

Simulering af passagerforsinkelser på jernbaner

Alex Landex

Otto Anker Nielsen

Forskelle på passagerer og togforsinkelser

- Antal passagerer per tog varierer
 - ▶ Typisk mere “presset” køreplan i myldretiden
 - Højere frekvens, flere passagerinteraktioner ved døre etc.
 - ▶ Ofte flere passagerer per tog

- Passagerer skifter mellem linier
 - ▶ De kan nå den samme forbindelse alligevel (ingen forsinkelse ved destinationen)
 - ▶ De mister måske en forbindelse (meget mere skiftetid og meget større forsinkelse end det første togs forsinkelse alene)
 - ▶ De kan være heldige at nå en tidligere – men nu forsinket – linie, som de ellers ikke havde nået

- Hvis flere linier løber parallelt ad en bane, har passagerer måske forskellige alternative rejsemuligheder, hvorved de kan undgå forsinkelser (f.eks. mellem Hovedbanegården og Østerport)

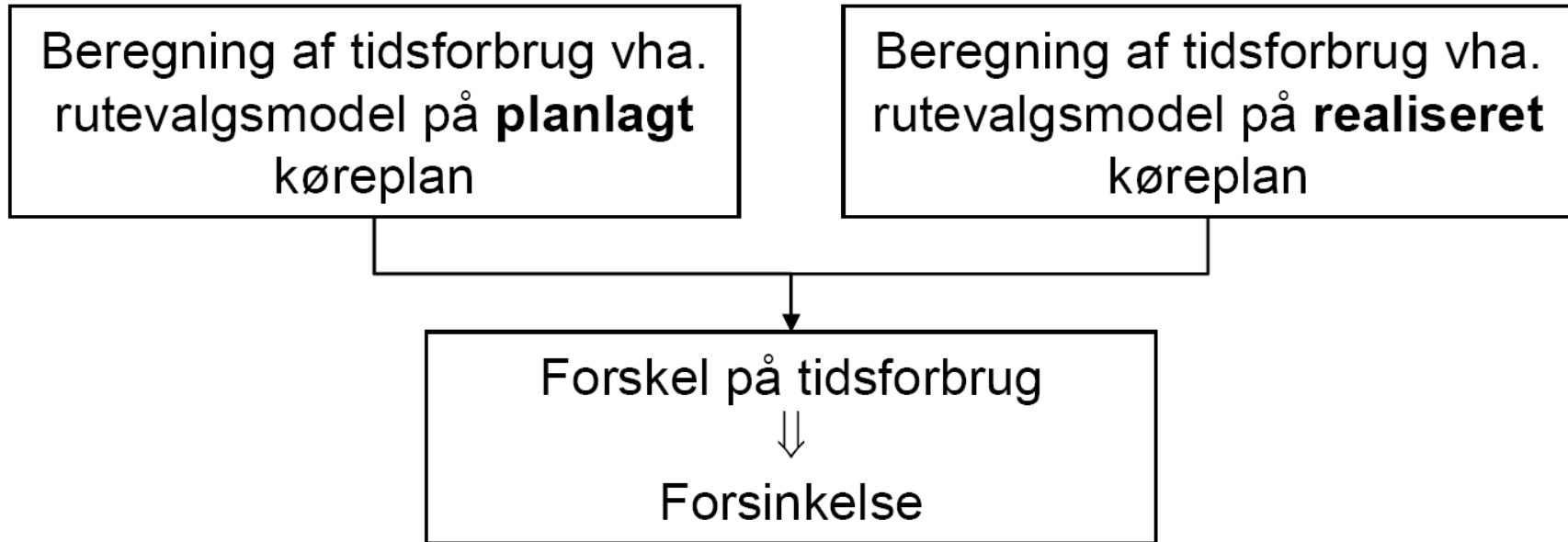
0. generationsmodeller

- Togforsinkelser
 - Snitforsinkelser
 - ▶ Der tages ikke hensyn til skift
 - ▶ Passagerer kan vælge andre linier/ruter
 - Tælletogetsforsinkelser
 - ▶ Der tages ikke hensyn til skift
 - ▶ Passagerer kan vælge andre linier/ruter
- Togforsinkelse × Antal (afstigende) passagerer = Forsinkelse**
- ▶ Passagerer der ankommer før tid regnes som forsinkede

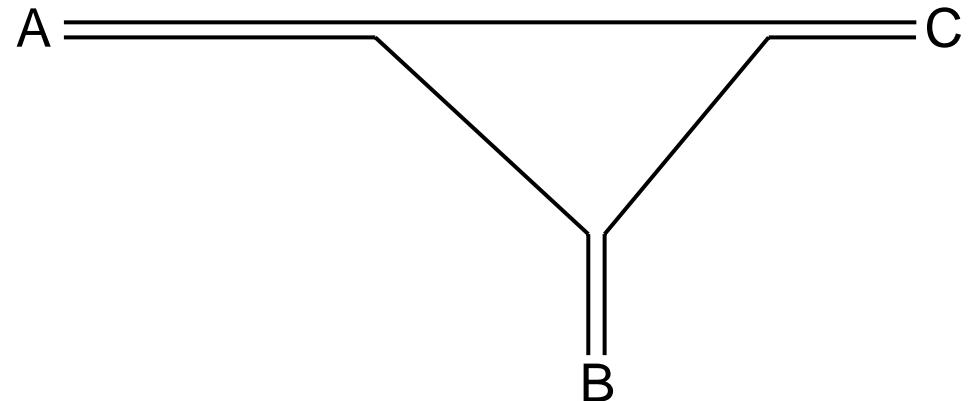
Eksempel på beregning med 0-generationsmodel

	Station A		Station B		Station C	
	På	Af	På	Af	På	Af
Til tiden	100	0	50	50	0	100
Til tiden	100	0	50	50	0	100
5 min forsinket	150	0	75	75	0	150
Til tiden	50	0	25	25	0	100
Til tiden	100	0	50	50	0	100

1. generations passagerforsinkelser – optimalt rutevalg



- Normalt antages fuld information
 - Passagerer kender til forsinkelserne før de opstår
- *Eksempel: Beregninger på empiriske køreplaner med TPSchedule i Kh-Rg projektet*



2. generation

- Passagererne antages jævnlige, at benytte togsystemet
 - ▶ Erfaringer om hvor og hvornår forsinkelser optræder
 - ▶ Erfaringer svarer til sandsynlighedsfordelinger for forsinkelser
- Resultaterne af simuleringerne sammenvægtes ved successive gennemsnits metode
 - ▶ Rutevalget tager hensyn til sandsynlighedsfordeling for fremtidige forsinkelser
- Passagererne har ikke mulighed for at ændre rute undervejs selvom der opstår særligt store forsinkelser
- *Eksempel; Endelige version af Kh-Rg modellen; UX-Simu kombineret med TPSchedule og udjævnet med succesive gennemsnits metode i et makroprogram*

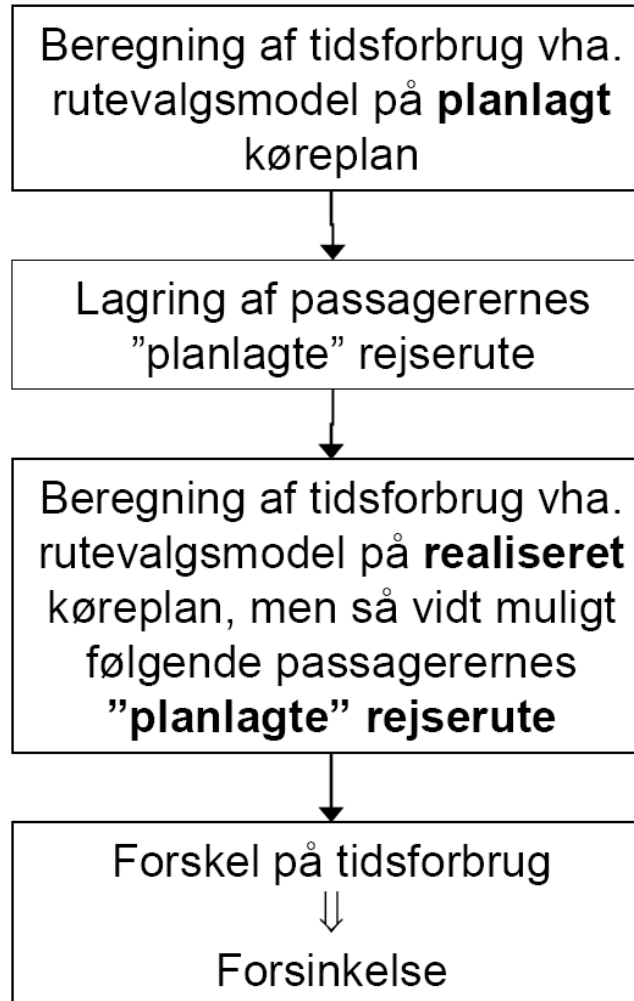
3. generation - Passagerforsinkelsesmodel

OPTIMISTISK

- Alt-eller-intet rutevalgsmodel
 - ▶ Fuld information om fremtidige forsinkelser

- Den optimistiske model kan bruges som benchmark

*DSB S-togs
regularitetsmodel*



PESSIMISTISK

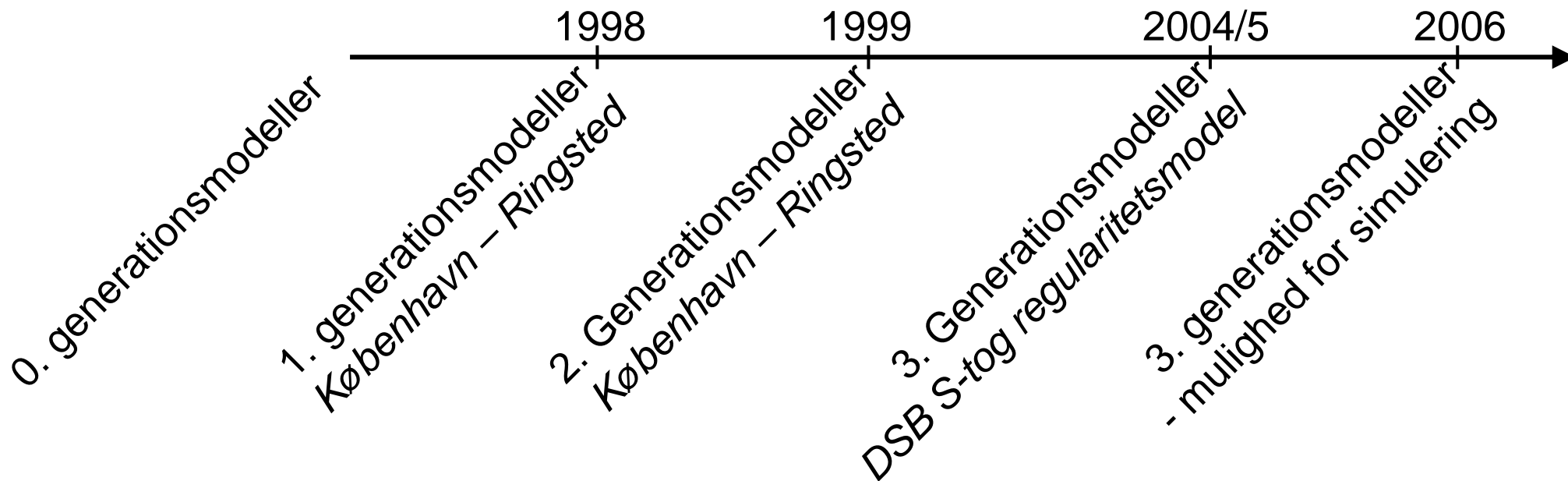
- Passagerer planlægger deres optimale rute efter den planlagte køreplan

- Passagerer rejser i banenetværket ved at følge deres planlagte rute
 - ▶ Hvis en forsinkelse af en vis størrelse opstår genovervejer passagererne deres rute, men først fra det tidspunkt i tid og sted hvor forsinkelsen opstår

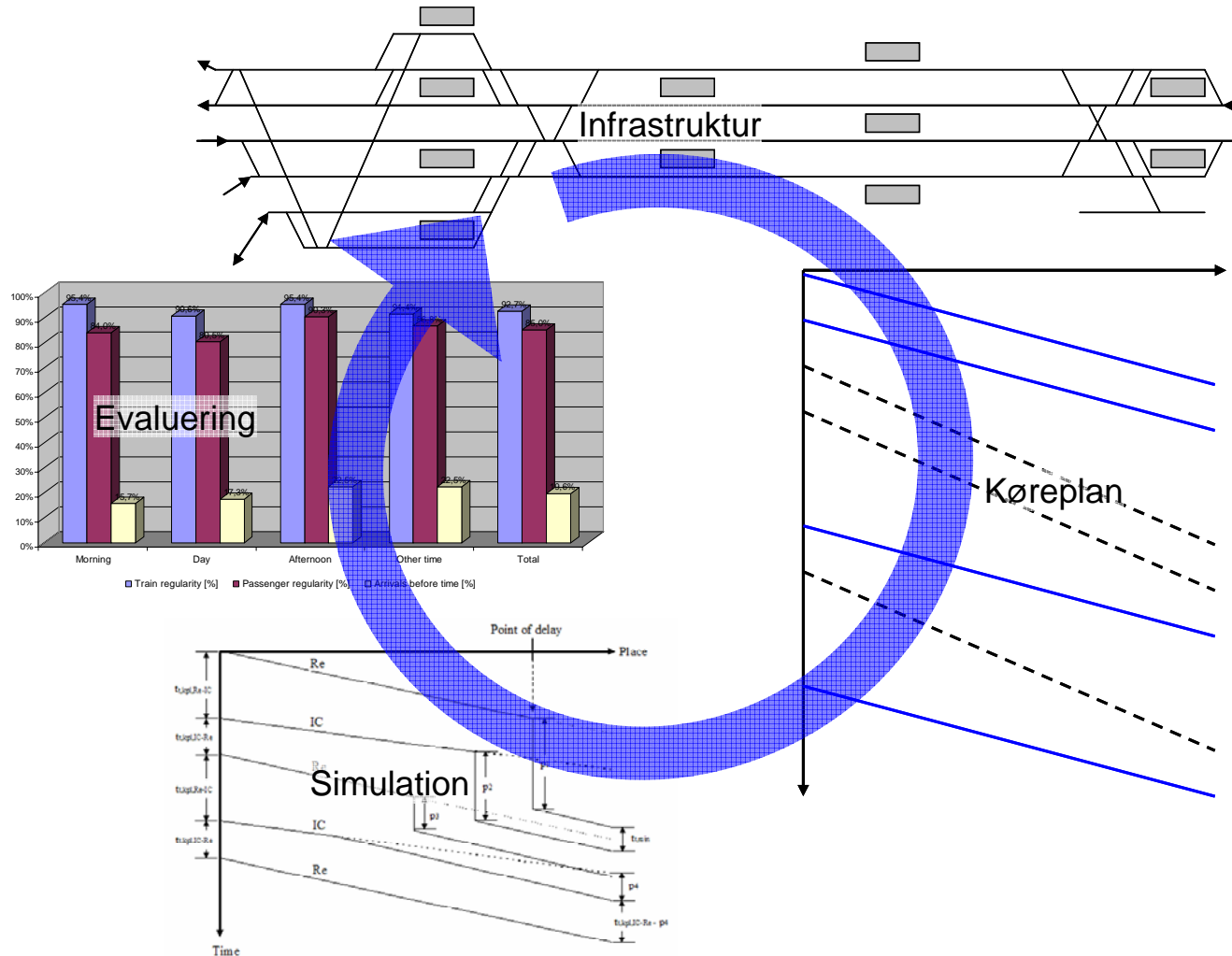
Sammenligning af beregningsmetoder

	Tog- forsinkelser	Snit- forsinkelser	Tælletoogs- forsinkelser	1. Generation	2. Generation	3. Generation
Hensyntagen til passagerernes forsinkelse	NEJ	DELVIS	DELVIS	DELVIS	JA	JA
Kompleksitet	Meget lav	Lav	Lav – Middel	Middel	Middel – Høj	Høj
Behov for information om rejsemønstre	NEJ	Af- stigere	NEJ	JA	JA	JA
Passagerer inddrager erfaringer i deres valg	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	JA	NEJ
Mulighed for at forudsige forsinkelser	NEJ	NEJ	NEJ	JA	DELVIS	JA
Brug af passagerernes rejsemønstre (OD-matrix)	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA	JA
Passagerer kan ankomme før tid	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA	JA

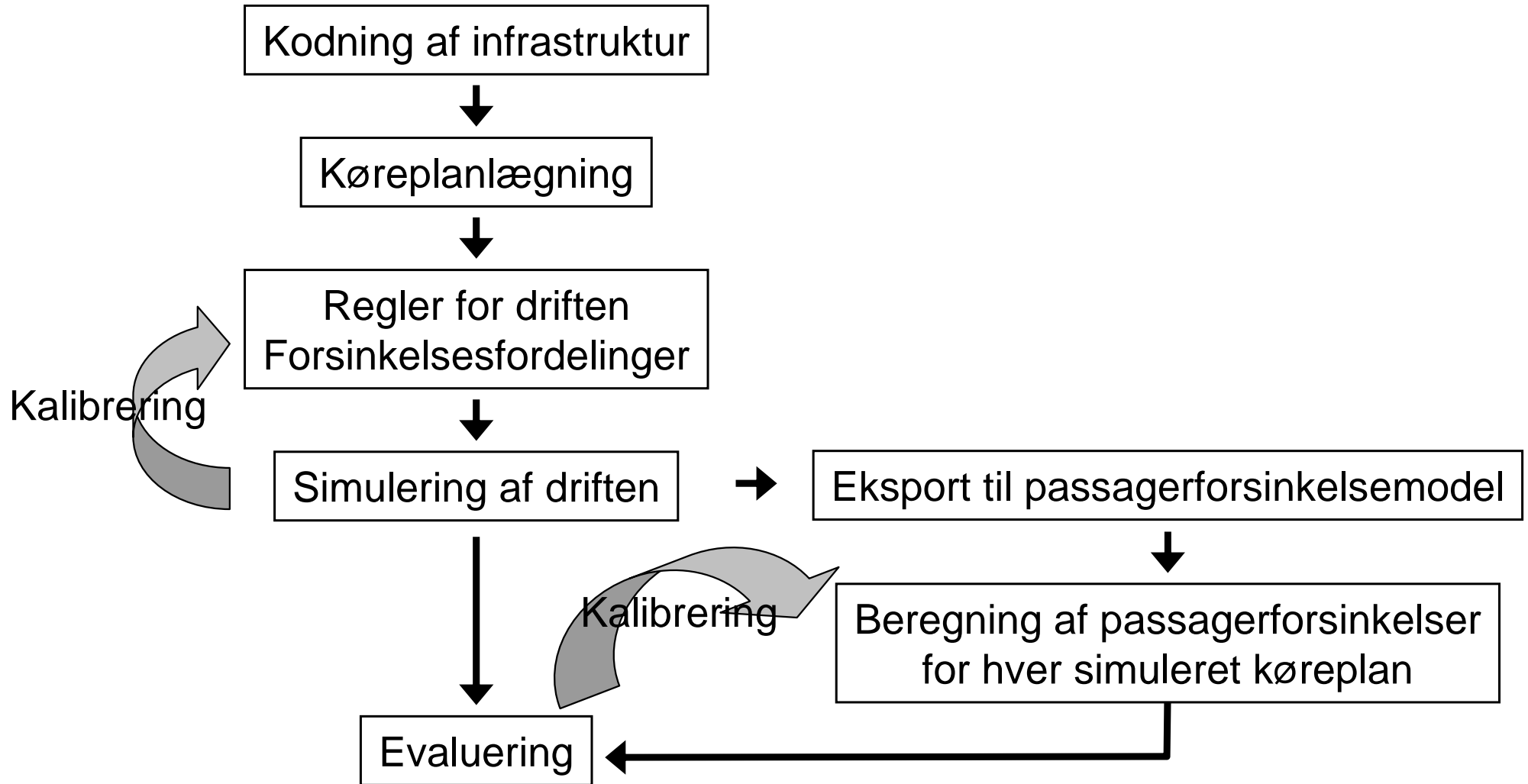
Udviklingen af passagerregularitetsmodeller



Arbejdsgang ved simulering af baneprojekter

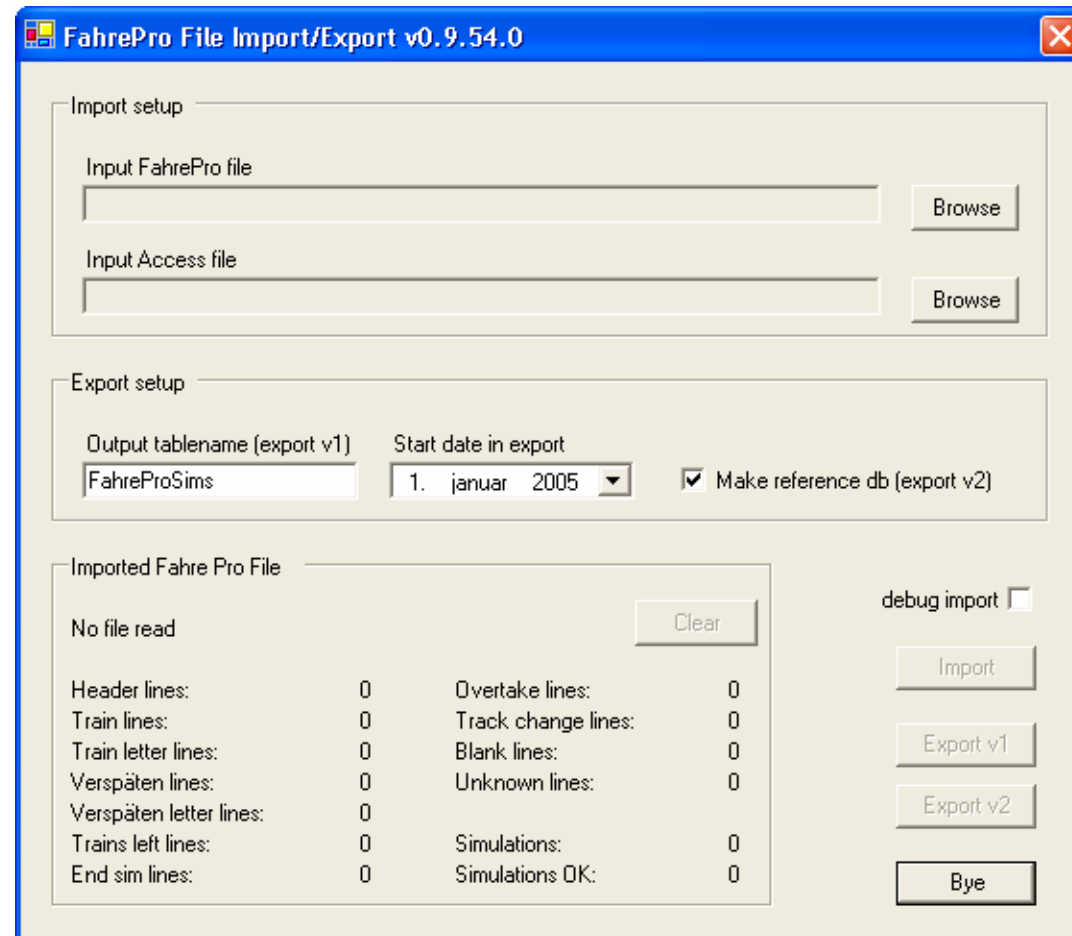


Simulering af forsinkelser og passagerforsinkelser



Praktisk implementering

- Almindelig simulering med RailSys
 - ▶ Udskrift af simuleringens resultater
- Import-Export program
 - ▶ Endnu kun forskningssoftware
- Kør passagerforsinkelsesmodel
 - ▶ Kører i daglig drift hos DSB S-tog
- Import-Export programmet kan let udvides til også at starte passagerforsinkelsesmodellen

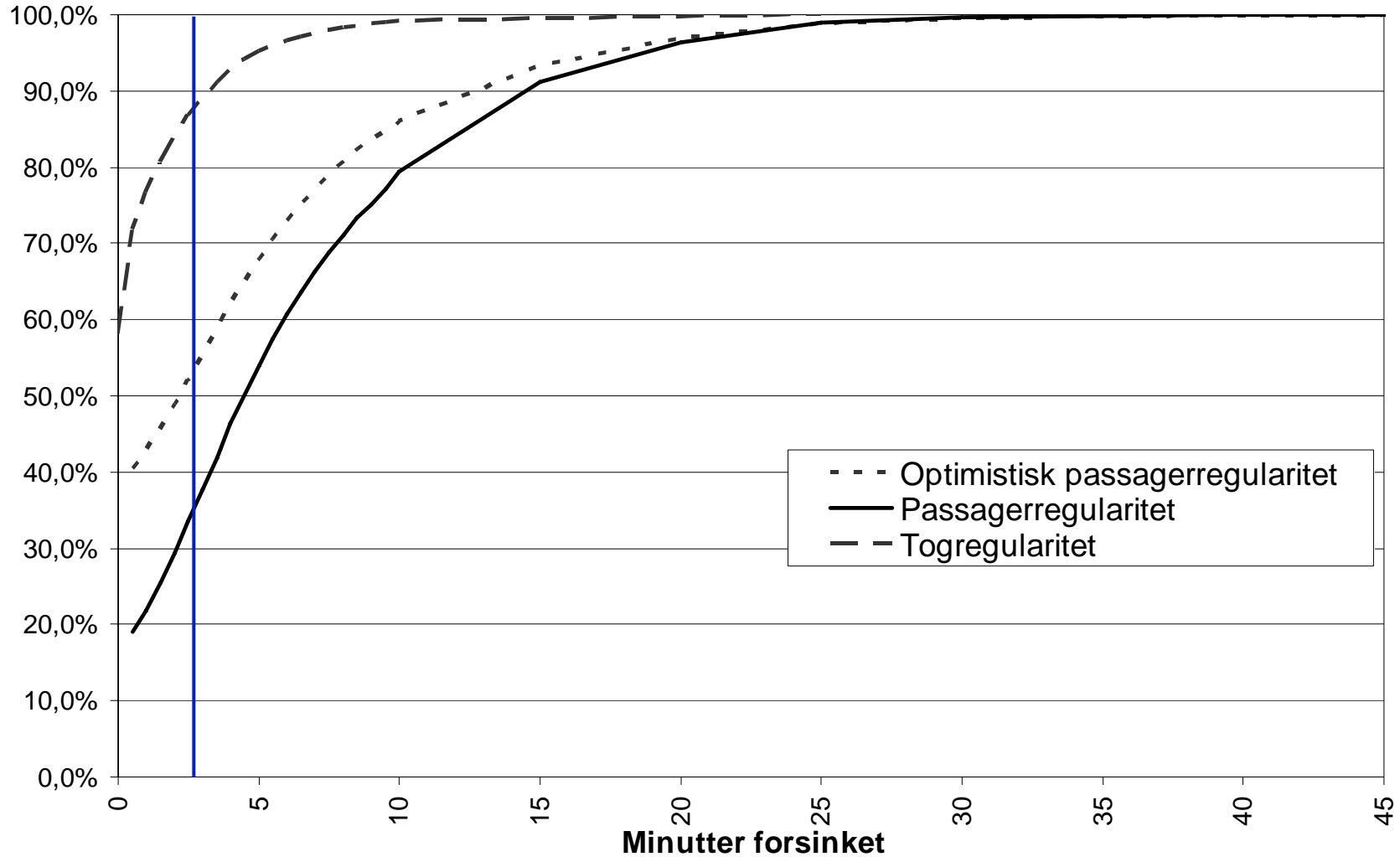


Case: Den københavnske S-bane (S07)

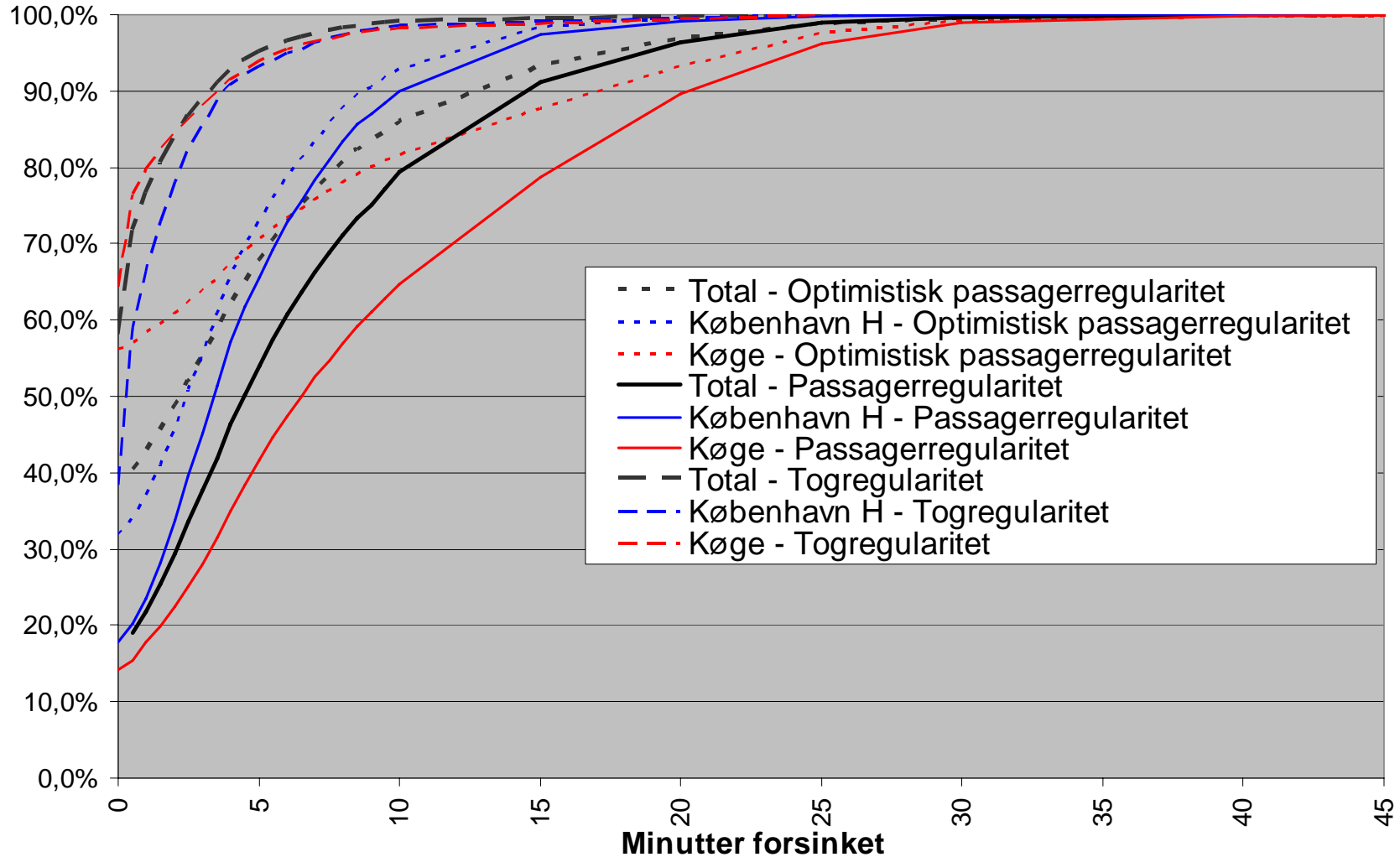
- 85 stationer
- 4 linier (A, B, C & E) med 10 minutters frekvens i dagtimerne og 20 minutters drift morgen og aften
- 2 liner (Bx & H) med 20 minutters frekvens
- 1 linie (F) med 5 minutters frekvens i dagtimerne og 10 minutters frekvens morgen og aften
- Nogle afgangene på linie C er afkortede



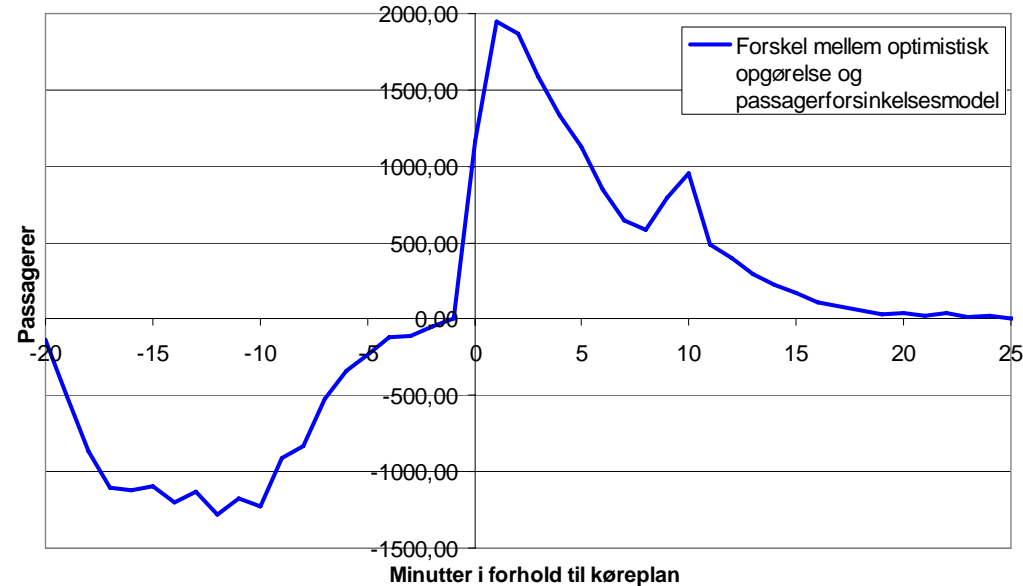
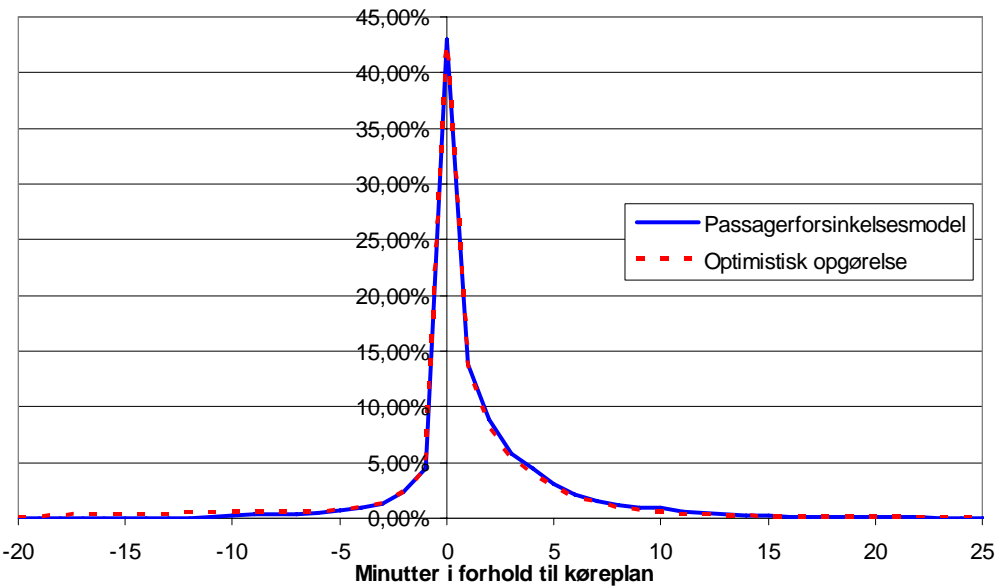
Forsinkelser



Forsinkelser på stationsniveau

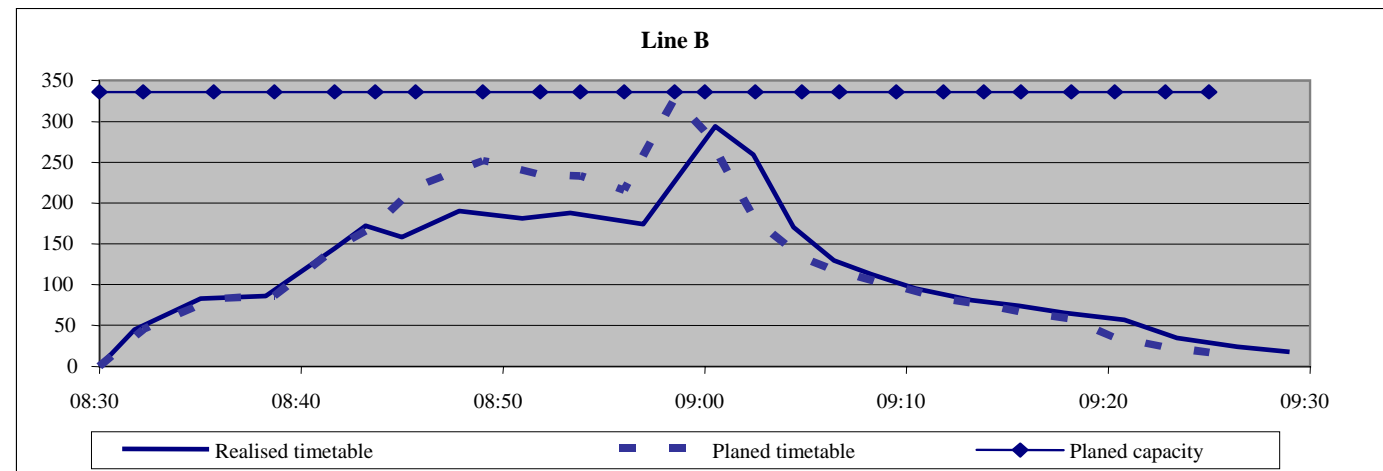
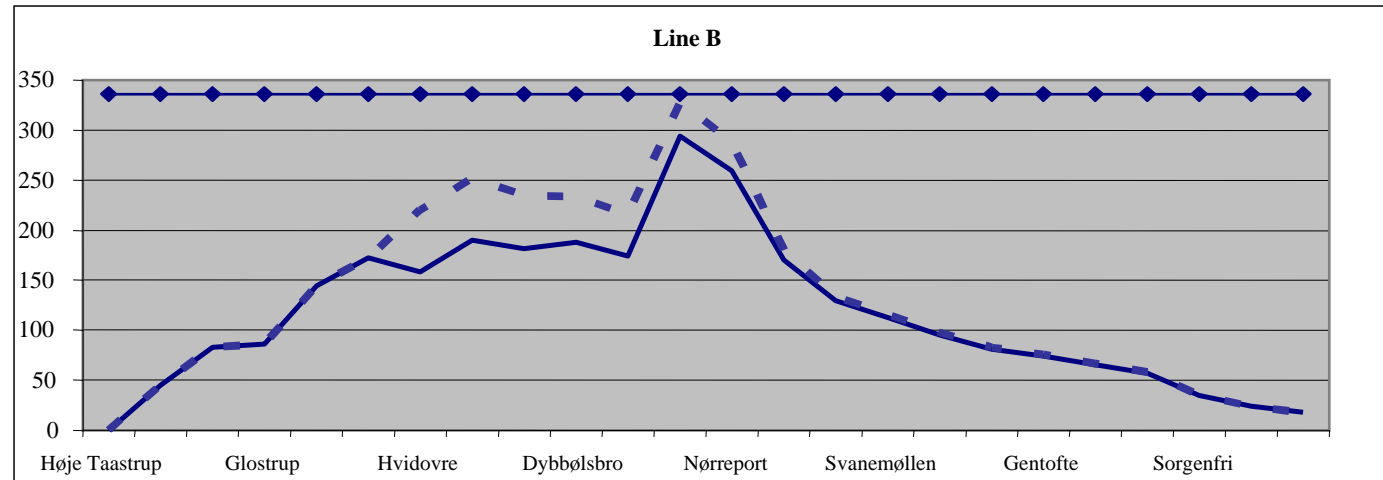


Optimistisk vs pessimistisk evaluering af passagerforsinkelser



Antallet af passagerer på en bestemt afgang

- Et forsinket tog forventes at have flere passagerer
- Et forsinket tog kan have færre passagerer hvis der er en konkurrerende linie



Konklusioner

- Der er signifikant forskel mellem togforsinkelser og passagerforsinkelser
 - ▶ Forskelligt antal passagerer i togene hen over dagen
 - ▶ Passagerer vil (til en vis grad) ændre rute som følge af forsinkelser
 - ▶ Større risiko for forsinkelser i myldretiderne
 - ▶ Passagerforsinkelser er større end togforsinkelser
 - ▶ Passagerer kan dog også ankomme tidligere end planlagt
- => 3. generations passagerforsinkelsesmodeller giver mest realistiske resultater

- Det er muligt at identificere kritiske afsnit i jernbanenetværk
 - ▶ Test af strategier for at få færre passagerforsinkelser
- Muligt at vurdere fremtidsscenarier
 - ▶ Evaluere ændringer i infrastruktur og/eller køreplaner
 - ▶ Evaluere netværkskapacitet og/eller -stabilitet

Spørgsmål

Alex Landex
al@ctt.dtu.dk

&

Otto Anker Nielsen
oan@ctt.dtu.dk

