

# Ny storskala rutevalgmodel for kollektiv transport med mere realistiske scenarievurderinger

Morten Eltved – DTU Management

Rasmus Dyhr Frederiksen – Rapidis ApS

Christian Overgård Hansen – COH Trafik ApS

Otto Anker Nielsen – DTU Management





# Agenda

---

- Baggrund for modellen
- Model og metode
- Test af modellen
- Konklusion og videre arbejde



# Baggrund for arbejdet

---

- Udviklet og finansieret af:
  - IPTOP-projektet
  - Compass-modellen for Københavns kommune
  - Rapidis
- Efter diskussioner mellem:
  - DTU, Rapidis og Christian Overgaard Hansen
- Implementeret af Rapidis



# Modellering af kollektiv rutevalg

---

	<b>Frekvensbaseret</b>	<b>Køreplansbaseret</b>
<b>Opsætning af scenarie</b>	Simpelt	Besværligt
<b>Resultater</b>	Gennemsnitlige	Detaljerede
<b>Følsomhed</b>	Robust	Følsom



# Ønsker til kollektiv rutevalgsmode

---

- Blande frekvens- og køreplansbaserede linjer
  - Afspejle virkelighedens køreplaner
  - Praktiske årsager (håndtering af scenarie-data)
- Desuden modellering af:
  - Overlap af frekvenslinjer
  - Kapacitet i busser/tog
  - Cykelmedtagning
  - Kvalitetstillæg for metroen



# Bedre beskrivelse af passagerers rutevalg

---

- Forskning viser, at:
  - Passagerer venter længere til frekvensbaserede linjer<sup>1</sup>
  - Ventetid til frekvensbaserede linjer opleves værre<sup>2</sup>
  - MEN, passagerer foretrækker ruter med frekvensbaserede linjer, bl.a. pga. den høje frekvens<sup>2</sup>

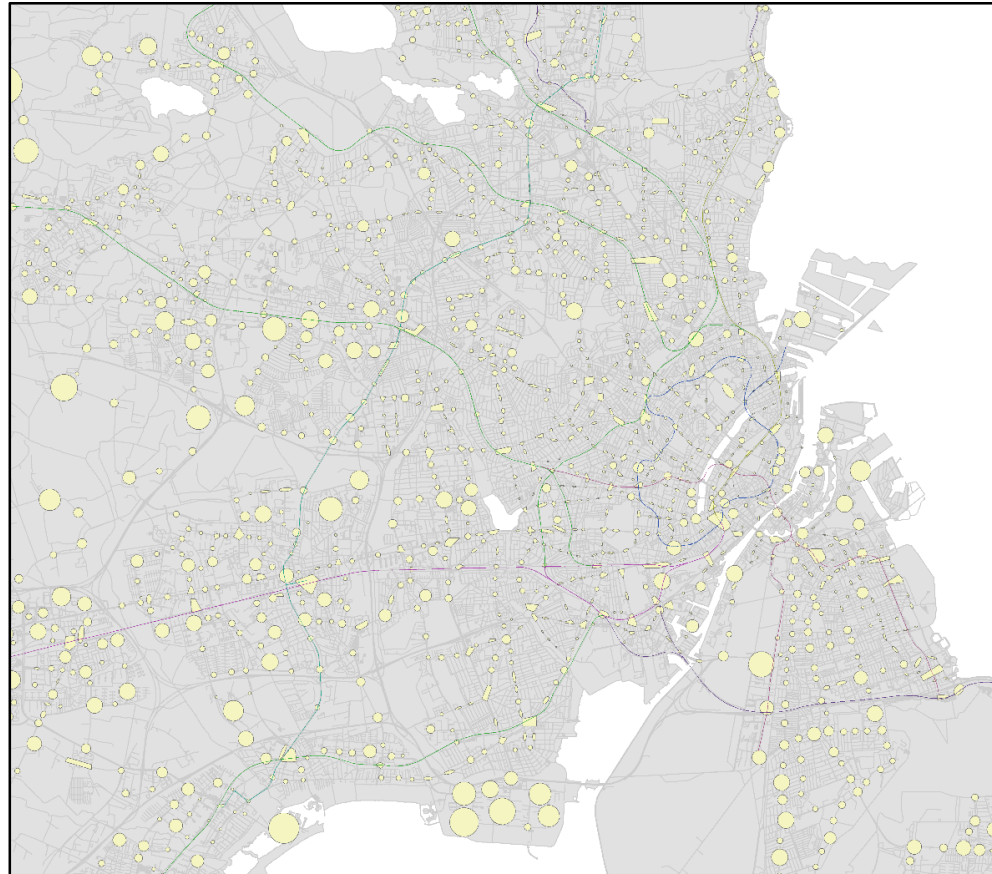
<sup>1</sup> Ingvardson, J.B., Nielsen, O.A., Raveau, S, Nielsen, B.F., Passenger arrival and waiting time distributions dependent on train service frequency and station characteristics, TR. Res. Part C, 2018

<sup>2</sup> Eltved, M, Nielsen, O.A., Rasmussen, T.K., The influence of frequency on route choice in mixed schedule- and frequency-based public transport systems – The case of the Greater Copenhagen Area, CASPT, 2018



# Model og metode

---

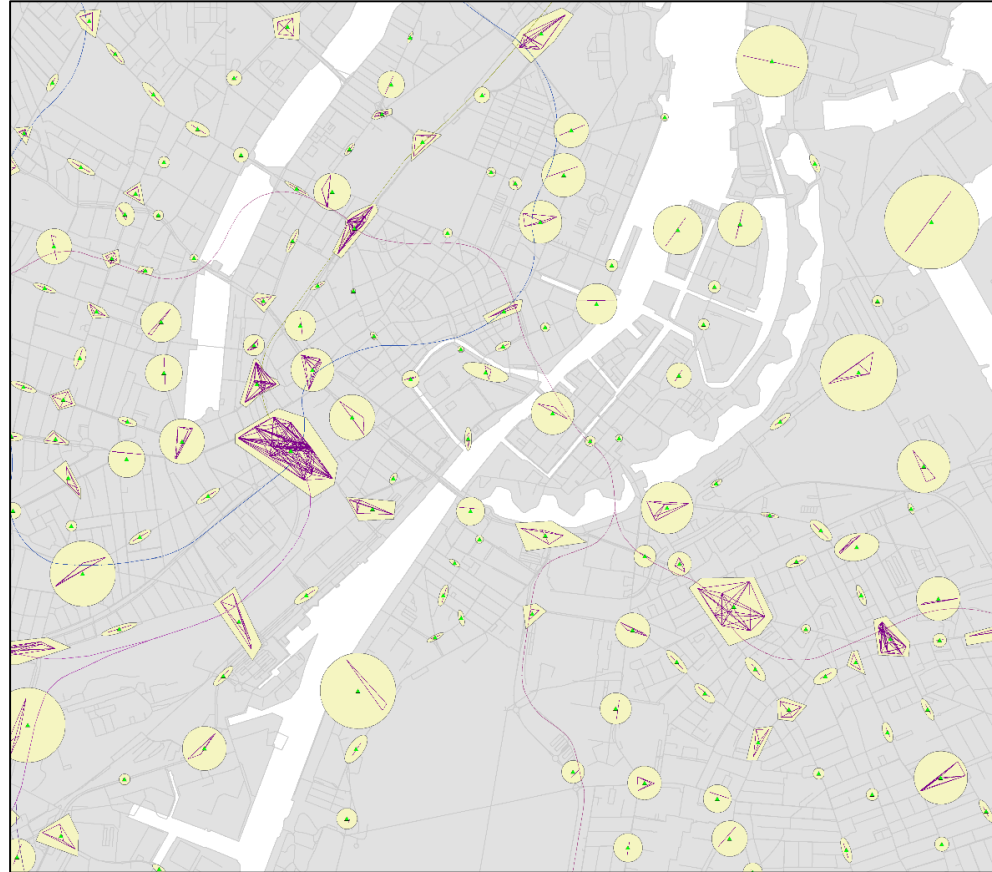




# Compass

## Terminaler som start- og slutpunkter

---







# Compass

## Terminaler som start- og slutpunkter

---

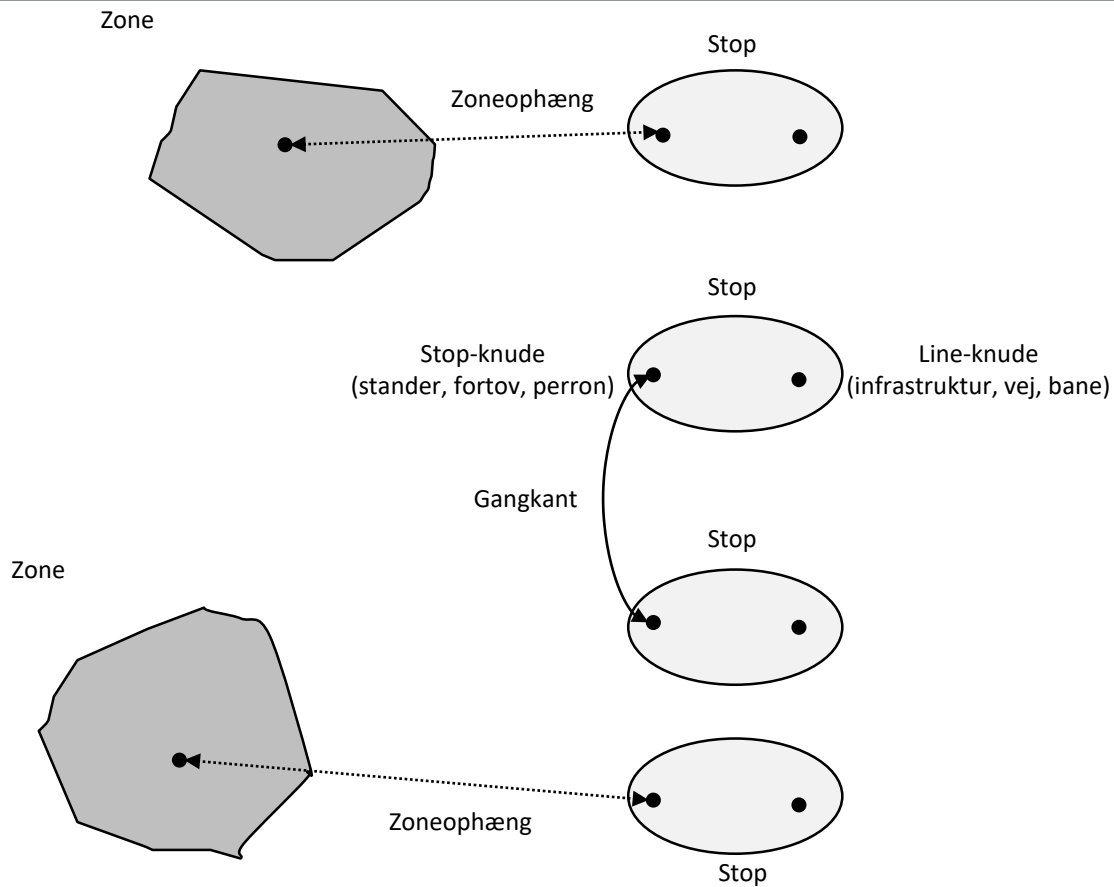




# Intern modellering af transportnetværk

## Zoner og stop

---

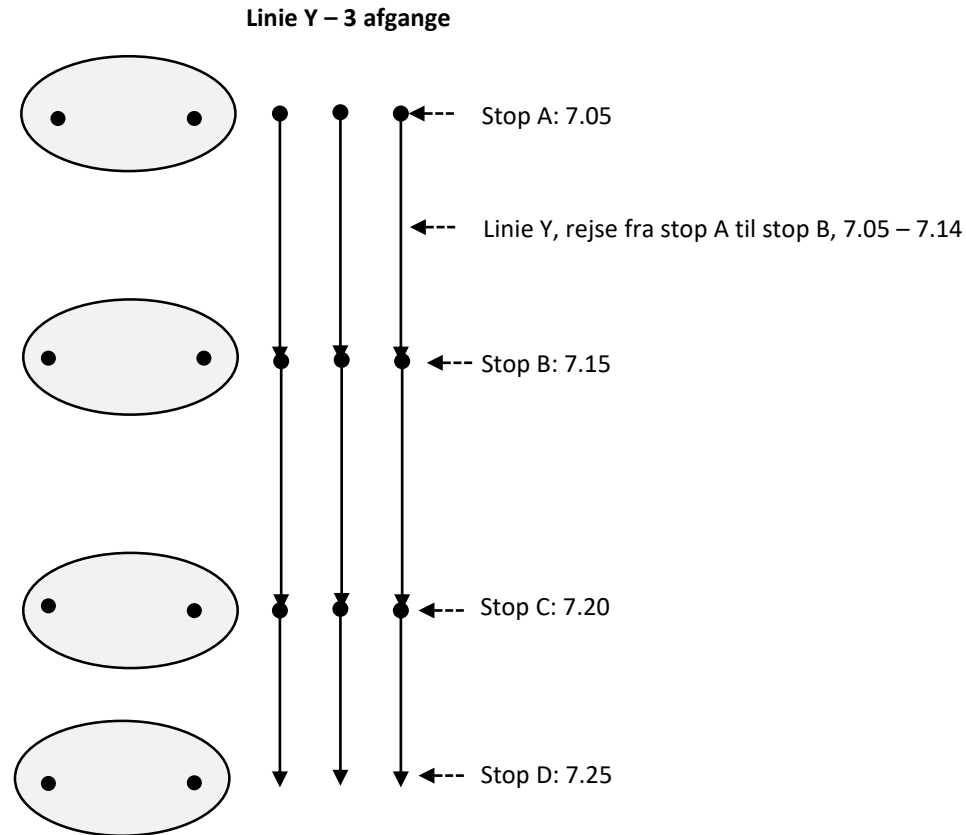




# Intern modellering af transportnetværk

## Køreplansbaserede linjer

---

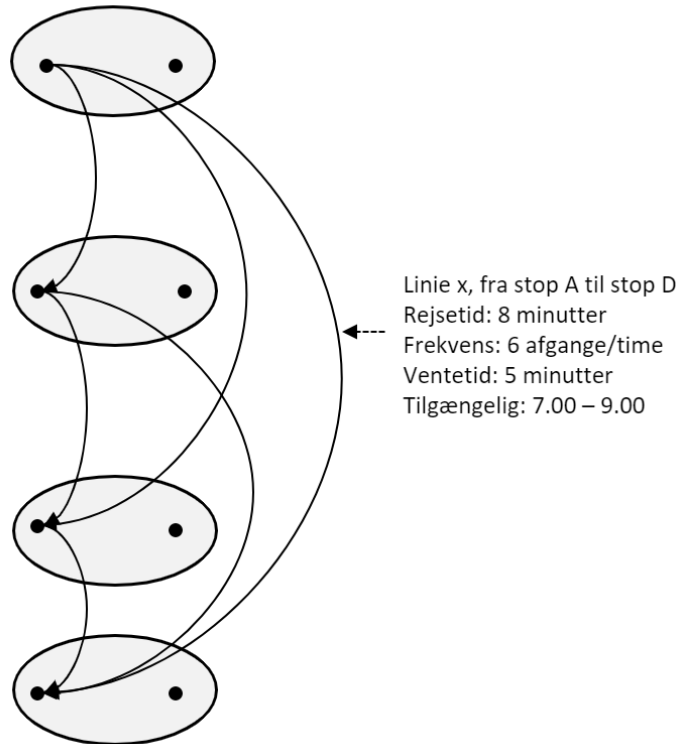




# Intern modellering af transportnetværk

---

Linie X – Frekvenslinje





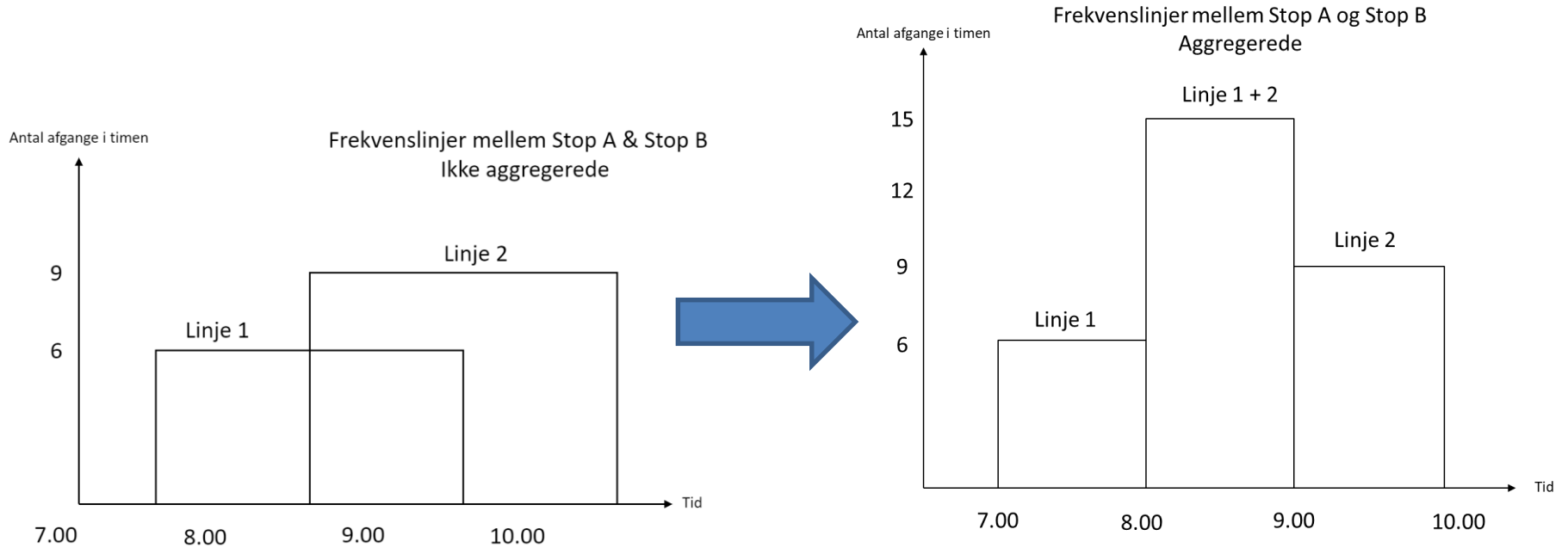
# Frekvensaggregering

---

- Kun for frekvensbaserede linjer
  - Køreplanslinjer har specifikke afgangstidspunkter
- Aggregering mellem stop-par



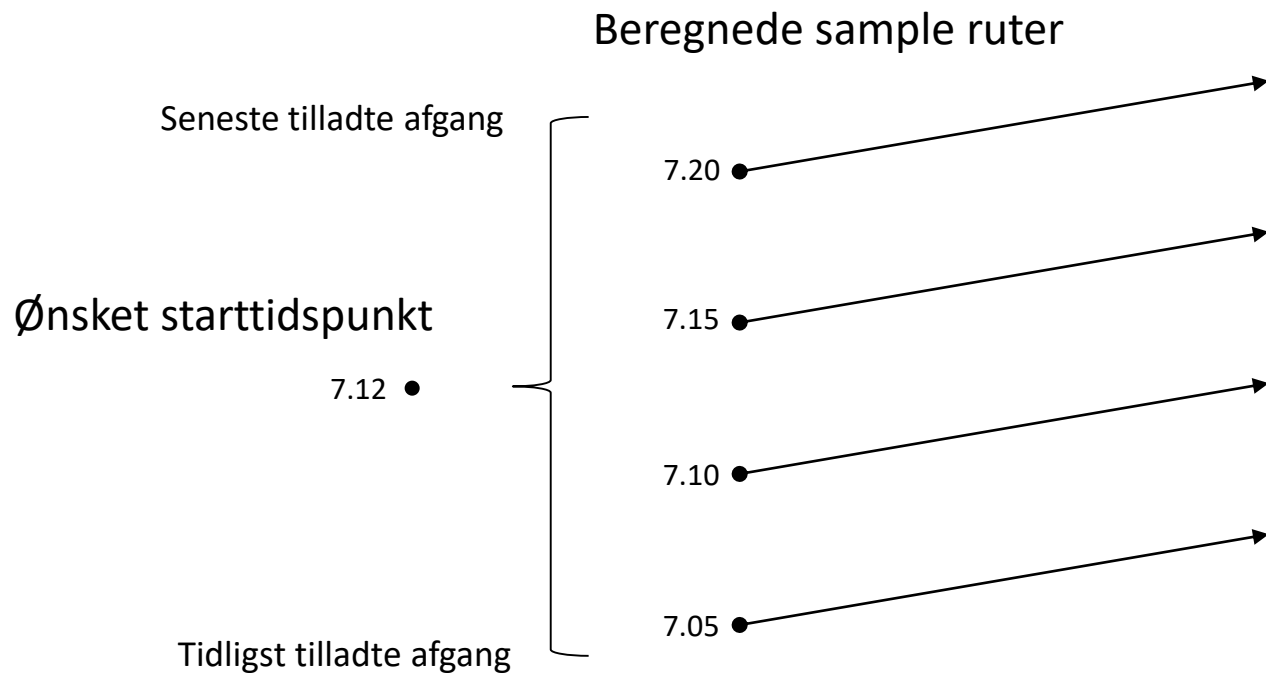
# Frekvensaggregering - eksempel





# Valg af afgangstidspunkt

---

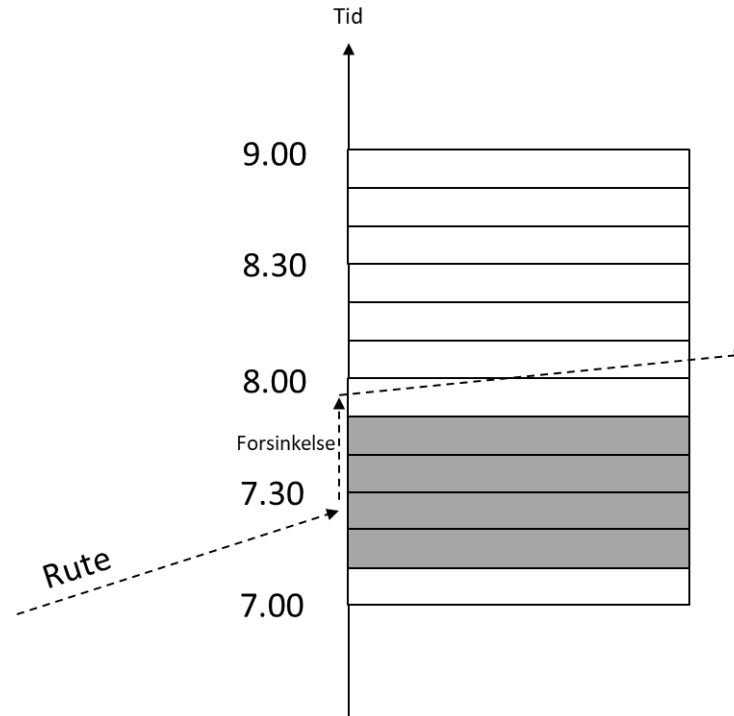




# Modellering af kapacitet: frekvensbaserede linjer

---

Frekvenslinje aktiv fra stop, 7.00 – 9.00





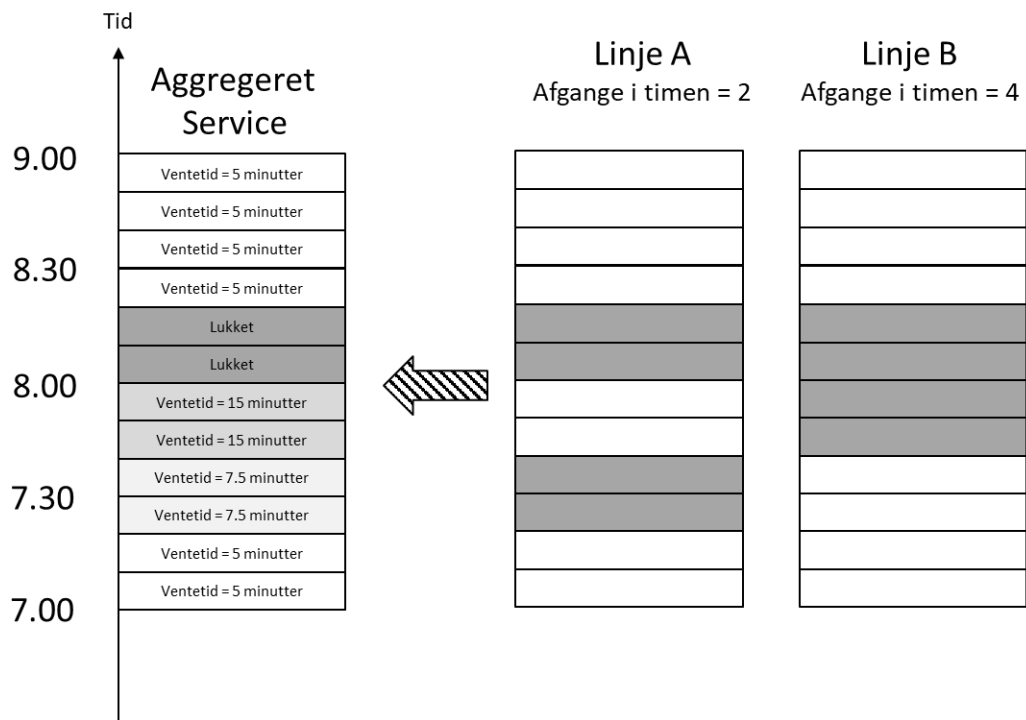


# Modellering af kapacitet:

## Aggregerede frekvensbaserede linjer

Frekvens-service aktiv fra stop, 7.00 – 9.00

Baseret på 2 aggregerede frekvenslinjer





# Test af modellen til Compass

---

- 3000 kollektive terminaler i Compass
- Indledende tests baseret på 20 terminal-par (OD) + fuld udlægning
- Sammenligning med Rejseplanen

Case	Modelversion		Frekvensbaseret			Linjevarianter		Kapa- citet
	LTM	Ny	Ingen	Metro	Bus	Alle	Agg.	
1	X		X			X		
2		X		X			X	
3		X	X				X	X
4		X		X	X	X		
5		X		X	X		X	
6		X		X	X		X	X

# Sammenligning mellem Rejseplanen og modelkonfigurationer - eksempel



Rejs: i Danmark



Uvelse Byvej 1, Uvelse, 3550 Slangen ⊕ Afgang 26.08 07:20 ⌵



Slangstrup Rutebilstation ⬆ Tilpas søgning ⌵ Find

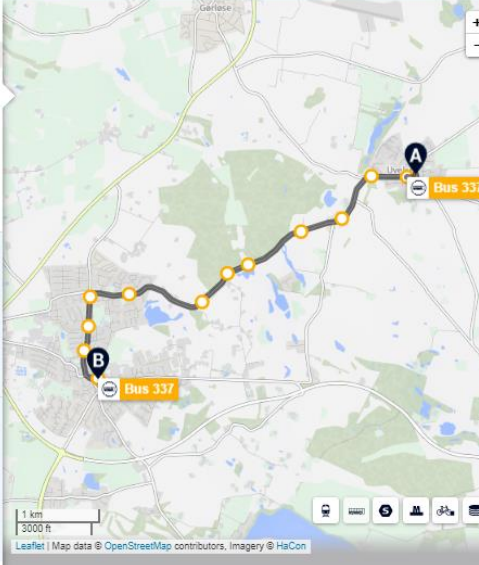
^ Tidligere 🗒

Man. 26.08.2019

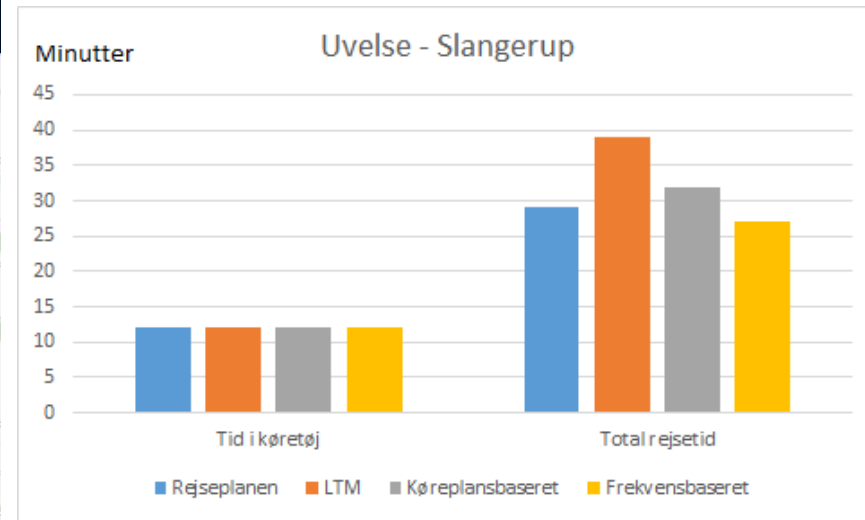
07:58   08:14  
337  
16 min, 0 skift, 16,00 kr. med Rejsekort  
Vis pris Køb billet Detaljer

08:58   09:14  
337  
16 min, 0 skift, 16,00 kr. med Rejsekort  
Vis pris Køb billet Detaljer

09:58   10:14  
337  
16 min, 0 skift, 16,00 kr. med Rejsekort  
Vis pris Køb billet Detaljer



1 km  
3000 ft  
Leaflet | Map data © OpenStreetMap contributors, Imagery © HaCon





# Evaluering af forskellige modelkonfigurationer

---

	LTM	Metro frekvens uden kap.	Metro og bus frekvens uden kap.	Metro og bus frekvens med kap.
7.00 – 8.00	31.68	32.79	33.73	34.45
9.00 – 15.00	32.82	32.81	34.21	34.48

I generaliseret tid



# Eksempler fra modellen

---

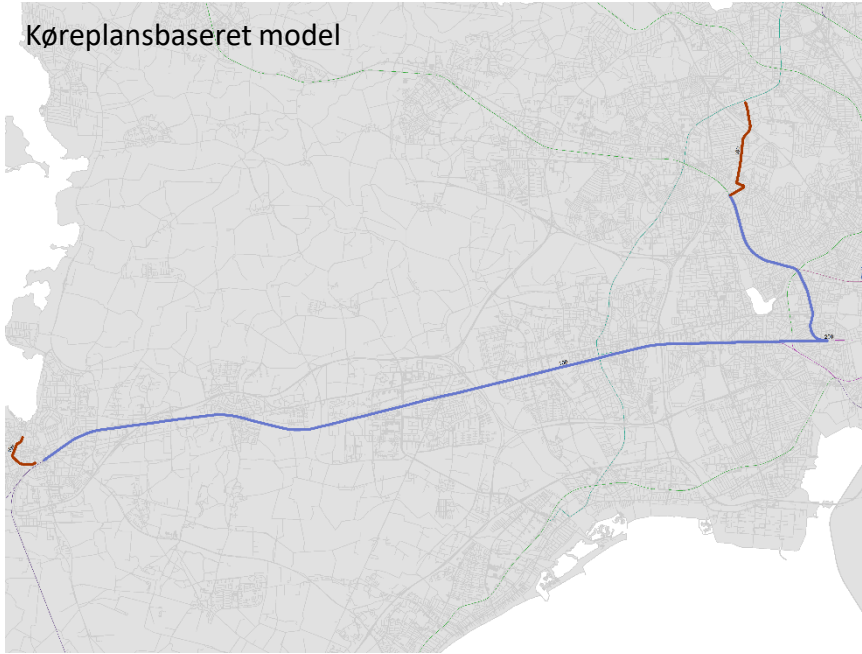
- Eksempler på afvigelser mellem ren køreplansbaseret rutevalg, og rutevalg hvor bus & metro beskrives som frekvenslinjer
- Resultater er gennemsnit for 12 afgangene spredt over tidsrummet 7.00 – 8.00



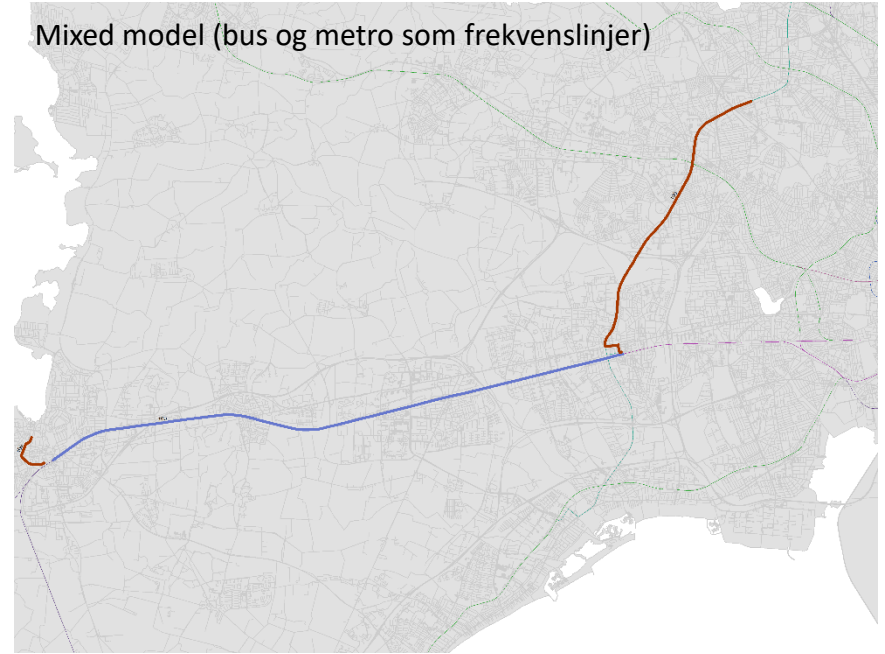
# Skt. Ibs Vej – Gladsaxe Trafikplads

---

Køreplansbaseret model



Mixed model (bus og metro som frekvenslinjer)

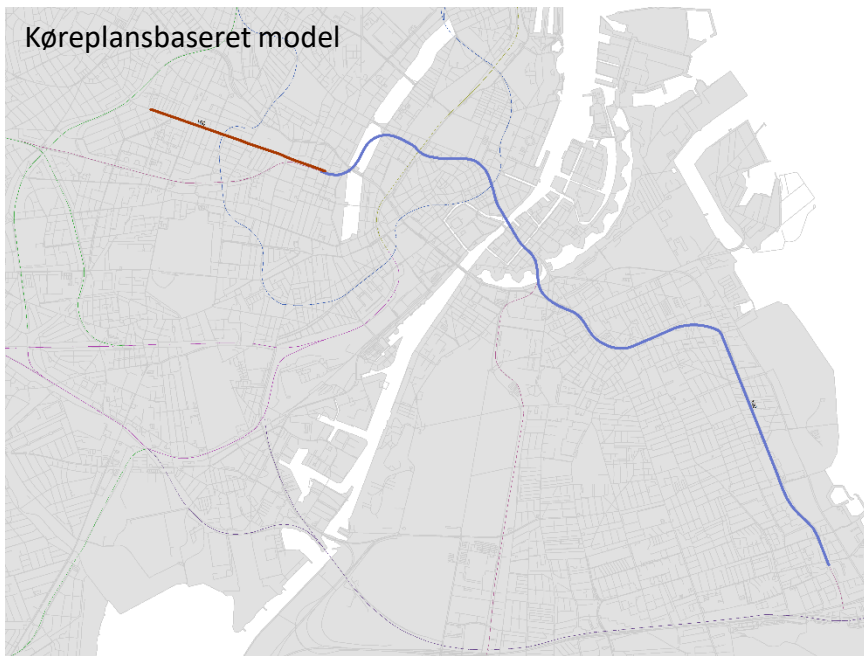




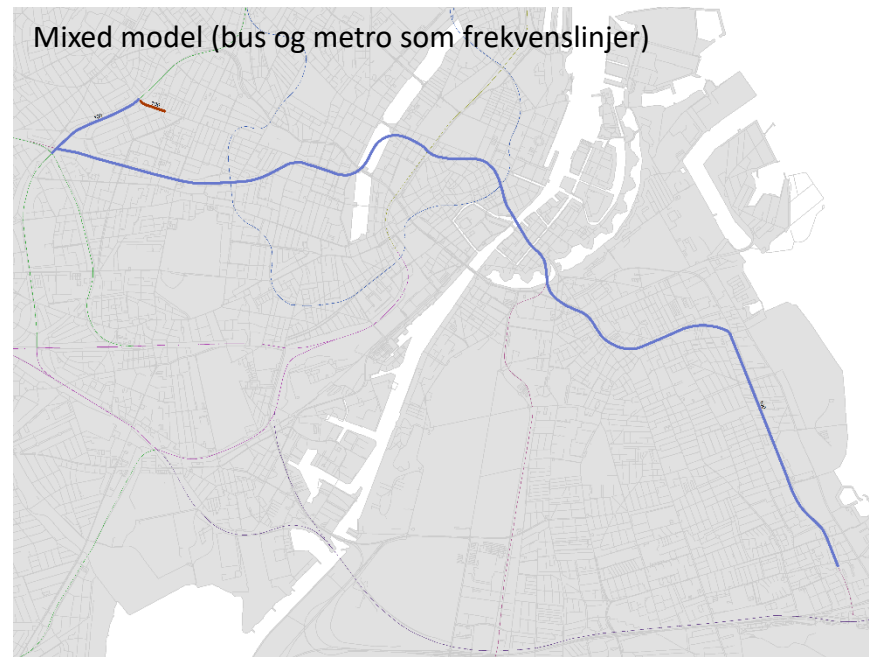
# Kastrup Station til C.F. Richs Vej

---

Køreplansbaseret model



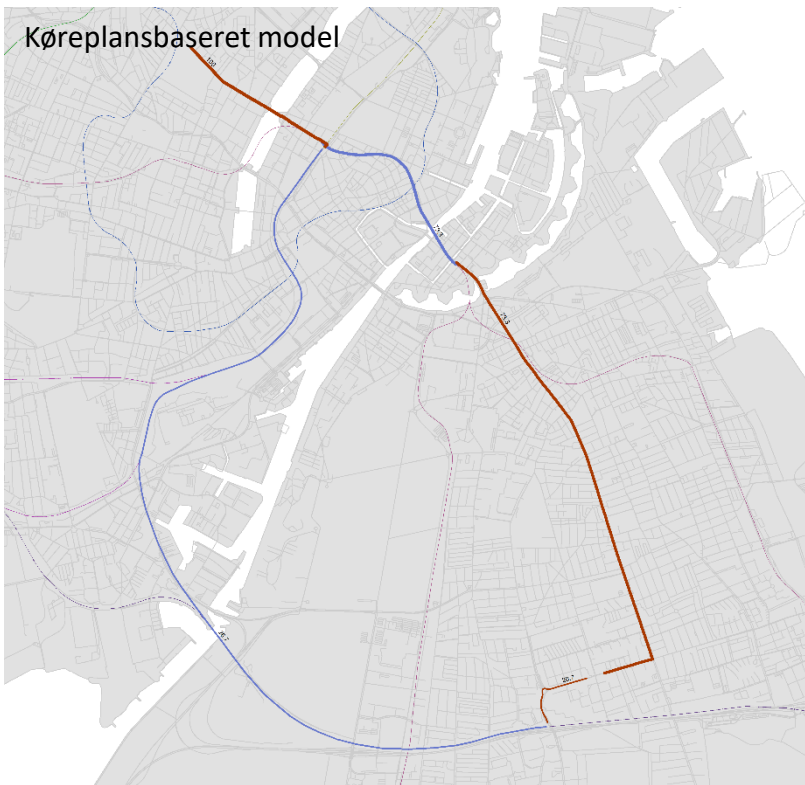
Mixed model (bus og metro som frekvenslinjer)





# Irlandsvej (Amager) til Sjællandsgade

Køreplansbaseret model



Mixed model (bus og metro som frekvenslinjer)



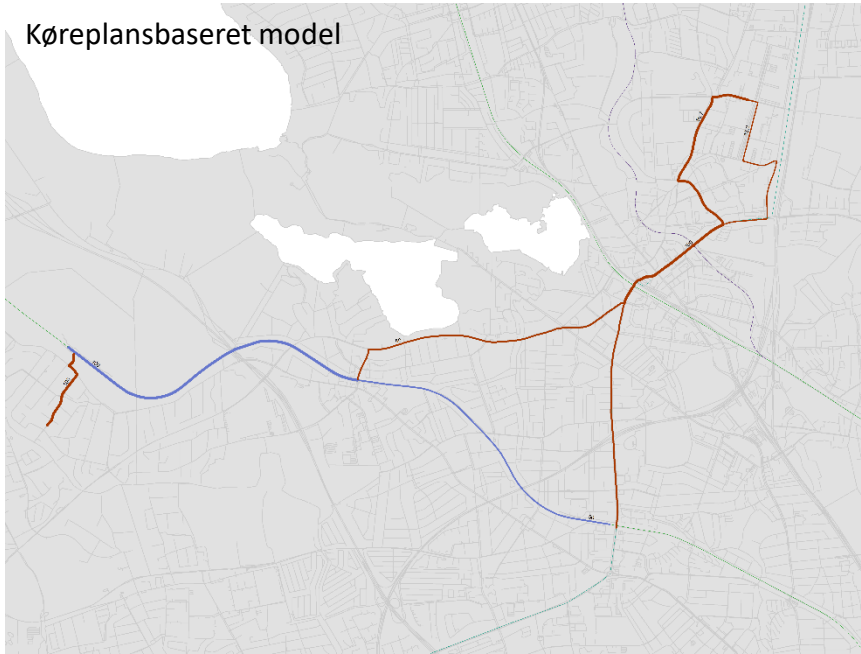




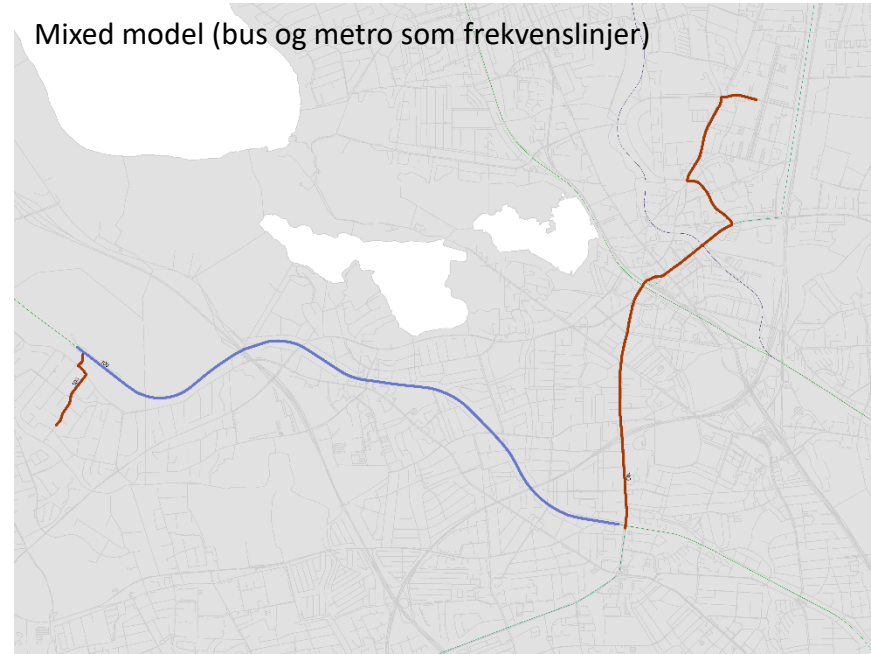
# Hareskov til DTU, Bygning 101

---

Køreplansbaseret model



Mixed model (bus og metro som frekvenslinjer)





# Konklusion

---

- Nu muligt at modellere to forskellige linjetyper
- Automatisk håndtering af frekvensaggregering
- Detaljeret modellering af kapacitet



# Nu også (snart) muligt

---

- Muligt at modellere cykelmedtagning
- Muligt at modellere kvalitetstillæg (metroen)
- Performance til at lave detaljeret modellering for en stor-skala model



# Videre arbejde

---

- Definere ventetider til frekvensbaserede linjer
- Valgsæt for samme afgangstidspunkt
- Kalibrering af kapacitet på udvalgte punkter



---

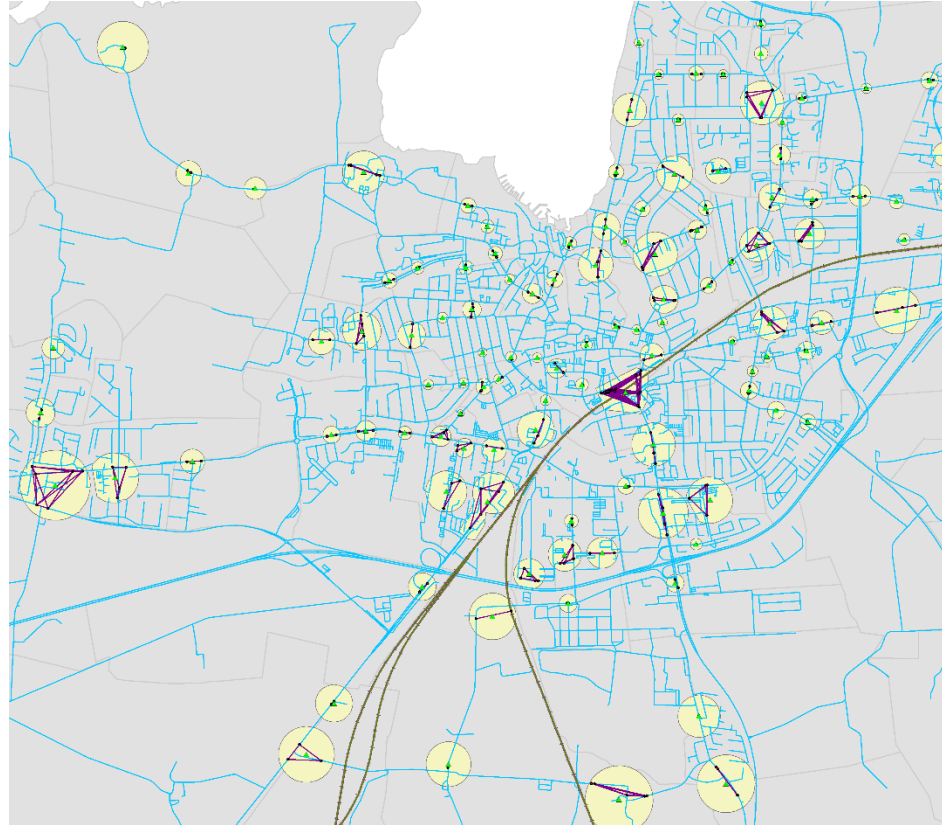
# Tak for opmærksomheden!

Morten Eltved  
[morel@dtu.dk](mailto:morel@dtu.dk)



# Visualisering af terminaler i Compass

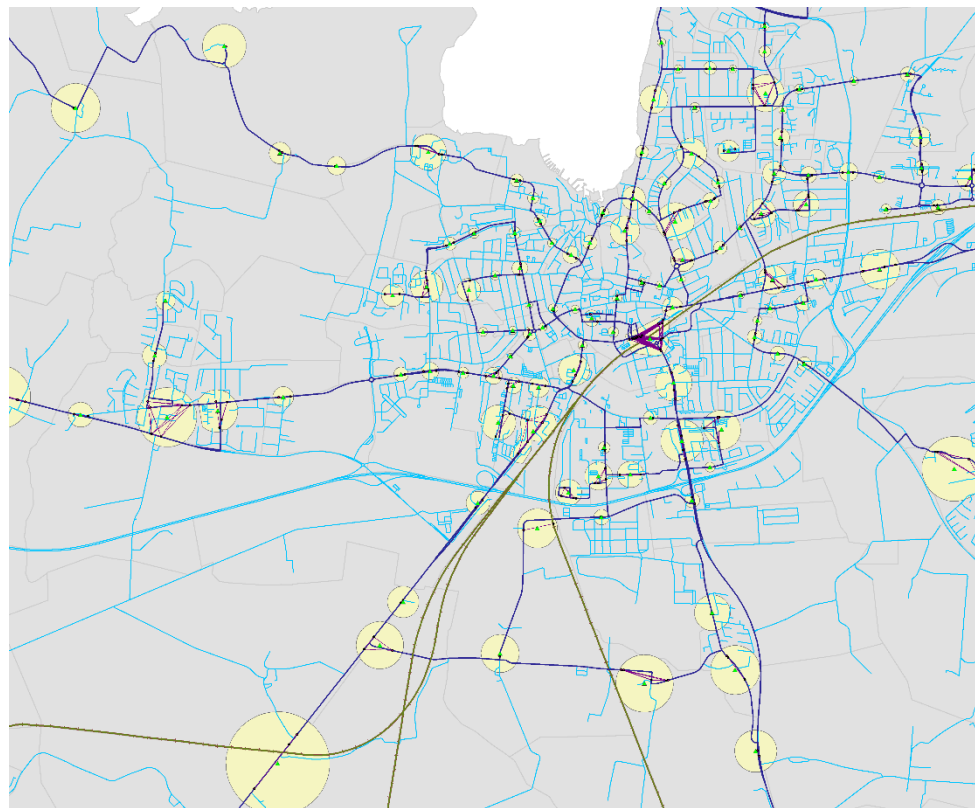
---





# Detaljerede linjebeskrivelser

---









# Oversigt

---

## BAGGRUND:

- **Baggrund: IPTOP, Rapidis, Compass**
- **Model baggrund**
  - Køreplan vs. statisk
  - Detaljeringsgrad, stabilitet, fremtidsscenarier, praktisk anvendelig
  - Ønske – miks af detaljeringsgrader, håndtering af simple linjebeskrivelse i detaljeret og dynamisk model
- **(teknisk detaljer)**
- **Andre modelønsker:**
  - Early/Late modellering
  - Håndtering af overlappende frekvenslinjer
- **Krav fra Compass**
  - Meget detaljerede model-data
  - Regnetid
  - Håndtering af kapacitet, både køreplan og frekvens
  - Cykel-medtagning, Metro-service kvalitetstillæg
- **Resultater fra forskning – forskellige opfattelse af linjetyper**

## MODEL/METODE:

- **Assignment Procedure**
- **Intern repræsentation af transport-netværk**
- **Håndtering af kapacitet**
- **Håndtering af overlappende frekvens-ruter**
- **Hvordan beregnes korteste veje**
  - Label-setting og label-correcting + even dominance heuristic
  - Fælles hob

## TEST:

- **Brug i Compass (slides med kort, antal zoner etc.)**
- **Resultat af test og sammenligning**
- **Videre udvikling i forbindelse**
  - Fuld path-baseret

## Konklusion



# Model/Metode

## Intern modellering af transportnetværk

---

- Internt modelleres kollektive netværk med en kombination af en simpel graf og dynamiske elementer.
- Ved rute søgning bygges en rute op af knudeinstanser
  - For køreplans linjer er disse *label-correcting* knuder (besøg og opdater – hverken oprettes eller slettes)
  - For alle andre elementer er disse *label-setting* knuder (besøg og opret, eller slet)
- Shortest path algoritme er en blanding af label-



# Model/Metode

## Assignment procedure & Early/Late

---

- For at kunne modellere en kombination af linje-typer realistisk, er det vigtigt at finde det rigtige afgangstidspunkt, i forhold til det ønskede afgangstidspunkt (f.eks. aht. korrespondance med tog)
- I modellen sikres dette ved at undersøge et stort antal afgangstidspunkter



# Model/Metode

## Assignment procedure overordnet

---

### 1. For hver iteration

#### 1. For hver trafikant-type

##### 1. For hvert tids-interval i OD

##### 1. For hver fra-zone

##### 1. For hver til-zone

##### 2. Udlæg trafik (se næste slide), opsamle rejsetider

#### 2. Sammenvej trafik og LOS

#### 3. Beregn totalt trafik og opdater trængselseffekter



# Model/Metode

## Assignment procedure - afgangstidspkt

---

For hver fra-zone

1. Beregn et sæt af ruter over et antal tidspunkter
2. Fordelt trafik jævnt over tids-interval på ønskede afgangstidspunkter
3. For hvert ønsket afgangstidspunkt, vælg bedste rute hvor afvigelse (early/late) i starttidspunkt har en omkostning
4. Udlæg trafik på valgte rute



# Modellering af kapacitet

---

- Basale tilgang – vurder om der er plads ved påstigning
  - Ellers forsøges næste afgang, osv.
- Er der ved påstigning kun ståpladser – potentiel gene
- Simpel at evaluere for køreplansbaserede linjer
- Frekvenslinjer vurderes i tids-intervaller (kan styres)
- Frekvensaggregerede linjer kræver mere



# Hvad er de 3 vigtigste pointer?

---

- En model der kan kombinere frekvens- og køreplansbaserede linjer
- Mere simple og realistiske scenarievurderinger
- Nye features: kig både frem og tilbage i tid, kapacitet, cykelmedtagning, kvalitetstillæg