

# Bestemmelse af trængsel for busser på baggrund af GPS data

Af:

Jens Kristian Duhn, Rambøll Nyvig, jensduhn@hotmail.com

Kresten Nørgaard Madsen, COWI, kresten\_m@hotmail.com

*Dette paper er baseret på afgangsprojektet: "Trængselsopgørelse for busser – samt vurdering af fremkommelighedsforbedrende tiltag", der er udarbejdet i foråret 2008 som en del af civilingeniøruddannelsen indenfor Vej- og Trafikteknik på Aalborg Universitet. Som en del af projektet indgår en bestemmelse af trængsel for busser på baggrund af GPS data automatisk logget fra de største busruter i Aalborg. I dette paper vil der være fokus på metoden til bestemmelse og illustrering af trængslen samt anvendelsesmuligheder af dette.*

---

## *Indledning*

I 2004 skete der en omlægning af den kollektive trafik i Aalborg. I forbindelse med omlægningen blev der indført et nyt informationssystem, der sammenkobler planlagt og kørt trafik for de største bybuslinier. I busserne sidder en GPS, der løbende orienterer systemet omkring bussens placering. Dette bruges blandt andet til et reeltids informationssystem ved busstoppestederne, der informerer ventende passagerer omkring bussernes ankomst. Da GPS data indeholder oplysninger om bussernes position samt tid, kan dette også anvendes til andre formål end til informationssystemet. Ved at sammenholde bussernes rejsetider ud fra GPS data i perioder hvor der er trængsel med perioder med fri fremkommelighed, vil det være muligt at lave en kortlægning af trængslen på ruterne og dermed dokumentere eventuelle problemer for bussernes fremkommelighed. I projektet er der taget udgangspunkt i metrobusrute 1 og 2 i Aalborg, hvilket er højfrekvente busruter med et stort passagergrundlag.

For at anvende GPS logninger fra metrobusserne til at udpege lokaliteter med fremkommelighedsproblemer, er det nødvendigt at definere hvordan disse problemer kvantificeres, så det er muligt at sammenligne størrelsen af problemerne på forskellige lokaliteter. I følgende afsnit vil dette blive defineret i forbindelse med udformningen af en metode til at foretage udpegning af lokaliteter. Grundideen med metoden er, at beregne gennemsnitsforholdet mellem rejsetider for perioder med fri fremkommelighed og i spidstimer. Det er ønsket at udforme en metode, der er praktisk anvendelig ved fremtidig planlægning for den kollektive bustrafik, derfor er følgende kriterier til metoden opstillet:

- Resultatet skal afspejle de gener bustrafikken oplever
- Metoden skal kunne gennemføres uden store tidsmæssige omkostninger
- Metoden skal kunne anvendes af alle trafikforvaltninger, der bruger GPS i busdriften
- Resultatet skal være egnet til formidling, ikke alene blandt fagfolk, men også i offentligheden

Det er målet med metoden, at den bliver så anvendelig, at den fremover kan bruges til fremtidig planlægning i den kollektive busstrafik, ikke kun i Aalborg, men alle steder, hvor der anvendes GPS teknologi i busdriften. I det følgende beskrives den udarbejdede metode til bestemmelse af forsinkelser for busstrafikken.

---

#### *Metode*

Første skridt i metoden til at udpegning lokaliteter med trængsel, er at finde frem til hvilke data der skal bruges, og hvor meget. Da der for metrobusserne i Aalborg er logget GPS data gennem flere år, har det været nødvendigt at foretage en afgræsning til at betragte en mindre periode, da det ellers vil være umuligt at behandle så meget data på en gang. Det er valgt at afgrænse dataområdet til en måned, hvor januar måned 2008 er valgt i den følgende kortlægning. Dette er valgt ud fra ønsket om at anvende så nyt data som muligt, samt erfaringer om, at det er i vintermånederne der er flest passagerer med den kollektive trafik [Jensen 2007, p. 36], hvorfor trængslen for busserne i denne periode har konsekvenser for flest passagerer. Endvidere er det valgt kun at anvende data for tirsdage-torsdage i denne måned. Dette skyldes, at det er i hverdage der er den største efterspørgsel efter kollektiv trafik [Jensen 2007, p. 37], og mandage og fredage er fravalgt, da trafikken på vejnettet, især om fredagen, kan være noget anderledes med hensyn til variation og størrelse end på de øvrige hverdage [Vejdirektoratet 2004, p. 31].

Forsinkelserne og trængslen for busserne er bestemt ud fra en sammenligning mellem køretiderne for en periode med fri fremkommelighed, og spidsperioder med meget trafik og mange passagerer. I metoden sammenlignes køretiderne mellem stoppesteder, hvorfor forsinkelserne der kortlægges således ikke har noget at gøre med den aktuelle rejsetid i forhold til køreplanen. Dette skyldes, at rejsetiderne i køreplanen varierer over døgnet, da der i disse planer forsøges at tage hensyn til de forsinkelser der opstår for busserne, som følge af den større trafikmængde i spidstimerne. Sammenligning med køreplanen vil således ikke give et korrekt billede af bussernes forsinkelser som følge af trængsel på vejene.

## Datagrundlag

Det data der anvendes til kortlægningen af trængslen er indsamlet automatisk i metrobusserne ved hjælp af GPS loggere der sidder fastmonteret i bussen. Når metrobusserne er i drift, registreres en GPS logning umiddelbart før en bus ankommer til et stoppested og igen når bussen forlader stoppestedet. Dette sker ved, at hvert stoppested er omgivet af en bufferzone med en radius på 30 m, og når bussen kører ind i denne zone registreres denne tid som ankomsttid. Ligeledes registreres afgangstiden når bussen igen forlader zonen omkring stoppestedet. I logningen findes der blandt andet oplysninger om rutenummer samt ankomst- og afgangstidspunkter ved hvert enkelt stoppested. Desuden er køreplanen også indlagt, så det er muligt at se hvornår bussen efter planen skulle have været ved de enkelte stoppesteder. Alle GPS logninger for metrobusserne registreres i en central database. GPS logningerne gemmes i databasen i flere år efter de er blevet registreret, det er derfor muligt at udtrække et mindre datasæt for en måned, hvilket anvendes i denne metode. I det valgte datasæt med GPS

logninger for januar måned, er alle metrobussers rejser i perioden registreret. Da ankomsttid og afgangstid registreres særskilt ved hvert stoppested, kan den tid bussen bruger på kørsel mellem stoppestederne beregnes. Det er netop denne køretid der er interessant, da det er denne tid der påvirkes af trængslen på vejene. På baggrund af datasættet, inddeles metrobuslinierne i fire forskellige ruter, Metrobus 1 og Metrobus 2, mod henholdsvis nord og syd.

## Definition af trængsel

Inden bestemmelsen af forsinkelser for busserne kan gennemføres, er det nødvendigt at have en klar definition af hvad det er der ønskes bestemt. Den enkleste måde at opgøre bussernes forsinkelser er i absolutte tal, det vil sige antal sekunder busserne bliver forsinket på hver delstrækning. Da strækningerne varierer i længde, er det mere hensigtsmæssigt at betragte den relative forsinkelse for derved at kunne sammenligne forsinkelser, som er uafhængige af strækningernes længde. Der er udarbejdet flere metoder til dette i forbindelse med kortlægning af forsinkelse ud fra GPS data. I det følgende gives en introduktion til de mest relevante metoder, hvorudfra der er udformet en separat metode til metrobusserne i Aalborg.

## Projekt Trængsel

Projekt Trængsel er et forskningsprojekt, der blev startet i 2000 som et samarbejde mellem blandt andet Københavns Kommune, Vejdirektoratet og DTU med støtte fra Trafikministeriet. Formålet med projektet var at opstille en alment gyldig definition på begrebet trængsel og at finde egnede parametre til opgørelse af trængslens omfang. Resultatet af undersøgelsen er følgende definition på hvad trængsel er [Trafikministeriet 2004b, pp. 3-4]:

*”Trængsel er et udtryk for de gener, som trafikanterne påfører hinanden i form af nedsat bevægelighed, når de færdes i trafiksystemet”*

[Trafikministeriet 2004b, p. 24]

Trængslen er ud fra denne definition bestemt af trafikkens hastighed og tæthed. Trafikkens tæthed betragtes dog ikke på veje i byer og undlades normalt for busser, da det er forbundet med en række problemer. Dette skyldes at køretøjer i byerne vil køre tættere end i åbent land, som følge af signalreguleringer, uden dette nødvendigvis er udtryk for et problem [Trafikministeriet 2004b, pp. 36-37].

Det kan imidlertid være praktisk at kvantificere størrelsen af trængslen. Til dette er der i forbindelse med Projekt Trængsel, anvendt et begreb kaldet trængselsniveau. Trængselsniveauet kan for en vejstrækning i byen findes som forholdet mellem hastighed ved trængsel og hastighed ved fri fremkommelighed:

$$\text{Trængselsniveau} = \frac{\text{Hastighed}_{\text{trængsel}}}{\text{Hastighed}_{\text{free-flow}}}$$

Hvor hastigheden ved fri fremkommelighed er defineret som den hastighed der opnås, når der ikke er trængsel på strækningen. [Trafikministeriet 2004b, p. 36]

Forholdet mellem de to rejsetider giver et trængselsniveau, der ligger under 1 i tilfælde hvor der er målt en forsinkelse på en strækning. Desto mindre trængselsniveauet er, desto større er forsinkelsen i forhold til fri fremkommelighed. I forbindelse med Projekt Trængsel, blev trængslen opdelt i tre niveauer, jf. tabel 1.

*Tabel 1: Tre niveauer af trængsel fra Projekt Trængsel [Trafikministeriet 2004b, p. 35]*

Trængselsniveau	Forsinkelse
$\geq 0,8$	Ubetydelig forsinkelse
0,4 - 0,8	Stor forsinkelse
$\leq 0,4$	Kritisk forsinkelse

Værdierne i tabel 1 er i forbindelse med Projekt Trængsel bestemt ved at betragte sammenhængen mellem trængselsniveau og markante ændringer i speed-flow kurver på udvalgte strækninger. På grundlag af observationer i trafikken samt spørgeskemaundersøgelser blandt trafikanterne, vurderes det i projektet, at værdierne giver en god afspejling af den oplevede trængsel [Trafikministeriet 2004b, p. 36]. Opdelingen er dog hovedsagelig udarbejdet med henblik på biltrafikken.

### **Lahrman Trafikrådgivning**

Med udgangspunkt i metoden fra Projekt Trængsel har Lahrman Trafikrådgivning gennemført en GPS undersøgelse af trafikafviklingen igennem Skagen i 2005. Forsinkelsen angives i undersøgelsen, ligeledes Projekt Trængsel, i form af et trængselsniveau. Trængselsniveauet findes på samme måde som i Projekt Trængsel, men med den forskel, at hastigheden ved fri fremkommelighed udelukkende findes som aftenkørsler, uden større påvirkninger af anden trafik. [Lahrman Trafikrådgivning 2005, pp. 1-3]

I Lahrman Trafikrådgivnings undersøgelse er trængslen opdelt i fem niveauer jf. tabel 2. De yderligere niveauer giver, sammenlignet med opdelingen i Projekt Trængsel, et mere nuanceret billede af trængselsniveauerne i intervallet 0,4-0,8. Desuden er det muligt at bestemme strækninger med et trængselsniveau over 1, der ikke er berørt af trængsel.

Tabel 2: Fem niveauer af trængsel fra Lahrman Trafikrådgivning [Lahrman Trafikrådgivning 2005, p. 3]

Trængselsniveau	Forsinkelse
> 1	Hurtigere hastighed
1 - 0,8	Ubetydelig trængsel
0,6 - 0,8	Moderat trængsel
0,4 - 0,6	Stor trængsel
< 0,4	Kritisk trængsel

## Metode til busser

Ved angivelse af de fundne forsinkelser for metrobusserne i Aalborg, tages der udgangspunkt i metoden fra Projekt Trængsel. Dette gøres, da det er en anerkendt metode, der er udviklet med baggrund i et stort datagrundlag. Metoden har dog svagheder ved anvendelsen til den kollektive bustrafik. Det er derfor valgt at tilpasse metoden til brug i forbindelse med bustrafikken samt medtage erfaringer fra Lahrman Trafikrådgivnings undersøgelse af trafikafviklingen i Skagen.

Ved anvendelse af GPS-data fra busserne, findes en forsinkelsestid på strækningerne ud fra bussernes rejsetid. Da trængselsniveauet i Projekt Trængsel findes ud fra hastighed, er det fordelagtigt at omskrive udtrykket. Da forholdet mellem rejsetid er det inverse af hastighedsforholdet, kan formelen for trængselsniveau omskrives, således trængselsniveauet udtrykkes ved rejsetiden, hvorved unødvendige beregninger af bussernes hastigheder undgås:

$$\text{Trængselsniveau} = \frac{\text{Rejsetid}_{\text{free-flow}}}{\text{Rejsetid}_{\text{trængsel}}}$$

Niveauopdelingen af trængselsniveau i Projekt Trængsel, jf. tabel 1, har svagheder ved anvendelse til den kollektive bustrafik, hvilket der skal tages højde for. Opdelingen af trængselsniveau fra Projekt Trængsel er en forholdsvis grov opdeling med store spring mellem de forskellige niveauer, hvor især niveauet for stor forsinkelse spænder bredt. Det viser sig ved undersøgelser af køretider for metrobusserne, at der meget sjældent forekommer et trængselsniveau under 0,4, svarende til kritisk forsinkelse. Årsagen til dette er blandt andet, at bussernes rejsehastighed stiger mindre end personbilernes ved fri fremkommelighed [Trafikministeriet 2004b, p. 53]. Dette skyldes, at busser i modsætning til biltrafikken er bundet af en køreplan, hvorfor der ikke køres tilsvarende hurtigt i perioder med fri fremkommelighed, da dette vil medføre en overskridelse af køreplanen.

Med udgangspunkt i opdelingen fra Projekt Trængsel, er det derfor valgt at udarbejde en ny inddeling af trængselsniveau målrettet til den kollektive trafik. For at give et mere nuanceret

billede af hvor trængslen forekommer, er der medtaget yderligere niveauer i opdelingen af trængsel, inspireret af Lahrmann Trafikrådgivning. I forhold til opdelingen i Projekt Trængsel, tilføjes der to yderligere inddelinger kaldet ingen og begyndende forsinkelse. For at tage højde for at kritisk forsinkelse i Projekt Trængsels inddeling forekommer mindre hyppigt ved bustrafik, er denne værdi ændret, så kritisk forsinkelse indtræffer allerede ved et trængselsniveau på 0,6. Forsinkelserne for busserne udtrykkes således ved trængselsniveauerne angivet i tabel 3.

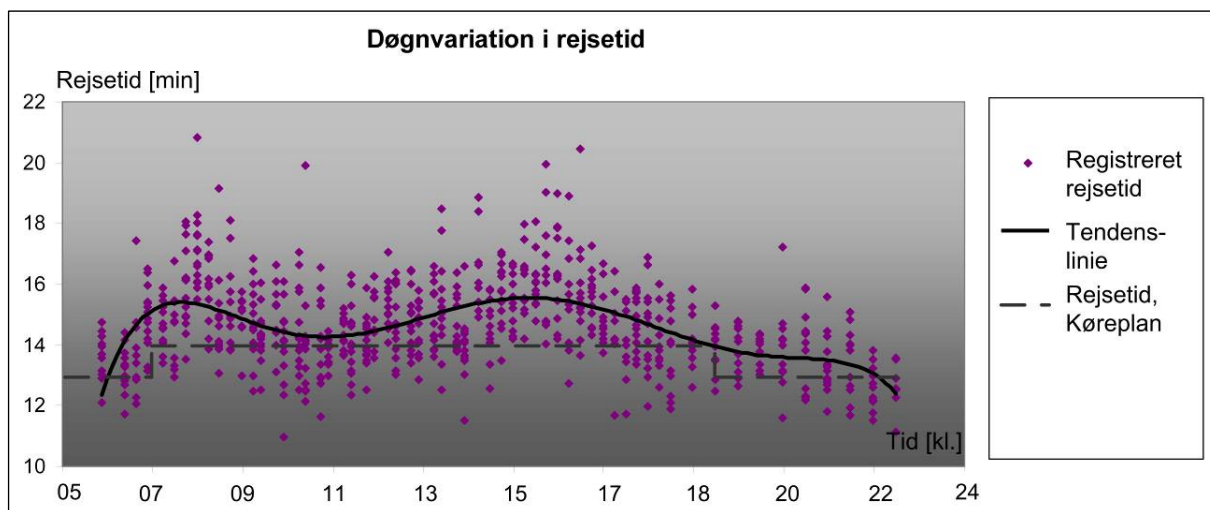
*Tabel 3: Opdeling af trængselsniveau*

Trængselsniveau	Forsinkelse
> 1	Ingen forsinkelse
0,9 - 1	Ubetydelig forsinkelse
0,8 - 0,9	Begyndende forsinkelse
0,6 - 0,8	Stor forsinkelse
< 0,6	Kritisk forsinkelse

For at trængselsniveauet kan anvendes til illustration af hvor på metrobusnettet der forekommer problematisk trængsel, opgøres dette retningsopdelt mellem de forskellige stoppesteder på metrobusnettet.

### **Bestemmelse af spidsperioder**

For at bestemme spidsperioderne samt perioden med fri fremkommelighed, er rejsetidens variation over et hverdagsdøgn for en udvalgt delstrækning af metrobusnettet kortlagt. Den udvalgte delstrækning er en del af Metrobus 2 fra Busterminalen og ud til Universitetet. Denne strækning er valgt, da busserne både kører i helt tætte byområder, samt på nogle af de store trafikveje, hvor mængden af trafik varierer meget over døgnet. På denne måde antages delstrækningen at være repræsentativ for hele metrobusnettet, resultatet heraf fremgår af figur 1.



Figur 1: Variation i rejsetid fra Busterminalen til Universitetet over døgnet

Af figuren ses det, at der er to klare toppe på tendenslinien, henholdsvis omkring kl. 7.00 om morgenen og kl. 15.00 om eftermiddagen. Ud fra tendenslinien fremgår perioden fra kl. 07.00-08.00 som morgenspidsstimer, og perioden fra kl. 15.00-16.00 som eftermiddagsspidsstimer. Ligeledes fremgår det af figur 1, at rejsetiden er lavest efter kl. 22.00, hvorfor perioden fra 22.00-23.00 udpeges som værende perioden med fri fremkommelighed for busserne. Tendenslinien er dog ikke helt nøjagtig, og der kan derfor være en del usikkerhed i forbindelse med identifikationen af spidsstimerne. Desuden er der usikkerhed omkring gyldigheden i at anvende en delstrækning til at udpege spidsperioder, som derefter antages at gælde for hele rutenettet. Ud fra beregningerne med varierende spidsperioder, er det i projektet fundet at trængselen overordnet er størst i perioderne udpeget som spidsperioder ud fra døgnvariationen i figur 1.

Det kunne desuden være relevant at undersøge hvordan trængselen ser ud for mindre perioder end en time, og derved kortlægge en øjeblikstrængsel, som giver et billede af hvor stor trængselen er når den er værst. Dette er dog fravalgt, da det ikke vil være muligt ud fra metoden anvendt i denne analyse at udpege en sådan trængselsperiode med tilstrækkelig sikkerhed. Dette skyldes, at anvendes der perioder på f.eks. et kvarter, vil trængselen på de enkelte strækninger højst sandsynligt være tidsforskudt, således det ikke er i det samme kvarter, at trængselen er størst på de enkelte strækninger. Endvidere betyder kortere perioder, at antallet af GPS logninger også bliver mindre, hvorfor robustheden af resultatet også vil være mindre, da blandt andet kravet om normalfordelte data ikke længere vil kunne overholdes.

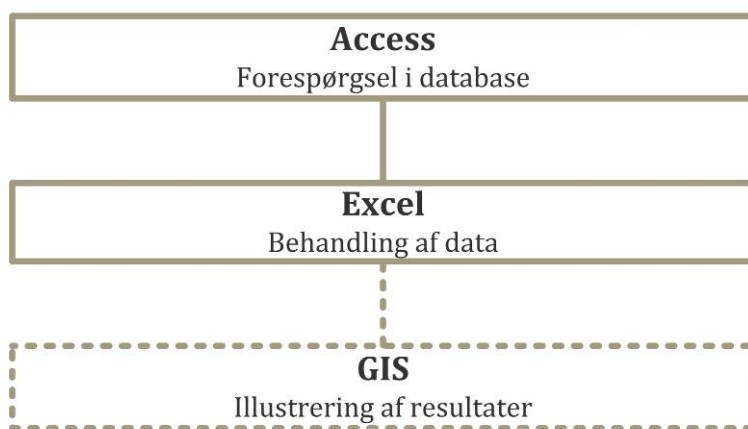
### Beregning af trængsel

For januar måned har der i alt været over 450.000 positionslogninger for Metrobus 1 og 2. Disse inddeles på hver af de to metrobusruter i nord og sydgående retning, og datasættet begrænses til de udvalgte dage. Der laves udtræk for ruterne på hver af de tre tidsperioder,

henholdsvis morgen- og eftermiddagsspidstimer, samt perioden med fri fremkommelighed. Dette giver i alt tolv forskellige udtræk af data. Af disse udtræk indeholder spidstimerne hver 2-4.000 positionslogninger, mens perioderne for fri fremkommelighed indeholder ca. 1.000 logninger. For at resultatet kan anvendes, er det et krav at data er normalfordelt, hvilket sikres hvis antallet af observationer pr. stop er over 30, hvilket er tilfældet.

De tolv udtræk bruges som input i hver sit regneark, hvor gennemsnitsrejsetiden beregnes mellem hvert enkelt stoppested. Disse beregninger er opdelt på selve køretiden, dvs. tidsforskellen mellem en bus kører fra et stoppested til den er fremme ved det næste. Først beregnes gennemsnitstiderne for hver af de fire ruter med fri fremkommelighed, og derefter for de to spidstimer. Køretiderne for spidstimerne sammenlignes så med tiderne for perioden med fri fremkommelighed, hvorved forsinkelserne og trængslen i spidstimerne kan beregnes.

Et af hovedmålene med metoden til beregningen af trængslen for busserne er, at det skal være muligt for den enkelte forvaltning eller trafikselskab at kunne gennemføre en beregning uden at det kræver at den pågældende person der gennemfører beregningen skal sætte sig ind i nye programmer, eller bruge lang tid på at lære avancerede funktioner i allerede kendte programmer. Metoden anvender således kun programmer, som må antages at være kendte for de personer der vil komme til at foretage beregningerne. Der anvendes derfor kun Microsoft Office programmer i form af Access og Excel, samt eventuelt GIS for at illustrere resultaterne grafisk. Beregningsgangen følger en række trin, som er angivet på figur 2.



Figur 2: Arbejdsgang ved bestemmelse af trængsel

For at sikre at beregningerne af trængslen kan gennemføres hurtigt og effektivt, er selve behandlingen af data standardiseret i en række regneark, således beregningsgangen er forprogrammeret. Brugeren skal således kun sørge for at foretage udtræk i databasen, hvilket også er standardiseret, så der relativt hurtigt kan gennemføres en lang række udtræk. For at lette arbejdet er der udfærdiget en kort, men udførlig manual til hvordan beregningsgangen er, hvor der forudsættes en vis basisviden i hvordan de enkelte programmer anvendes.



Måden hvorpå beregningerne er opbygget gør, at der hurtigt kan fås resultater, hvor trængslen er angivet som et tal i regnearkene. Det er derefter muligt at vælge om dette resultat kan anvendes som det er, eller om det ønskes at bruge flere ressourcer til at illustrere resultaterne grafisk. I denne forbindelse er der også to muligheder, hvor det relativt hurtigt i GIS er muligt at illustrere trængslen som en prik i forskellig farve eller størrelse ud fra hvert enkelt stoppested. Derudover kan der bruges lidt mere tid og få resultatet vist på hele rutenettet, hvor farven på strækningerne er et udtryk for hvor stor trængsel der er på vejen. Dette kræver dog, at der er adgang til et lag med buslinierne inddelt i delstrækninger mellem stoppestederne, hvor et unikt stoppested ID er tilknyttet strækningerne.

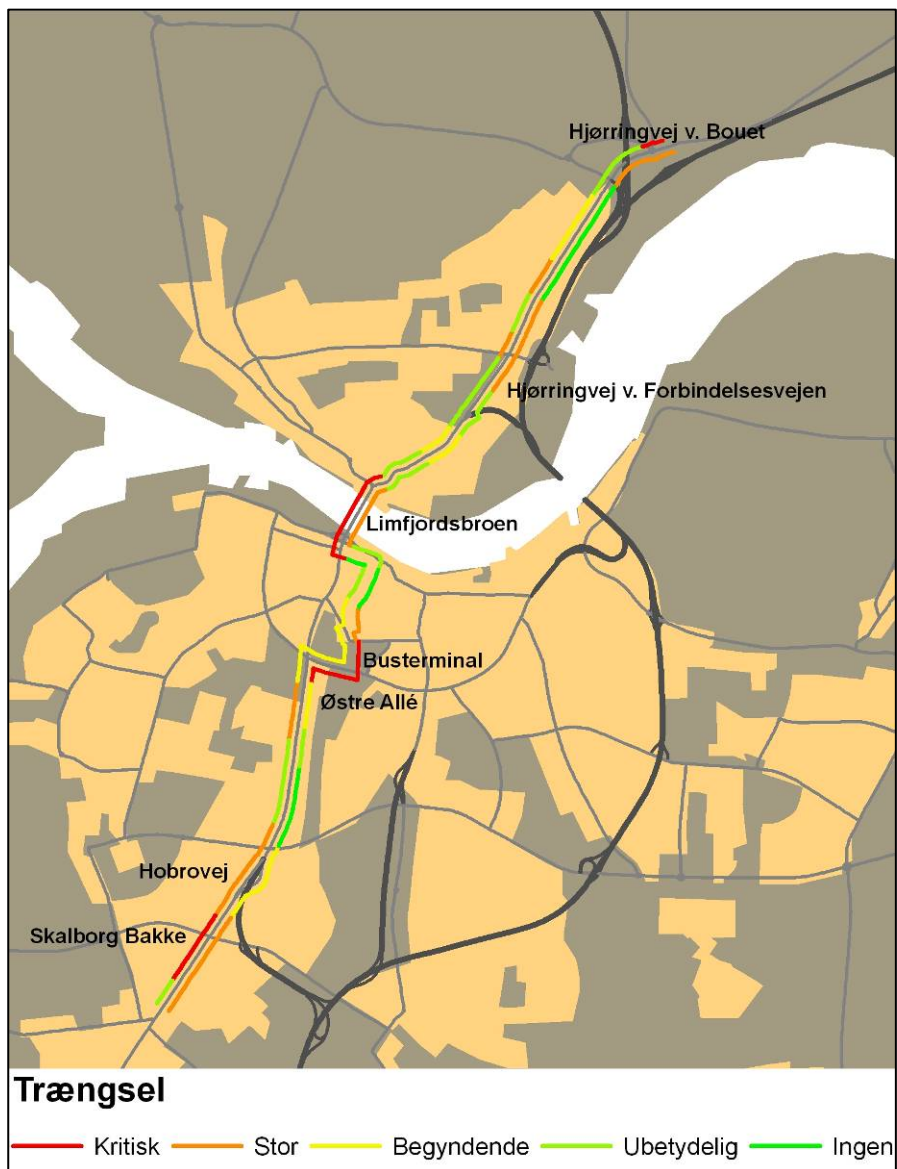
Det er således muligt at vælge hvordan resultatet af beregningerne skal præsenteres alt efter hvor mange ressourcer der er til rådighed, samt hvilket publikum der skal præsenteres overfor resultaterne. Ved den simpleste måde at angive resultaterne på anvendes kun Access og Excel, jf. figur 2, og her vil der kunne gennemføres en beregning af trængslen for en busrute i en spidstime på ca. 15 min. Ønskes en visualisering af resultaterne ved hjælp af GIS må det forventes at tage ca. 30 min at lave beregningen samt visualiseringen i GIS, forudsat der foreligger det nødvendige GIS lag med busruterne inddelt mellem stoppestederne. Ens for alle niveauer i resultatvisningen er, at jo flere beregninger der skal gennemføres, jo hurtigere bliver de for de enkelte ruter. Samtidig vil den anvendte tid til beregningerne og visualiseringen også blive reduceret i kraft med at der opnås en større rutine i anvendelsen af metoden og værktøjerne. I tabel 4 er de forskellige niveauer, samt tidsforbrug og anvendelsesmuligheder angivet.

*Tabel 4: Opdeling af præsentrationsniveauer*

<b>Niveau</b>	<b>Tidsforbrug</b>	<b>Anvendelse</b>
1. Access + Excel	15 min	Intern brug
2. GIS, stoppested	20 min	Præsentation for fagfolk
3. GIS, rutenet	30 min	Præsentation for borgere

### Resultater

Et eksempel på anvendelsen af metoden fremgår af figur 3. Figuren viser de fundne trængselsniveauer på Metrobus 1 om eftermiddagen, hvor den nordgående retning er illustreret til højre for den sydgående. Trængslen for hvert stoppested er lagt ud på strækningen umiddelbart før det enkelte stoppested, da det er her den registrerede trængsel er opstået. Opgørelsen af trængsel er svarende til det højeste præsenteringsniveau, jf. tabel 4.



Figur 3: Linie 1 eftermiddag

### *Vurdering af metode*

Formålet med kortlægningen af trængslen for busserne i Aalborg er ikke udelukkende at identificere områder med trængsel for busserne, men også at opstille en metode der kan standardisere denne identifikation, og som kan anvendes i andre byer og af forskellige forvaltninger eller trafikselskaber. Endvidere har kravet til metoden også været, at den ikke kræver for mange ressourcer, samt at der kan leveres resultater på en sådan måde at alle, også den almindelige borger, kan forstå dem.

I dette afsnit følges der op på i hvor høj grad det er lykket at lave en metode til udpegning af trængsel for busserne, som opfylder de krav der indledende blev sat til denne. Disse krav er:

- Resultatet skal afspejle de gener bustrafikken oplever
- Metoden skal kunne gennemføres uden store tidsmæssige omkostninger
- Metoden skal kunne anvendes af alle trafikforvaltninger, der bruger GPS i busdriften
- Resultatet skal være egnet til formidling, ikke alene blandt fagfolk, men også i offentligheden

### Resultatet skal afspejle generne

Da der på forhånd ikke er den store viden i kommunerne og trafikselskaberne omkring hvor det er generne for bustrafikken præcist opstår, er det svært at vurdere hvorvidt kravet, om at resultatet af analysen viser det korrekte billede af hvor generne opstår, er opfyldt. Det må alligevel formodes, at der er opnået et resultat, som afspejler hvordan situationen for busserne ser ud. Dette skyldes, at data der er anvendt i analysen spænder over en hel måned, hvorfor indflydelsen af tilfældige hændelser og fejl er forsøgt minimeret. Samtidig er data for bussernes kørsel indsamlet automatisk ved hvert stoppested, således at menneskelige fejl i forbindelse med indsamlingen er elimineret. For at validere udpegningen af lokaliteter, kunne det være en mulighed at interviewe en række buschauffører, som kører på metrobuslinie 1 og 2 og på denne måde undersøge om der er en god overensstemmelse med de, i analysen udpegede lokaliteter, samt de erfaringer chaufførerne har gennem deres arbejde. Det vil dog kræve en omfattende undersøgelse og efterfølgende databehandling, hvilket der ikke har været ressourcer til i forbindelse med dette projekt, da fokus ligger et andet sted.

En umiddelbar fejlkilde, som kan påvirke resultaterne er, at busserne bevidst kører langsommere end den øvrige trafik om aftenen, for ikke at overskride køreplanerne. Dette problem er særlig udpræget i København, da forskellen mellem hastigheden for trafikken i spidsperioderne og om aftenen er meget store her. At køreplanerne ikke er tilpasset til de hastigheder der er mulige i disse perioder skyldes, at tiderne i køreplanen ikke må variere for meget over døgnet, af hensyn til gennemskueligheden for passagerne. [Nørregaard 2008]. Det er dog forsøgt at tage hensyn til dette fænomen i metoden, ved at ændre på inddelingen af de forskellige trængselsniveauer. Kritisk trængsel indtræder således allerede ved et trængselsniveau på 0,6, mens det i definitionerne i Projekt Trængsel og af Lahrmann Trafikrådgivning, som begge er tiltænkt biltrafikken, allerede indtræder ved 0,4.

## Gennemføres uden store tidsmæssige omkostninger

Et af hovedmålene med metoden til beregningen af trængslen for busserne har været, at det skal være muligt for den enkelte forvaltning eller trafikselskab at kunne gennemføre en beregning uden store tidsmæssige omkostninger. For at sikre dette anvendes kun Microsoft Office programmer, samt eventuelt GIS for at illustrere resultaterne grafisk. Der forudsættes et kendskab til de anvendte programmer. For at sikre at beregningerne af trængslen kan gennemføres hurtigt og effektivt, er selve beregningerne standardiseret, således beregningsgangen er forprogrammeret. Desuden er det muligt at vælge hvilket niveau, det ønskes at præsentere resultaterne på, afhængig af hvilket formål det skal anvendes til. Det kan således vælges at præsentere resultatet i et regneark, hvorved behandlingen af data kan klares på ca. 15 minutter, eller det kan vælges at præsentere resultatet grafisk, hvilket er mere tidskrævende.

Da opgørelsen over trængsel på busnettet kan gennemføres med meget få ressourcer, er det muligt at følge udviklingen af trængsel langt mere detaljeret end det er tilfældet i dag. Beregningen kan eventuelt gentages hvert kvartal, for at følge udviklingen i trængslen for bustrafikken og dermed give et veldokumenteret grundlag for hvor der i fremtiden bør investeres i fremkommeligheds forbedrende foranstaltninger. Beregningen kan også udføres for kortere tidsintervaller, eksempelvis for at følge konsekvenserne af et vejarbejde eller en midlertidig omlægning af trafikken. I denne forbindelse vil det være hensigtsmæssigt kun at anvende det laveste præsentationsniveau.

## Anvendes af alle trafikforvaltninger, der bruger GPS i busdriften

Det er vigtigt, at metoden ikke er afhængig af specifikke faktorer, som kun er gældende i Aalborg, men udformes så den også kan anvendes i andre byer. Datamodellen som metoden bygger på, er baseret på en europæisk standard og anvendes bl.a. af Movia i Hovedstadsområdet, hvor 2-300 busser har implementeret systemet, desuden anvendes systemet en lang række steder i Sverige [Dansk Vejtidskrift 2004]. Derfor er metoden og værktøjerne ikke begrænset til kun at kunne anvendes i Aalborg, men kan direkte overføres til en anden by, hvor den kan bruges i planlægningen i den kollektive bustrafik.

## Resultaterne skal være egnet til formidling

Som nævnt i det forrige findes der flere niveauer hvorpå resultaterne af beregningerne kan vises og formidles. Et af de helt store mål for metoden har været at sørge for, at det er muligt at formidle resultaterne af beregningerne ud til, ikke alene fagfolk, men også den almene offentlighed. Af denne grund er GIS anvendt som sidste niveau i metoden for at lave en grafisk illustration af trængslen, der gør, at det er muligt at identificere hvor de største problemområder er for busserne, uden at have en decideret viden om hvad trængsel og trængselsniveau helt præcis er. GIS delen i metoden er således særdeles anvendelig i forbindelse med præsentationer overfor ikke-fagfolk, mens det internt i en forvaltning eller trafikselskab, sandsynligvis er nok at angive resultaterne af beregningerne som rene trængselsniveauer ud fra de enkelte stoppesteder, eller eventuelt kun i Excel.

# Referencer

Dansk Vejtidskrift 2004

Lars Elgaard Thomsen  
ITS i den kollektive trafik i Aalborg  
2004  
Dansk Vejtidskrift

Jensen 2007

Niels Melchior Jensen  
Kollektiv trafik - forudsætninger, planlægning og eksempler  
2007  
Aalborg Universitet

Lahrman Trafikrådgivning 2005

Lahrman Trafikrådgivning  
Førundersøgelse af trafikafviklingen igennem Skagen  
2005

Nørregaard 2008

Carsten Nørregaard  
Udtalelser fra Carsten Nørregaard, ingeniør Movia  
2008

Trafikministeriet 2004b

Trafikministeriet  
Projekt Trængsel - Hovedrapport  
2004  
Trafikministeriet

Vejdirektoratet 2004

Vejdirektoratet  
Trafiktællinger – Planlægning, udførelse og efterbehandling, vejledning – rapport nr.  
289  
2004  
ISBN: 87-7923-761-4  
Vejdirektoratet, Vej- og trafikområdet