, og giver mulighed for at se trafikdata i realtid og historisk på et web baseret interface.

## Referencer:

1. Asudeqi; M; Optimal Number and Location of Bluetooth Sensors for Travel Time Data Collection in Networks; Master Thesis; University of Maryland, 2009; Accessed, 21. marts 2010: <http://hdl.handle.net/1903/9400>
2. BLUETOOTH TRAFFIC MONITORING TECHNOLOGY, CONCEPT OF OPERATION & DEPLOYMENT GUIDELINES, UNIVERSITY OF MARYLAND - CENTER FOR ADVANCED TRANSPORTATION TECHNOLOGY, 2008; Accessed 21. marts 2010 at: [http://www.catt.umd.edu/documents/UMD-BT-Brochure\\_REV3.pdf](http://www.catt.umd.edu/documents/UMD-BT-Brochure_REV3.pdf)