

# Optimering af køreplanstillæg ud fra et passagermæssigt samfundsøkonomisk synspunkt

Mikkel Thorhauge



$$P(i|V) = \frac{\partial \ln G(e^V)}{\partial V_i} \int_a^b \epsilon \Theta^{\sqrt{17}} + \Omega \int \delta e^{i\pi} = \{2.7182818284\} \chi^2 \Sigma !$$

# Dagsorden

- Formål & problemformulering
- Hypotese
- Kort gennemgang af prissætningen
- Gennemgang af 3 analysemetoder
- Casestudie: Sydbanen
  - Resultater generelt
  - Analysemetode 1
  - Analysemetode 2
  - Analysemetode 3

# Formål

- Udvikle en metode til at kombinere en samfundsøkonomisk analyse med den eksisterende passagerforsinkelsesmodel.
- Gøre metoden generel, således at den er mulig at benytte på alle jernbanestrækninger.

# Problemformulering

- Hvorledes kan passagerforsinkelsesmodellen anvendes i forbindelse med samfundsøkonomiske analyser, når der modelleres med forsinkelser?
- Hvorledes påvirker forsinkelser i en samfundsøkonomisk analyse forskellige cases?

# Opsummering fra i går:

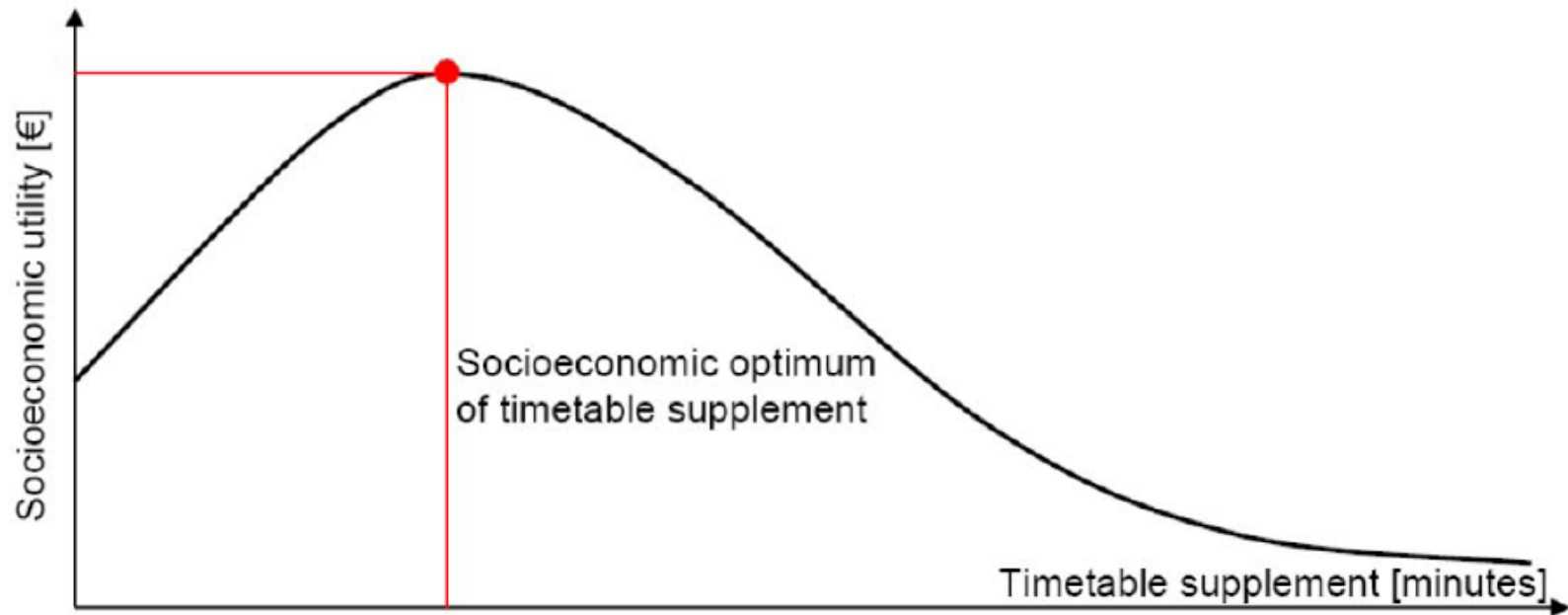
## - Valg af prissætning

- Passagerens ankomst til slutdestinationen afgør hvorledes prissætningen foretages.



1. Ankommer rettidigt til slutdestination.
  - Rejsen prissættes ud fra den planlangte køreplan uanset hvorledes rejsen er foretaget
2. Ankommer forsinket til slutdestinationen.
  - Differencen prissættes som forsinkelse
3. Ankommer før tid til slutdestinationen (negativ forsinkelse).
  - Differencen prissættes som skjult ventetid
4. Kan ikke gennemføre rejsen.
  - Genen fastsættes ud fra den planlagte rejse ud fra skaleringsfaktorer

# Princip



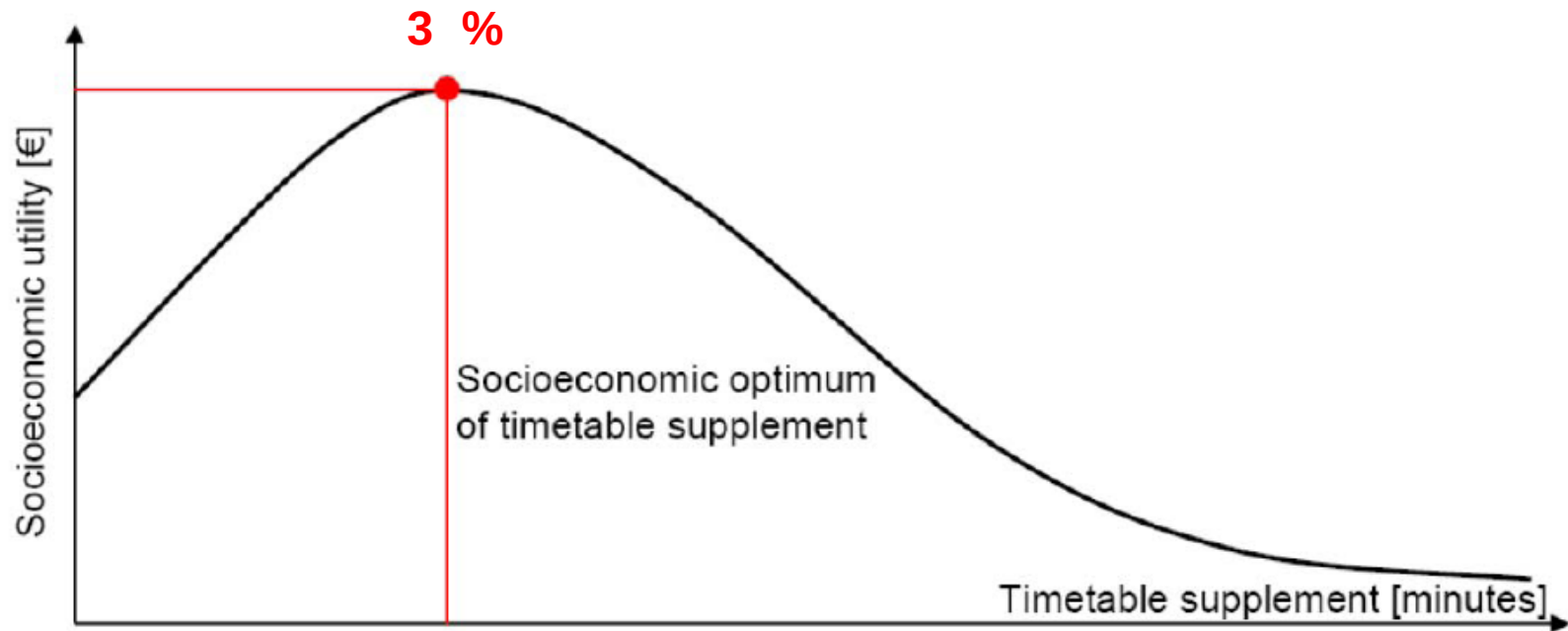
# Lille eksempel

- Antag at det tager 10 minutter at køre mellem station A og B
- Antag endvidere følgende realiserede rejsetider (pga. forsinkelser):
  - Tog 1: 10,2 minutter
  - Tog 2: 10,3 minutter
  - Tog 3: 10,5 minutter
- Antag at hvert tog har én passager.

| Køreplanstillæg                                           |       | 0%   | 1%   | 2%   | 3%   | 4%   | 5%   | 6%   |
|-----------------------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Planlagte køretid [min]                                   |       | 10   | 10,1 | 10,2 | 10,3 | 10,4 | 10,5 | 10,6 |
| Forsinkelser i forhold til den planlagte køretid [min]    | Tog 1 | 0,2  | 0,1  | -    | -    | -    | -    | -    |
|                                                           | Tog 2 | 0,3  | 0,2  | 0,1  | -    | -    | -    | -    |
|                                                           | Tog 3 | 0,5  | 0,4  | 0,3  | 0,2  | 0,1  | -    | -    |
| Totale forsinkelser [min]                                 |       | 1    | 0,7  | 0,4  | 0,2  | 0,1  | 0    | 0    |
| Samlede omkostninger, kørselstid [kr.]                    |       | 50   | 50,5 | 51   | 51,5 | 52   | 52,5 | 53   |
| Samlede omkostninger, forsinkelser [kr.]                  |       | 3,3  | 2,3  | 1,3  | 0,7  | 0,3  | 0,0  | 0,0  |
| Samlede samfundsøkonomiske omkostninger [kr.]             |       | 53,3 | 52,8 | 52,3 | 52,2 | 52,3 | 52,5 | 53,0 |
| Samfundsøkonomisk gevinst (i forhold til dårligste) [kr.] |       | 0,0  | 0,5  | 1,0  | 1,2  | 1,0  | 0,8  | 0,3  |



# Eksempel



# Samfundsøkonomiske analysemetoder

| Samfundsøkonomiske egenskaber                  | Samfundsøkonomisk analysemetode 1 | Samfundsøkonomisk analysemetode 2 | Samfundsøkonomisk analysemetode 3 |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Kan tage højde for køreplanstillæg             | +                                 | +                                 | +                                 |
| Kan tage højde for forskellige køreplaner      |                                   | +                                 | +                                 |
| Kan tage højde for forskellige infrastrukturer |                                   |                                   | +                                 |
| Beregnes ud fra evalueringsperioden            |                                   |                                   | +                                 |

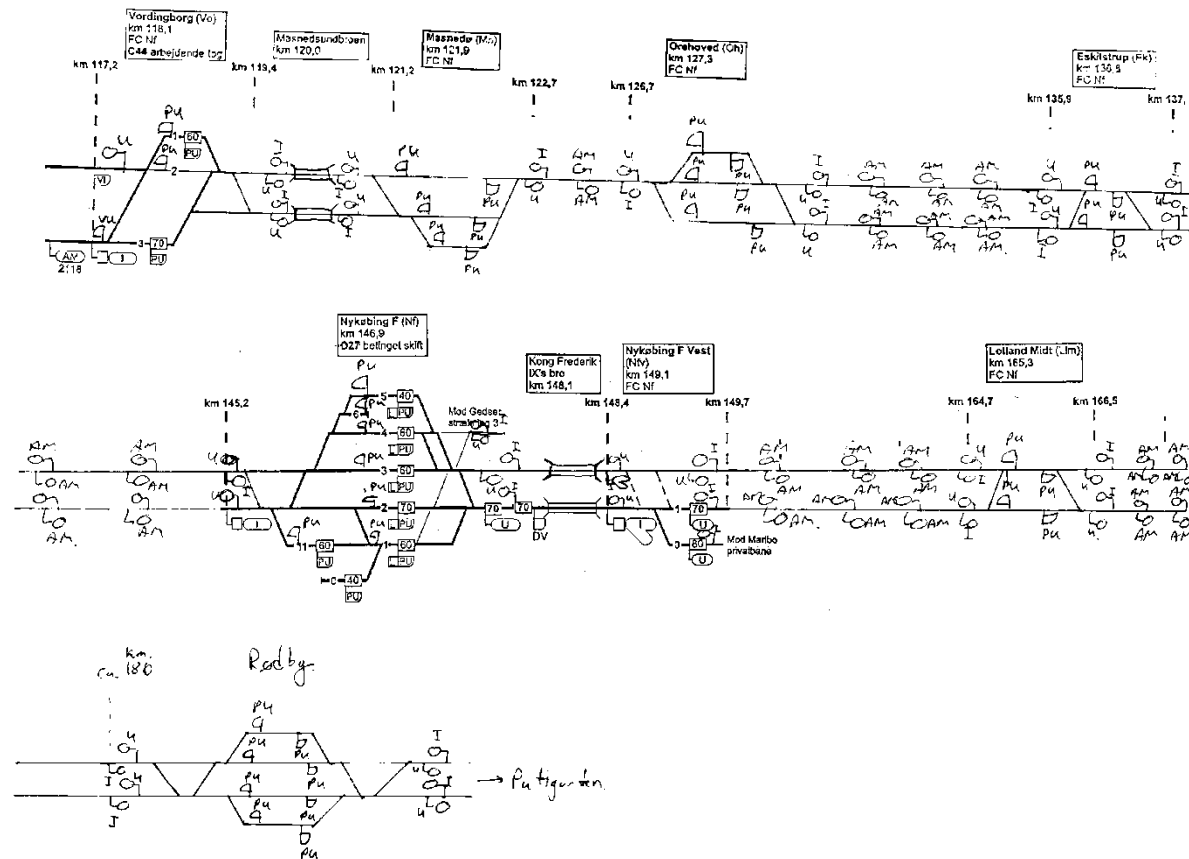
| Samfundsøkonomiske effekter    |                         | Samfundsøkonomisk analysemetode 1 | Samfundsøkonomisk analysemetode 2 | Samfundsøkonomisk analysemetode 3 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Tidsmæssige effekter           | Skjult ventetid         | +                                 | +                                 | +                                 |
|                                | Første ventetid         | +                                 | +                                 | +                                 |
|                                | Køretid                 | +                                 | +                                 | +                                 |
|                                | Ventetid                | +                                 | +                                 | +                                 |
|                                | Skiftestraf             | +                                 | +                                 | +                                 |
|                                | Forsinkelser            | +                                 | +                                 | +                                 |
|                                | Negative forsinkelser   | +                                 | +                                 | +                                 |
|                                | Ikke gennemførte rejser | +                                 | +                                 | +                                 |
| Køreplansbaserede effekter     | Drift                   |                                   | +                                 | +                                 |
|                                | Eksternaliteter         |                                   | +                                 | +                                 |
| Infrastrukturbaserede effekter | Vedligeholdelse         |                                   |                                   | +                                 |
|                                | Anlægsomkostninger      |                                   |                                   | +                                 |

# Casestudie: Opgradering af Sydbanen

- Sydbanen er banestrækningen mellem Ringsted og Rødby
- Sydbanen er i dag dobbeltsporet mellem Ringsted og Vordingborg og enkeltsporet mellem Vordingborg og Rødby
- En udbygning til dobbeltspor mellem Vordingborg og Rødby samt hastighedsopgraderinger undersøges
- Forskellige køreplaner undersøges



# Opgradering af infrastrukturen på Sydbanen



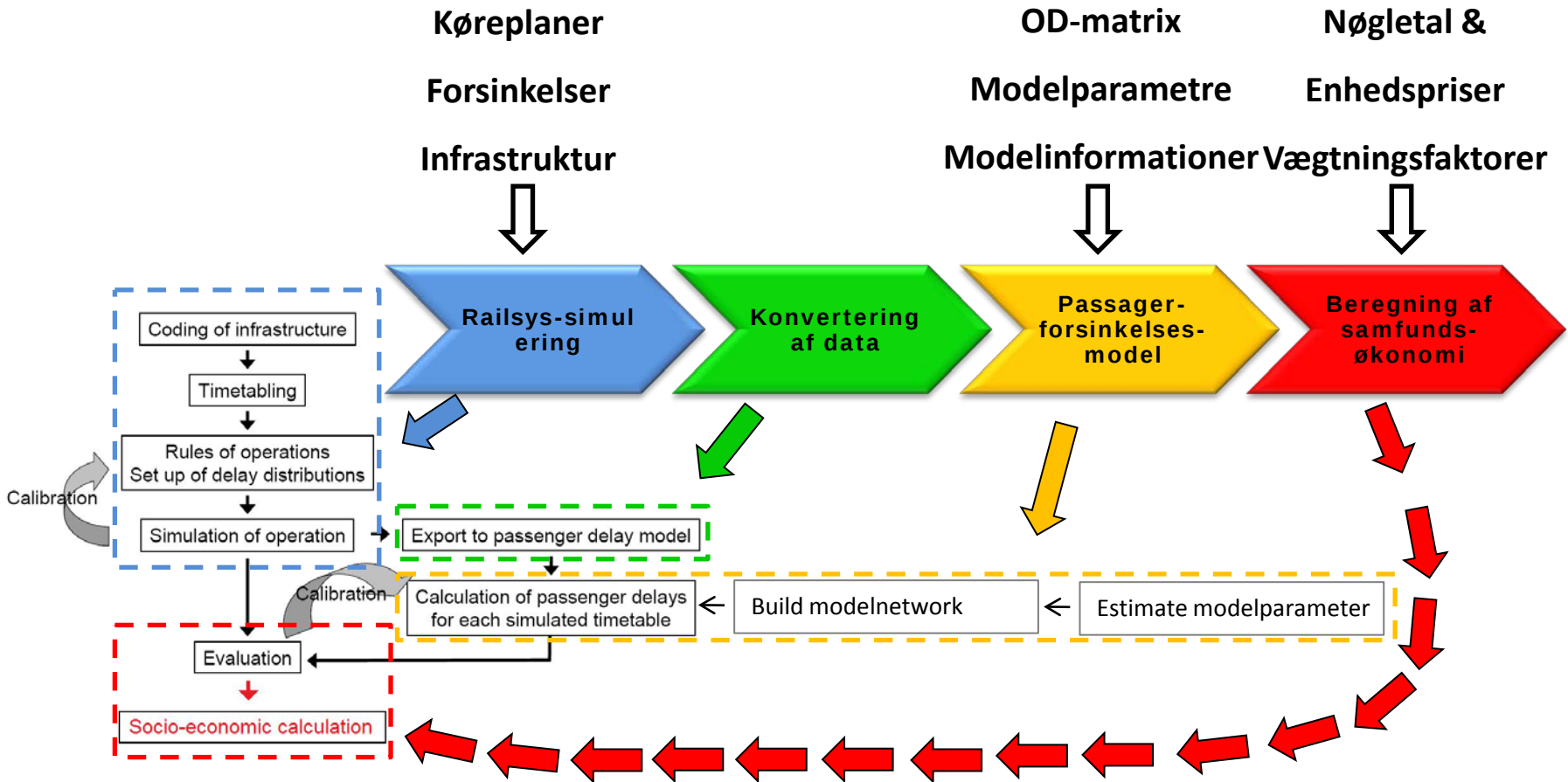
# Køreplansforslag fra Trafikstyrelsen

|               |      |    |      |    |    |    |    |    |    |
|---------------|------|----|------|----|----|----|----|----|----|
| Østerport     |      | 47 |      | 58 |    | 11 | 17 |    | 41 |
| Nørreport     |      | 51 |      | 02 |    | 15 | 21 |    | 45 |
| spor          |      | 7  |      | 7  | 4  | 8  | 7  | 4  | 8  |
| København H   |      | 56 |      | 07 | 14 | 20 | 26 | 44 | 50 |
| Valby         | Cph  | :  | :    | :  | :  | 24 | 30 | :  | 54 |
| Ny Ellebjerg  | (36) | 1  |      | :  | 19 | :  | :  | 49 | :  |
| Høje Taastrup | :    | :  |      | 1  | 1  | 34 | 40 | 1  | 04 |
| Hedehusene    | :    | :  |      | 1  | 1  | 38 | 1  | 1  | 08 |
| Trekroner     | :    | :  |      | 1  | 32 | 42 | 1  | 02 | 12 |
| Roskilde      | o    | :  | :    | 23 | 35 | 45 | 47 | 05 | 15 |
| Roskilde      | :    | :  |      | 24 | 36 |    | 48 | 06 |    |
| Viby Sj       | :    | :  |      | 1  | 43 |    | 1  | 13 |    |
| Borup         | :    | :  |      | 1  | 48 |    | 1  | 18 |    |
| Køge Nord     | 1    | 1  |      | :  | :  |    | 1  | :  |    |
| Kværkeby      | 1    | 1  |      | 1  | 1  |    | 1  | 1  |    |
| Ringsted      | (11) | 1  |      | 41 | 55 |    | 05 | 26 |    |
| Glumsø        | 1    | 1  |      | 1  |    |    | 12 | 34 |    |
| Næstved       | o    | 1  | 34   | 53 |    |    | 20 | 42 |    |
| Næstved       | 1    | 35 |      | 54 |    |    | 21 |    |    |
| Lundby        | 38'  | 1  | 46*  | 02 |    |    | 29 |    |    |
| Vordingborg   |      | 48 | 1    | 10 |    |    | 37 |    |    |
| Nørre-Åslev   | 1    | 1  | 20   |    |    |    | 47 |    |    |
| Eskilstrop    | 1    | 1  | 24   |    |    |    | 51 |    |    |
| Nykøbing F    | o    | 04 | 1    | 30 |    |    | 57 |    |    |
| Rødby F       | o    | 25 | (39) |    |    |    |    |    |    |

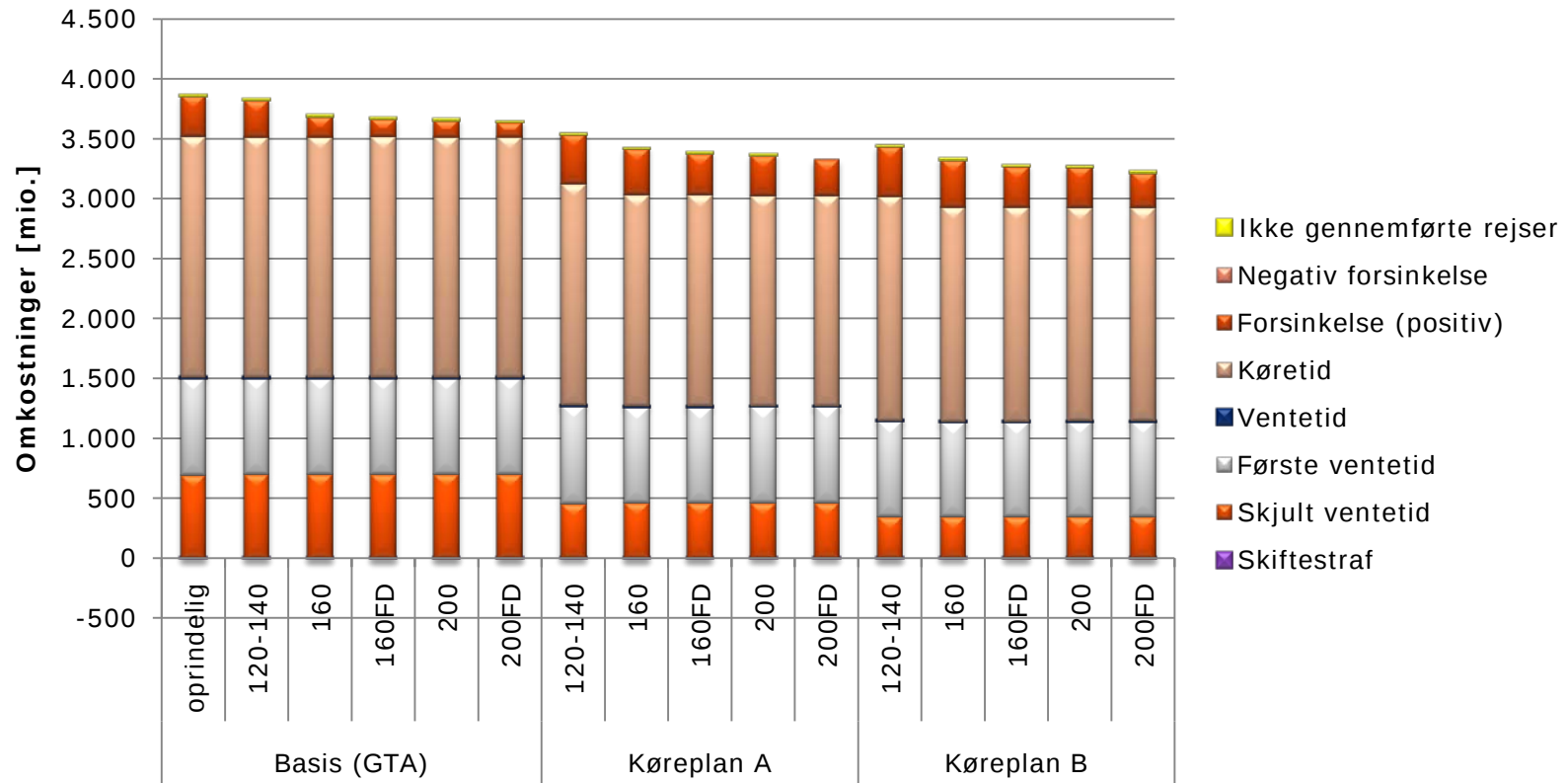
|               |      |      |      |  |  |  |  |  |    |
|---------------|------|------|------|--|--|--|--|--|----|
| Rødby F       | (06) | 18   |      |  |  |  |  |  |    |
| Nykøbing F    | 1    | 41   |      |  |  |  |  |  | 15 |
| Eskilstrop    | 1    | 1    |      |  |  |  |  |  | 21 |
| Nørre-Åslev   | 1    | 1    |      |  |  |  |  |  | 25 |
| Vordingborg   | 1    | 58   |      |  |  |  |  |  | 36 |
| Lundby        | 59*  | 1    | 07*  |  |  |  |  |  | 44 |
| Næstved       | o    | 10   | 1    |  |  |  |  |  | 51 |
| Næstved       |      | 11   | 1    |  |  |  |  |  | 52 |
| Glumsø        | 1    | 1    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Ringsted      | 1    | (34) |      |  |  |  |  |  | 49 |
| Kværkeby      | 1    | 1    |      |  |  |  |  |  | 05 |
| Køge Nord     | 1    | 1    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Borup         | :    | :    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Viby Sj       | :    | :    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Roskilde      | o    | :    | :    |  |  |  |  |  | 1  |
| Roskilde      | :    | :    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Trekroner     | :    | :    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Hedehusene    | :    | :    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Høje Taastrup | :    | :    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Ny Ellebjerg  | o    | 1    | (09) |  |  |  |  |  | 1  |
| Valby         | o    | :    | Cph  |  |  |  |  |  | 1  |
| København H   | o    | 49   |      |  |  |  |  |  | 1  |
| spor          |      | 4    |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Nørreport     | o    | 54   |      |  |  |  |  |  | 1  |
| Østerport     | o    | 58   |      |  |  |  |  |  | 1  |

- Køreplan-variant A: Nogle linjer kører kun i myldretiden
- Køreplan-variant B: Alle linjer kører hele døgnet

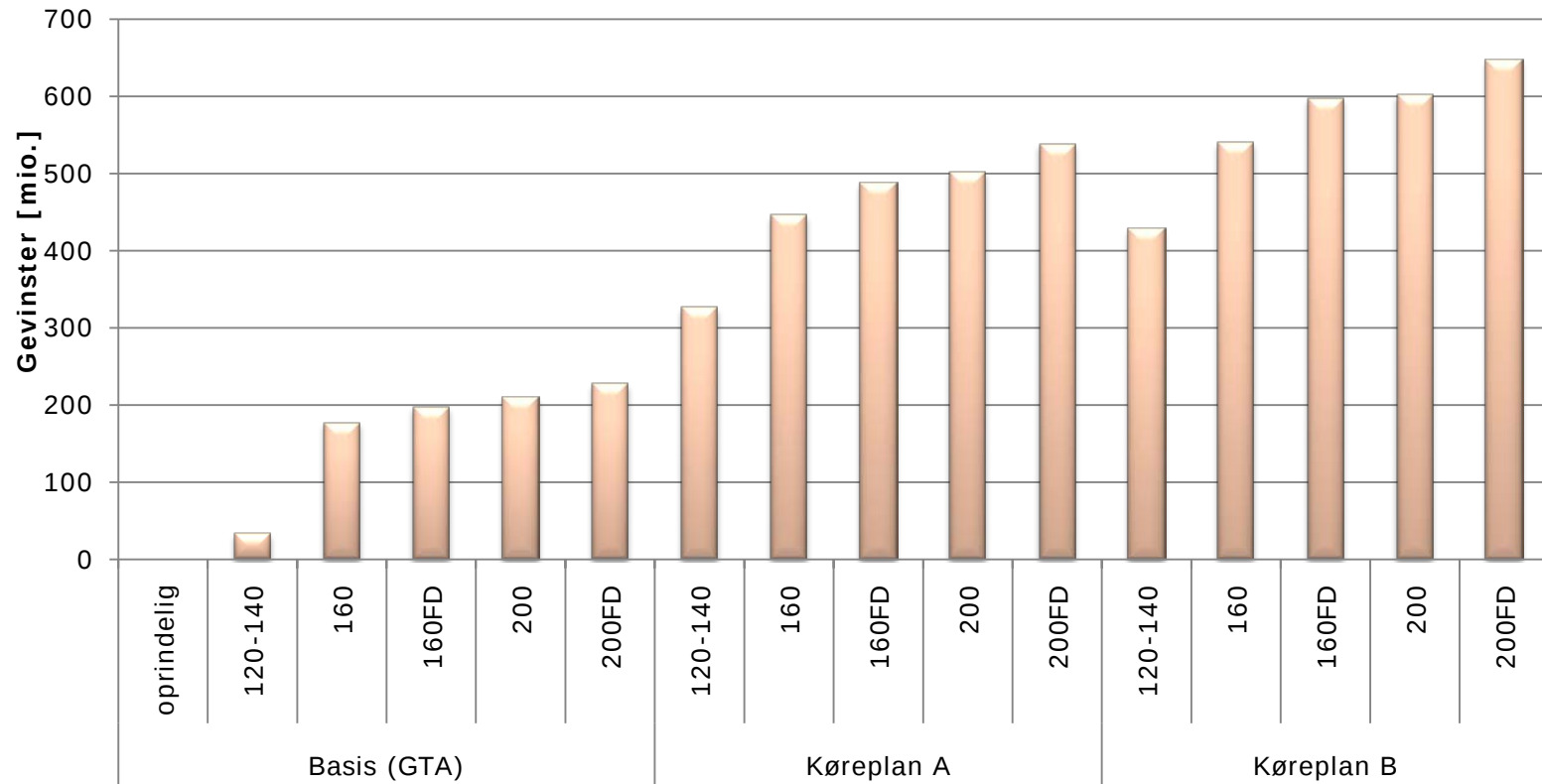
# Work flow



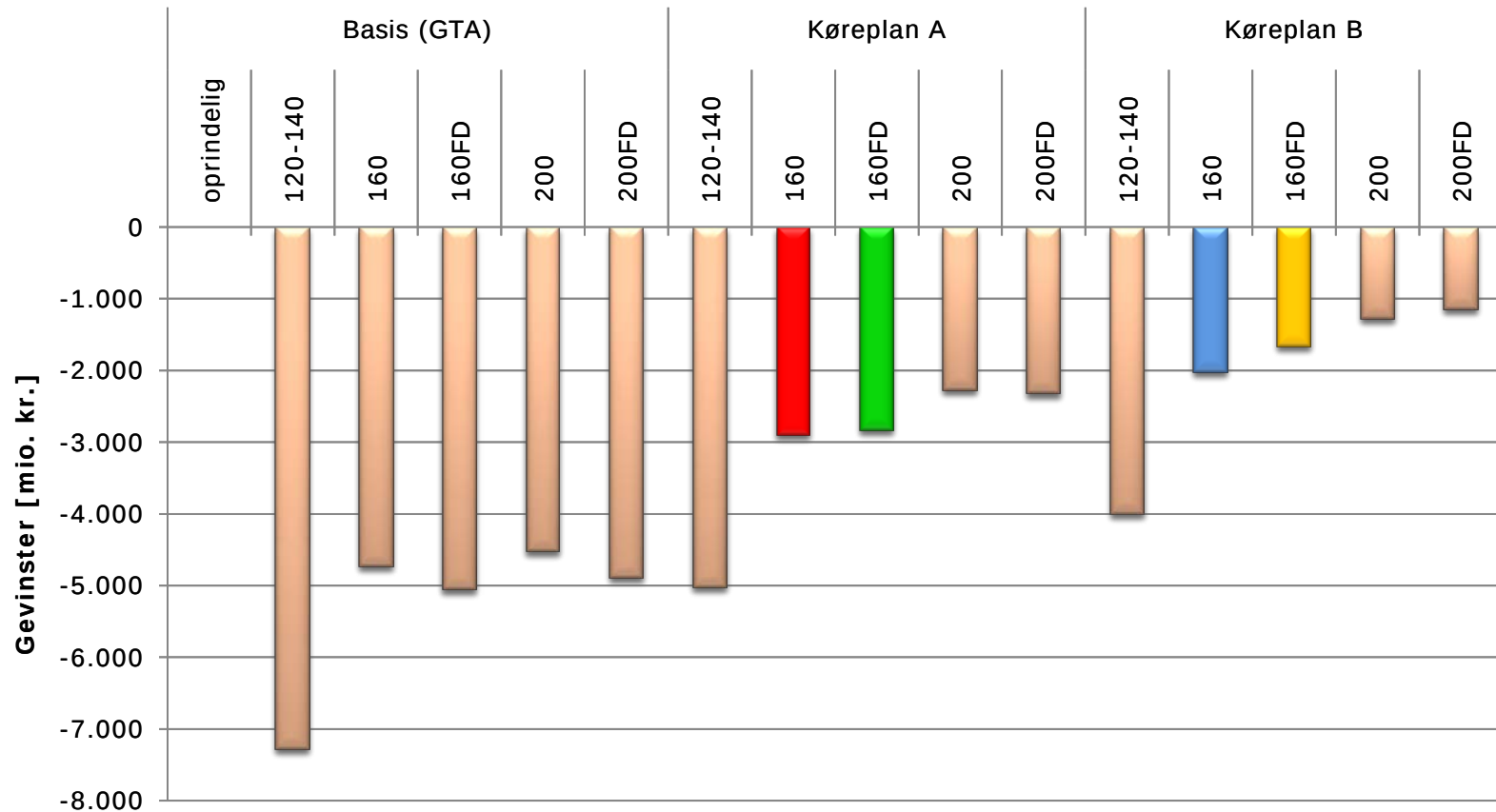
## Tidsøkonomiske omkostninger (årsniveau)



## Tidsøkonomiske gevinster i forhold til eksisterende (årsniveau)



## NPV i forhold til basis (50 årig periode)

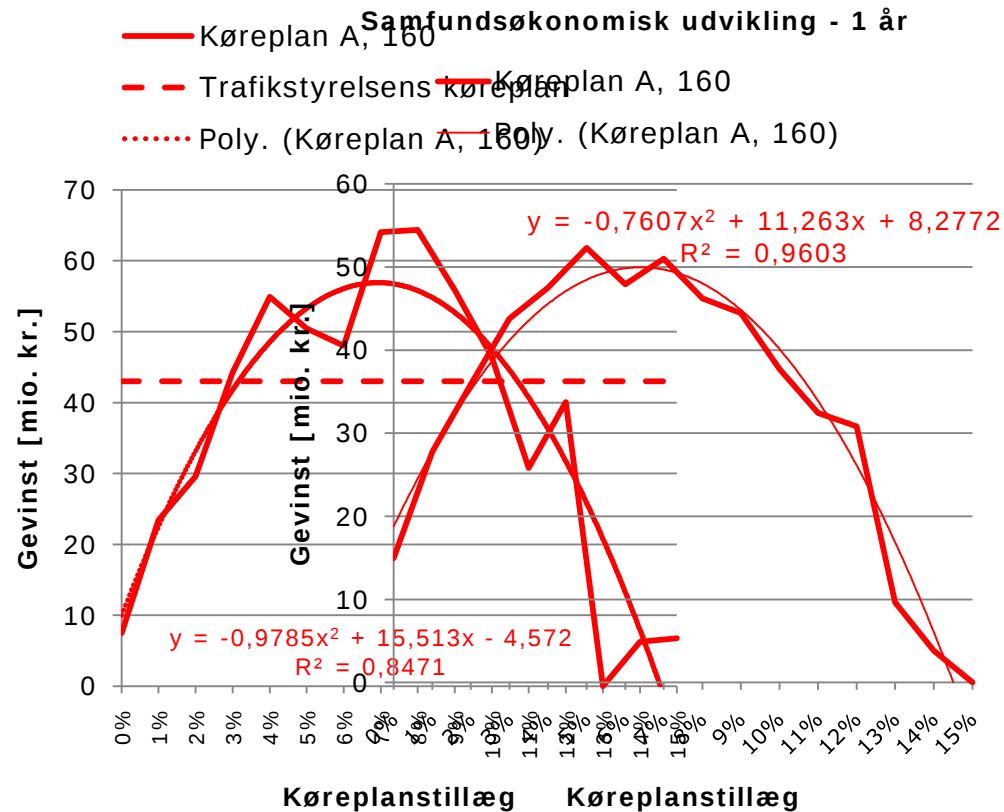


# Oversigt

|                         | Køreplan A: Høj frekvens i myldretiden | Køreplan B: Høj frekvens hele døgnet |
|-------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Storstrøm enkeltsporet  | Scenarie 1                             | Scenarie 2                           |
| Storstrøm dobbeltsporet | Scenarie 3                             | Scenarie 4                           |

# Køreplanstillæg (analysemetode 1)

Samfundsøkonomisk udvikling - 1 år



# Samfundsøkonomisk analysemetode 1

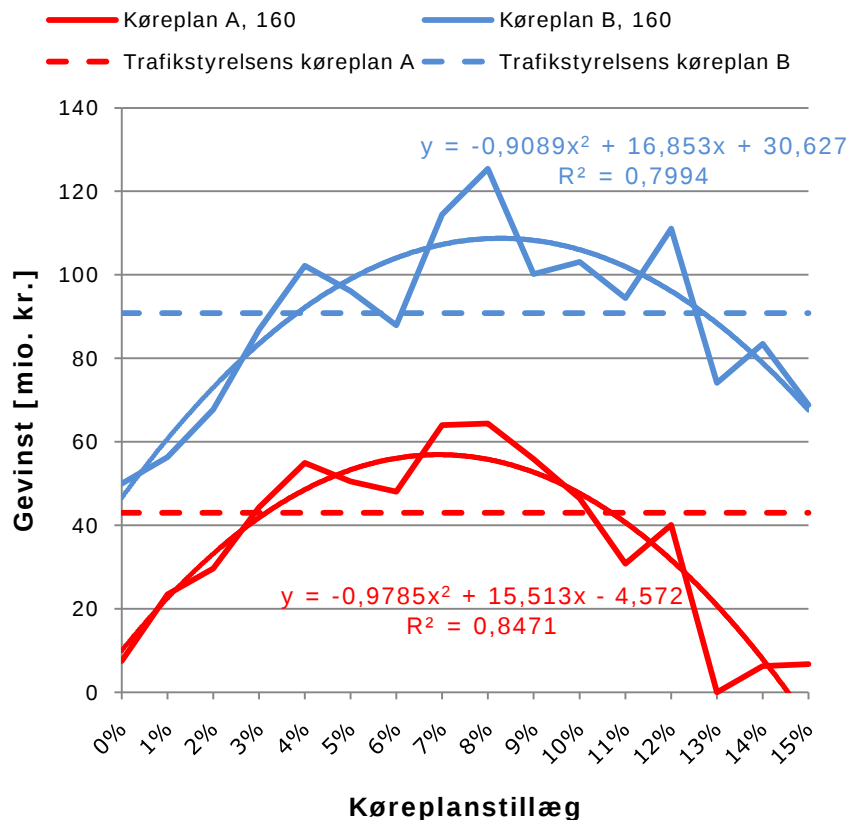
## - Resultater

| Infrastruktur | Køreplan   | Teoretisk max-punkt<br>[køreplanstillæg] | Årlig gevinst ved optimalt køreplanstillæg i forhold til Trafikstyrelsens køreplan<br>[mio. kr.] | Skæringspunkter med Trafikstyrelsens køreplan |                         |
|---------------|------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
|               |            |                                          |                                                                                                  | Mindste køreplanstillæg                       | Største køreplanstillæg |
| Dobbelt       | Køreplan A | 6,9                                      | 14                                                                                               | 3,2 %                                         | 10,7 %                  |
|               | Køreplan B | 8,3                                      | 18                                                                                               | 3,8 %                                         | 12,7 %                  |
| Fuldt dobbelt | Køreplan A | 6,7                                      | 17                                                                                               | 2,3 %                                         | 11,2 %                  |
|               | Køreplan B | 7,6                                      | 26                                                                                               | 1,9 %                                         | 13,3 %                  |

# Samfundsøkonomisk analysemetode 2

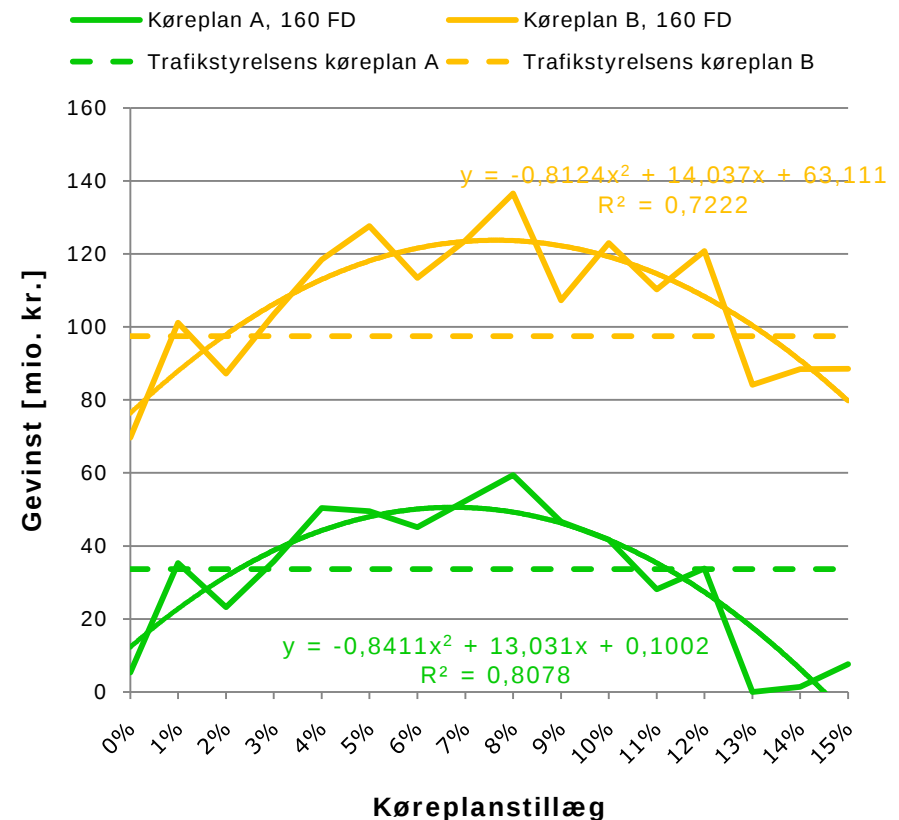
## Storstrøm enkeltsporet

### Samfundsøkonomisk udvikling - 1 år



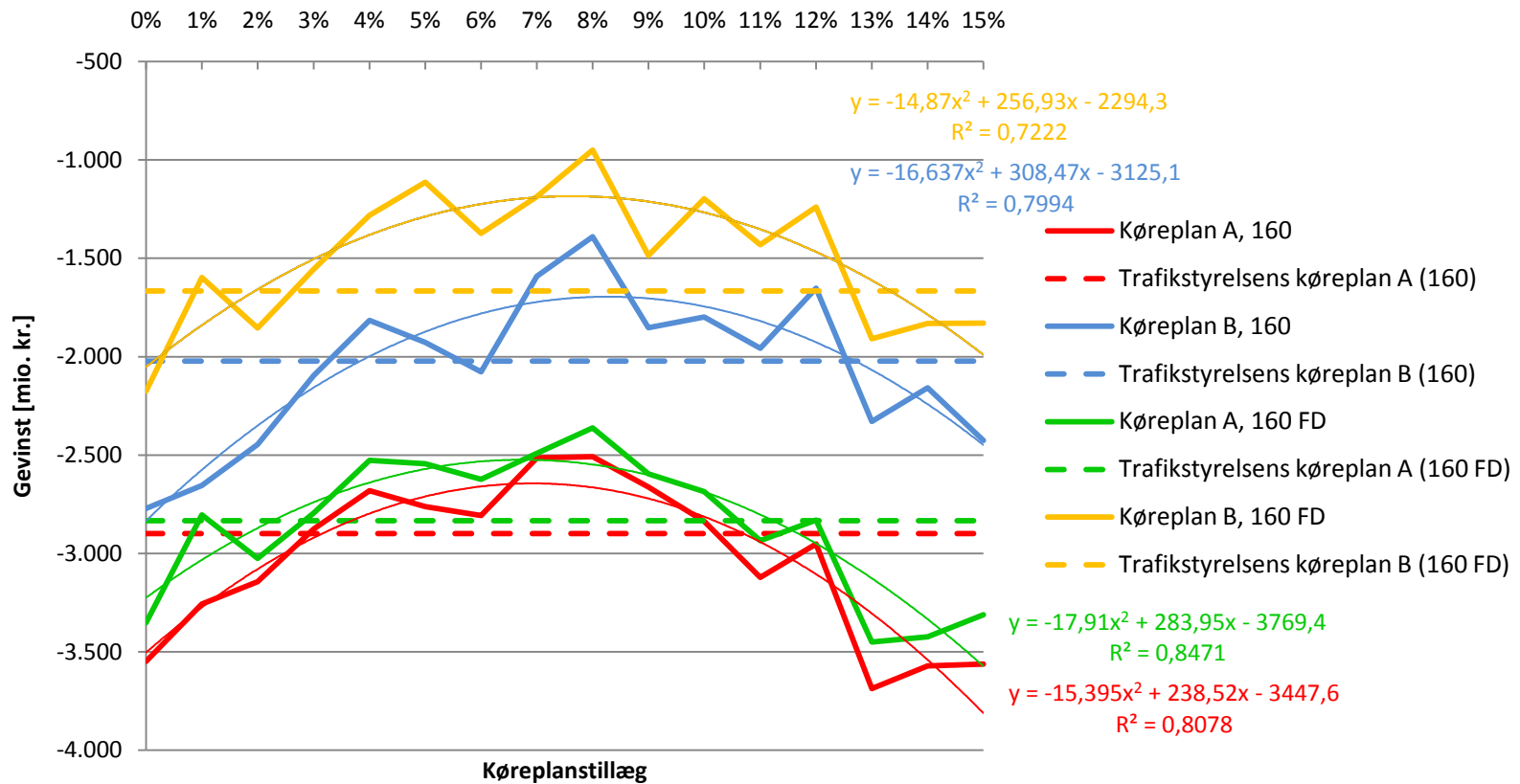
## Storstrøm dobbeltsporet

### Samfundsøkonomisk udvikling - 1 år



# Samfundsøkonomisk analysemetode 3

## Samfundsøkonomisk udvikling i forhold til basisscenariet - 50 år



# Samfundsøkonomisk analysemetode 3

| Infrastruktur | Køreplan   | Teoretisk max-punkt<br>[køreplanstillæg] | Årlig gevinst ved optimalt<br>køreplanstillæg i forhold til<br>Trafikstyrelsens køreplan<br>[mio. kr.] | Gevinst i forhold<br>til Trafikstyrelsens<br>køreplan efter 50 år<br>[mio. kr.] |
|---------------|------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Dobbelt       | Køreplan A | 6,9                                      | 14                                                                                                     | 254                                                                             |
|               | Køreplan B | 8,3                                      | 18                                                                                                     | 328                                                                             |
| Fuldt dobbelt | Køreplan A | 6,7                                      | 17                                                                                                     | 310                                                                             |
|               | Køreplan B | 7,6                                      | 26                                                                                                     | 482                                                                             |

# Opsummering

- Ved at anvende passagerforsinkelsesmodellen er det muligt at finde det mest rentable (samfundsøkonomiske) køreplanstillæg.
  - Det kræver dog et ”kvalificeret gæt” mht. det optimale køreplanstillæg
- Det er ikke samfundsøkonomisk rentabelt at opgradere Sydbanen – heller ikke selv om køreplanstillægget opgraderes.
  - Der er dog ikke taget højde for trafikspringet eller øget trafik som følge af Femern-forbindelsen.