

## Projekt om rejsetidsvariabilitet

*Den stigende mængde trafik på vejene giver mere udbredt trængsel, som medfører dels en stigning i de gennemsnitlige rejsetider, dels at de enkelte rejsetider i stigende grad bliver variable og uforudsigelige. Denne uforudsigelighed kaldes rejsetidsvariabilitet og har potentielt store samfundsmæssige omkostninger.*

### 1. Projektet

DTU Transport har på foranledning af Transport- og Bygningsministeriet og Vejdirektoratet, udført et projekt om rejsetidsvariabilitet for vejtrafik. Projektets formål har været at skabe en praktisk anvendelig metode til opgørelse af rejsetidsvariabilitet med henblik på at forbedre den samfundsøkonomiske metode på transportområdet.

Projektet blev igangsat som følge af en stigende erkendelse af, at samfundsøkonomiske omkostninger relateret til rejsetidsvariabilitet potentielt kan udgøre en betydelig del af trafikanternes transportomkostninger. Dermed kan rejsetidsvariabilitet udgøre en tilsvarende betydningsfuld samfundsøkonomisk gevinst, såfremt tiltag på vejområdet mindsker uforudsigeligheden.

Den nuværende samfundsøkonomiske metode indeholder en approksimation for rejsetidsvariabilitet. En forbedring af metoden kræver, at rejsetidsvariabilitet kan værdisættes i kroner og øre, samt at det bliver muligt at opgøre og forudsige ændringer i mængden af rejsetidsvariabilitet. Sidstnævnte har været fokus i projektet.

### 2. Nuværende metode versus ”ny” metode

Rejsetidsvariabilitet indgår på nuværende tidspunkt gennem en forsimpning i den samfundsøkonomiske analyse. Det forudsættes at stigende trængsel og forsinkelser medfører større udsving i rejsetiden og dermed større usikkerhed om den endelige rejsetid. Dermed kan den gennemsnitlige forsinkelsestid bruges som en approksimation for rejsetidsvariabilitet.

De samlede transportomkostninger i den nuværende metode kommer dermed til at bestå af fri rejsetid (uden trængsel) og gennemsnitlig forsinkelsestid, som



består af både ventede forsinkelser (daglig trængsel) og uventede forsinkelser (uheld, dårligt vejr mv.). Den ventede forsinkelsestid vurderes ofte ikke til at være mere generende end den fri rejsetid, mens den uventede forsinkelsestid vurderes mere generende end den fri rejsetid.

Et af formålene med projektet har været at arbejde sig tættere på en egentlig opgørelse af rejsetidsvariabilitet med henblik på at forbedre den samfundsøkonomiske metode. Idéen består i at opgøre størrelsen af rejsetidsvariabiliteten i form af standardafvigelsen, dvs. som den gennemsnitlige forskel mellem de faktiske rejsetider (inkl. ventet og uventet forsinkelsestid) og middelrejsetiden (inkl. ventet forsinkelsestid).

De samlede transportomkostninger kan derfor opledes i henholdsvis middelrejsetid, som indeholder ventet forsinkelsestid, samt rejsetidsvariabilitet, som indeholder de gennemsnitlige uventede forsinkelser.

Ovenstående ændring af opsplitningen af den samlede rejsetid vil, foruden en forventelig mere retvisende opgørelse af rejsetidsvariabilitet, medføre, at der ikke er behov for at fastsætte en såkaldt "free-flow" hastighed, som skøn for rejsetiden uden uventet og ventet forsinkelsestid.

### **3. Resultater og udfordringer**

Projektet har resulteret i en model, der beskriver sammenhængen på motorveje mellem trafikflow/trafikmængde på den ene side og gennemsnitlig rejsetid og rejsetidsvariabilitet på den anden side.

Modellens resultater indikerer, at den nuværende samfundsøkonomiske metode undervurderer de totale transportomkostninger, når der alene bruges en approksimation snarere end en egentlig opgørelse af rejsetidsvariabilitet. Mere specifikt har projektet vist, at mindre trængsel ikke alene fører til en hurtigere rejsetid, men også betydelig større sikkerhed omkring den forventede rejsetid.

Den største udfordring har været håndtering af effekter ved kø-ophobning. Det er ikke lykket at inddrage disse effekter, hvilket kan have væsentlig betydning for resultaterne. En anden udfordring har været at datagrundlaget, idet der ikke har været tilstrækkeligt med data på samtlige tilslutningsanlæg til de analyserede strækninger. Det betyder, at der er usikkerhed omkring hvor og hvornår trafikken ankommer.

Disse problemstillinger sammenholdt med betydningen af lokale forhold, som eksempelvis vejens udformning, tilkørselsramper mv., betyder, at det ikke på nuværende tidspunkt vurderes muligt at generalisere projektets resultater til brug for den samfundsøkonomiske analyse.



Foruden forståelse for betydningen af lokale forhold, har projektet i forhold til det fremadrettede arbejde bidraget til en øget forståelse for kompleksiteten af rejsetidsvariabilitet. Projektet har tydeliggjort behovet for detaljeret data omkring trafikflow. Således har udvikling og senere simulering i modellen gjort kravspecifikationerne til data endnu tydeligere. Dette er særlig relevant i håndteringen af kø-ophobning, der fremadrettet fremstår som den største udfordring.

Selvom at den samfundsøkonomiske metode ikke ændres på baggrund af dette projekt, offentliggøres resultaterne som et led i at dele erfaringerne fra projektet. Det videre arbejde vil fortsat have fokus på at forbedre inkluderingen af effekter knyttet til ændringer i rejsetidsvariabiliteten.

#### **4. Eksempelberegninger**

Der er i forbindelse med projektet opstillet en række eksempelberegninger for dels at illustrere anvendeligheden af modellen, og dels at kunne sammenligne resultaterne med den nuværende samfundsøkonomiske metode.

Der er opstillet fire forskellige case-scenarier, som ikke nødvendigvis er 100 procent realistiske. Det skal samtidig bemærkes, at der fortsat er en diskussion omkring modellens styrker og svagheder, hvorfor resultaterne i nedenstående eksempelberegninger alene skal bruges som eksempler på hvilke effekter en eksplicit inkludering af rejsetidsvariabilitet kan have for opgørelsen af transportomkostninger.

##### *Case 1: Tidsafhængig kørselsafgift*

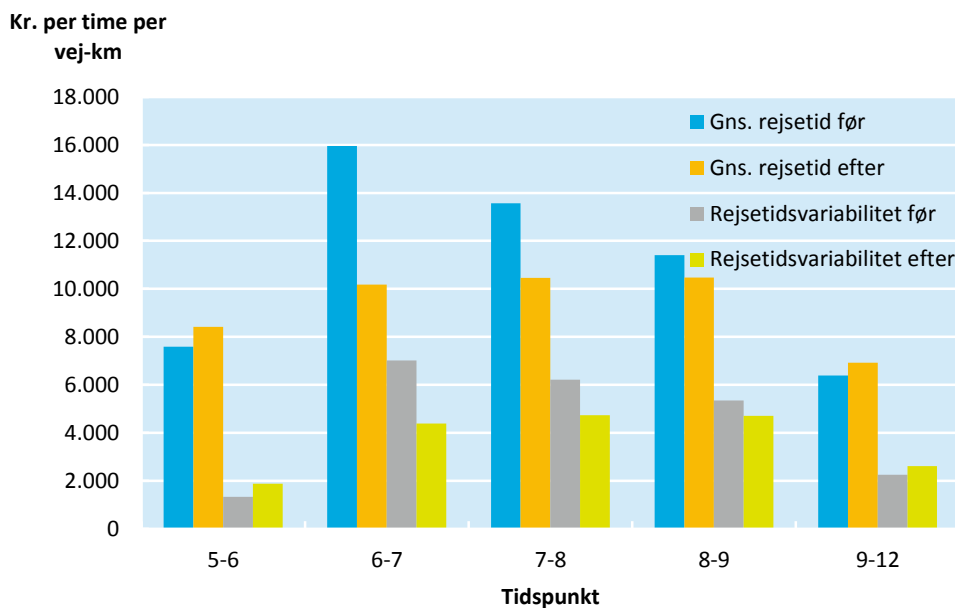
I den første case betragtes en 3-sporet motorvej, hvor det antages, at man har indført tidsafhængige kørselsafgifter. Dette vil sige, at brugerne af motorvejen betaler en afgift for at benytte motorvejen, hvor denne afgift er størst når motorvejen benyttes i myldretidsperioder. Dette har den effekt, at en del af trafikmængden flyttes fra myldretidsperioderne til udenfor myldretidsperioderne. Myldretidsperioden er antaget at være fra kl. 06:00 til kl. 09:00.

I figur 1 sammenlignes omkostningerne tilknyttet de gennemsnitlige rejsetider, samt rejsetidsvariabiliteten, før og efter introduktionen af en tidsafhængig afgift.



**Figur 1 | Case 1: Tidsafhængig kørselsafgift**

Side 4/9



Kilde: DTU Transport - Prediction model for travel time variability (2015)

Af figur 1 ses det, at omkostningerne ved både de gennemsnitlige rejsetider og rejsetidsvariabiliteten falder i myldretidsperioderne som en konsekvens af kørselsafgifterne.

I perioderne uden for den oprindelige myldretid (kl. 5-6 og kl. 9-12) sker der en stigning i omkostningerne, fordi både gennemsnitlig rejsetid og rejsetidsvariabilitet stiger som følge af den ekstra trafik. Stigningen mere end opvejes imidlertid af gevinsten i perioden kl. 6-9, hvor der er betydelige fald i omkostningerne. Det væsentlige er her, at omkostninger fra rejsetidsvariabilitet synes at udgøre en betydelig del af de samlede omkostninger.

**Tabel 1 | Transportomkostninger i kroner pr. morgen pr. vej-km**

Scenarie	Nuværende metode			"Ny" metode			Forskel
	Fri rejsetid	Gns. forsinkelse	I alt	Middelrejsetid	Rejsetidsvariabilitet	I alt	Pct.
Basisscenarie	51.958	24.797	76.756	68.718	26.784	95.501	24,4 %
Case 1	51.958	14.063	66.021	61.350	23.633	84.982	28,7 %
Ændring	0	10.734	10.734	7.368	3.151	10.519	-2,0 %

Kilde: DTU Transport - Prediction model for travel time variability (2015) samt egne beregninger.

I tabel 1 ovenfor ses de samlede transportomkostninger for hele morgenen opgjort i kroner per morgen per vej-km. Det er beregnet både for basisscenariet samt for case 1 både efter den nuværende og "nye" metode.

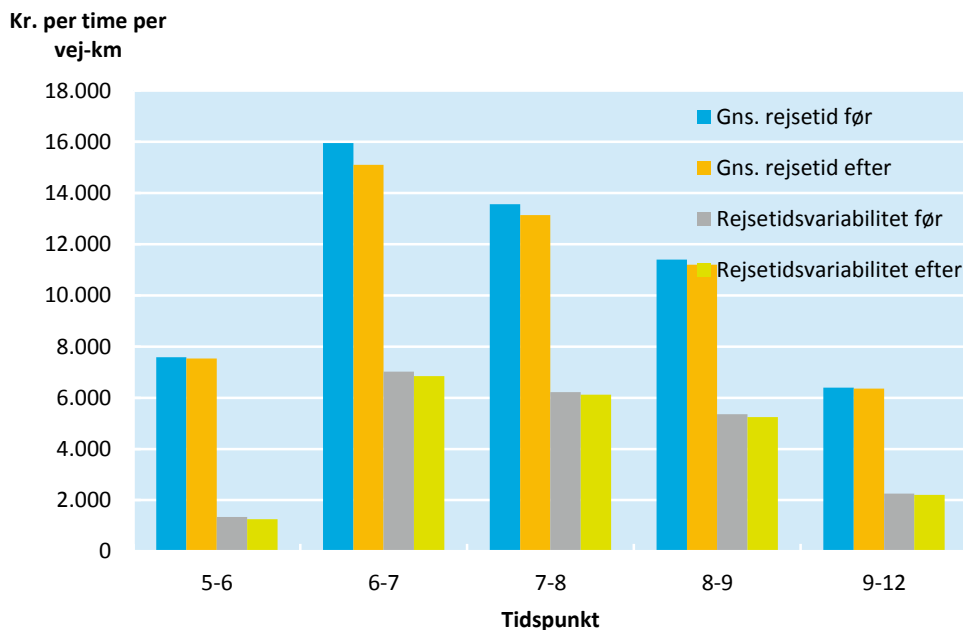
Tabel 1 viser, at de samlede transportomkostninger er undervurderet med knap 29 pct. i case 1, når man sammenligner de to metoder. Det kan samtidig ses, at ændringen i transportomkostninger mellem case 1 og basisscenariet i de to metoder er omtrent ens (forskel på -2,0 pct.). Således synes den nuværende grove approksimation i dette specifikke eksempel at ramme relativt præcist med hensyn til den samfundsøkonomiske effekt.

### Case 2: Rampedoseringsystem

Case 2 belyser hvordan indførelsen af et rampedoseringsystem påvirker gennemsnitlig rejsetid og rejsetidsvariabilitet på en 3-sporet motorvej. Med et rampedoseringsystem reguleres automatisk antallet køretøjer, der tillades at køre ind på motorvejen. Således nedbringes sandsynligheden for at der kan opstå trængsel på motorvejen.

I figur 2 sammenlignes omkostningerne tilknyttet de gennemsnitlige rejsetider og rejsetidsvariabiliteten før og efter, at der er indført et rampedoseringsystem.

**Figur 2 | Case 2: Rampedoseringsystem**



Kilde: DTU Transport - Prediction model for travel time variability (2015)

Figur 2 viser, at en indførelse af et rampedoseringsystem i eksemplet alene medfører en meget begrænset reduktion i gennemsnitlige rejsetider og rejsetidsvariabilitet. Derfor er der også kun en begrænset reduktion i omkostningerne knyttet hertil.



De meget små ændringer skyldes formentlig, at indførelsen af et rampedose-ringssystem kun reducerer trængslen meget lidt, samt egentlig blot udskyder myldretiden en smule.

Side 6/9

**Tabel 2 | Transportomkostninger i kroner pr. morgen pr. vej-km**

Scenarie	Nuværende metode			"Ny" metode			Forskel
	Fri rejse-tid	Gns. for-sinkelse	I alt	Middel-rejsetid	Rejsetids-variabilitet	I alt	Pct.
Basisscenarie	51.958	24.797	76.756	68.718	26.784	95.501	24,4 %
Case 2	51.958	22.376	74.334	67.081	26.150	93.231	25,4 %
Ændring	0	2.421	2.421	1.637	634	2.271	-6,2 %

Kilde: DTU Transport - Prediction model for travel time variability (2015) samt egne beregninger.

I tabel 2 ses de samlede transportomkostninger for hele morgenen opgjort i kroner per morgen per vej-km beregnet efter den nuværende metode og metoden udviklet i projektet.

Tabel 2 viser, at den nuværende metode undervurderer de samlede rejseomkostninger med omkring 25 pct. i både basisscenariet og i case 2. Tabel 2 viser ligeledes, at ændringen i transportomkostningerne, som følge af rampedose-ringssystemet, er omtrent ens i de to metoder.

### *Case 3: Udvidelse af motorvej fra 3 til 4 spor*

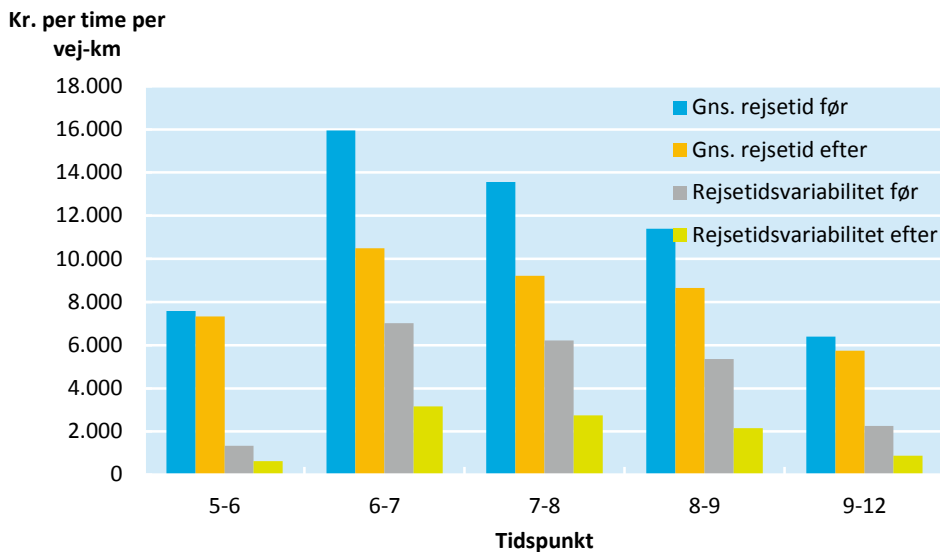
I denne case betragtes en motorvej som oprindeligt er 3-sporet, men herefter udvides med et ekstra spor. Derved udvides kapaciteten på motorvejen betydeligt, hvilket, alt andet lige, vil reducere trængslen. Det skal bemærkes at det antages, at trafikmængden er den samme før og efter udvidelsen.

I figur 3 sammenlignes transportomkostningerne tilknyttet de gennemsnitlige rejsetider og rejsetidsvariabiliteten før og efter at motorvejen er udvidet.



**Figur 3 | Case 3: Udvidelse af motorvej fra 3 til 4 spor**

Side 7/9



Kilde: DTU Transport - Prediction model for travel time variability (2015)

Af figur 3 ses det, at omkostningerne ved rejsetid og rejsetidsvariabilitet er faldet for alle de givne tidsrum, som følge af udvidelsen. Omkostningerne er dog faldet betydeligt mest i myldretidsperioderne, hvor der også er den største trafikmængde.

Som følge af motorvejsudvidelsen, er der dermed en betydelig gevinst at hente i form af sparet rejsetid, samt en mere konstant rejsetid. Det forventes, at besparelserne fra en reduktion i rejsetidsvariabiliteten, vil være tilstrækkeligt store til at kunne påvirke resultatet i en samfundsøkonomisk analyse.

**Tabel 3 | Transportomkostninger i kroner pr. morgen pr. vej-km**

Scenarie	Nuværende metode			"Ny" metode			Forskel
	Fri rejsetid	Gns. forsinkelse	I alt	Middelrejsetid	Rejsetidsvariabilitet	I alt	Pct.
Basisscenarie	51.958	24.797	76.756	68.718	26.784	95.501	24,4 %
Case 3	51.958	2.915	54.874	53.928	11.358	65.287	19,0 %
Ændring	0	21.882	21.882	14.790	15.426	30.216	38,1 %

Kilde: DTU Transport - Prediction model for travel time variability (2015) samt egne beregninger.

I tabel 3 ovenfor ses de samlede transportomkostninger for hele morgenen, opgjort i kroner per morgen per vej-km. Dette er beregnet både for basisscenariet samt for case 3 både med den nuværende og nye metode.

Tabel 3 viser, at de samlede transportomkostninger i case 3 er undervurderet med 19 pct. i den nuværende metode sammenlignet med "nye" metode. Herudover ses det, at ændringen i samlede rejseomkostninger, dvs. effekten af udvi-



delsen, er 38 pct. større ved den nye metode end ved den nuværende metode. Således undervurderer den nuværende metode de samfundsøkonomiske gevinster af udvidelsen i dette forsimplede eksempel.

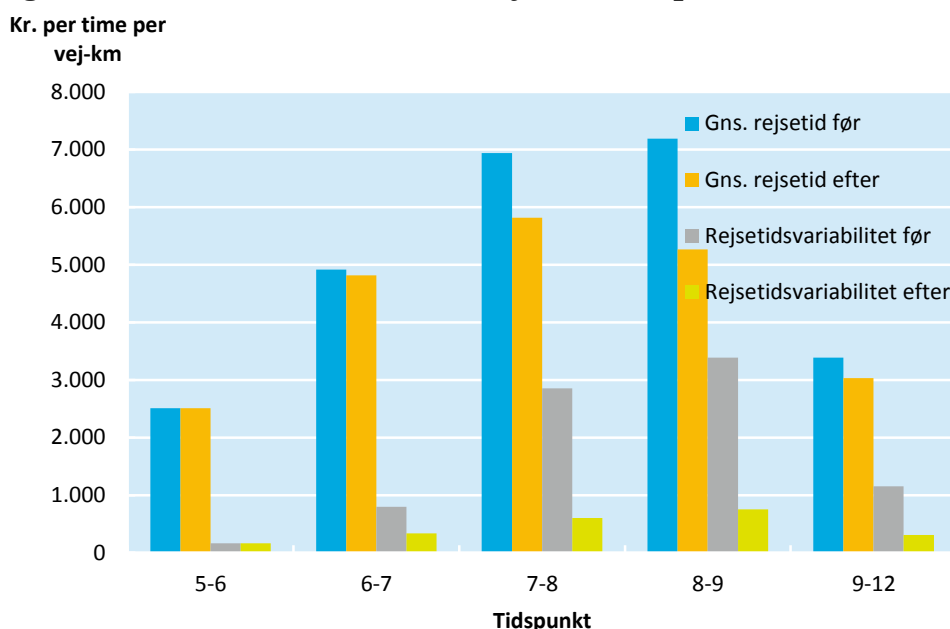
Side 8/9

#### Case 4: Udvidelse af motorvej fra 2 til 3 spor

I den sidste case betragtes en motorvej, der oprindeligt var 2-sporet, men nu er udvidet med ét spor. Ligesom ved case 3 udvides kapaciteten på motorvejen betydeligt, hvilket, alt andet lige, vil reducere trængslen. Det antages som ved case 3, at trafikmængden er den samme før og efter udvidelsen.

I figur 4 sammenlignes transportomkostningerne tilknyttet til de gennemsnitlige rejsetider og rejsetidsvariabiliteten før og efter at motorvejen er udvidet.

**Figur 4 - Case 4: Udvidelse af motorvej fra 2 til 3 spor**



Kilde: DTU Transport - Prediction model for travel time variability (2015)

Af figur 4 ses det, at udvidelsen af en 2-sporet motorvej til 3 spor giver markante forbedringer for både gennemsnitlig rejsetid og rejsetidsvariabilitet. Det er særligt indenfor myldretiden, som for denne strækning er fra kl. 7:00 til kl. 9:00.

På tidspunkter, hvor trafikmængden er lav, er der ikke særlige rejsetidsbesparelser, da der ikke er pres på kapaciteten. Besparelserne ved en forbedret rejsetidsvariabilitet forventes også her at være tilstrækkeligt store til at kunne påvirke resultatet i en samfundsøkonomisk analyse.



**Tabel 4 | Transportomkostninger i kroner pr. morgen pr. vej-km**

Scenarie	Nuværende metode			"Ny" metode			Forskel
	Fri rejse- tid	Gns. for- sinkelse	I alt	Middel- rejsetid	Rejsetids- variabilitet	I alt	Pct.
Basisscenarie	27.890	6.423	34.313	32.230	10.696	42.926	25,1 %
Case 4	27.890	195	28.085	28.021	2.813	30.834	9,8 %
Ændring	0	6.228	6.228	4.209	7.883	12.092	94,2 %

Kilde: DTU Transport - Prediction model for travel time variability (2015) samt egne beregninger

I tabel 4 ovenfor ses de samlede transportomkostninger for hele morgenen, opgjort i kroner per morgen per vej-km. Dette er beregnet både for basisscenariet og for case 4 efter den nuværende og nye metode. Bemærk, at basisscenariet adskiller sig fra basisscenariet i de forrige eksempelberegninger.

Det ses her, at de samlede transportomkostninger i case 4 er undervurderet med knap 10 pct. med den nuværende metode sammenlignet med den "nye" metode. Herudover er ændringerne i de samlede transportomkostninger, som følge af udvidelse fra to til tre spor næsten dobbelt så stor ved den "nye" metode.

#### *Konklusion på eksempelberegninger*

De fire ovenstående eksempler bekræfter, at den nuværende samfundsøkonomiske metode undervurderer de totale transportomkostninger, når der bruges en approksimation for rejsetidsvariabiliteten. Dette ses tydeligt, når man sammenligner de samlede rejsetidsomkostninger beregnet efter nuværende metode med de samlede rejsetidsomkostninger beregnet efter metoden i dette projekt.

Det kan imidlertid fra de fire eksempler også ses, at der ikke er et entydigt billede af, hvorvidt ændringerne i de samlede transportomkostninger, dvs. effekten af et tiltag, undervurderes i den nuværende metode. Som præsenteret i afsnit 2, vil der dog utvivlsomt være en tale om en forbedring af den samfundsøkonomiske analyse, såfremt rejsetidsvariabilitet eksplicit kan medregnes.