

An aerial photograph of a city street, likely in Stockholm, Sweden. The image shows a mix of old and new buildings, a river, and a bridge. The text is overlaid on a white rectangular background in the center of the image.

ESTIMERING AV DYNAMISKA ORIGIN-DESTINATION MATRISER BASERAT PÅ ENTROPIMAXIMERING

Abderrahman Ait Ali (VTI-LiU) & Jonas Eliasson (LiU)

VTI Transportforum 2021

vti

li.u LINKÖPING
UNIVERSITY

An aerial photograph of a large railway yard filled with numerous freight trains. The trains are in various colors, including blue, red, orange, and white. They are parked on multiple tracks that run parallel to each other. In the bottom right corner, a building with a blue and white logo is visible. The overall scene is a busy industrial area.

Plan

1. Bakgrund
2. Metoder
3. Resultat
4. Slutsatser

vti

An aerial photograph of a large railway yard filled with numerous freight trains. The trains are composed of various colored railcars, including blue, red, orange, and white. They are parked on multiple tracks that run parallel to each other. In the bottom right corner, a building with a blue and white logo is visible. The overall scene is a dense collection of industrial rail equipment.

1. Bakgrund

- A. Introduktion
- B. Problem

vti

1.A. INTRODUKTION

- Ny teknologi (och data) i kollektivtrafik
 - **Automated fare collection (AFC)**
 - **Entry-only (Stockholm)**, påstigande data
 - **Entry-exit (London/Paris)**, avstigande data
 - Andra: AVL, vehicle weighing systems (flöde data)
- OD matriser är viktiga för
 - T. ex., **planering av kollektivtrafik** (Ait-Ali, Eliasson et al. 2020)



Métro in Paris, photo By Pierre-Yves Beaudouin - Own work, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons

1.B. PROBLEM

- Tillgänglig data (inkl. entry-only systems)
 - Påstigande
- **Ytterligare data**
 - Avstigande (entry-exit systems)
 - Flöde (i vissa länkar)
 - Snitt reseavstånd
- Fråga?
 - Vad är det **marginella värdet** av **ytterligare data** för (dynamisk) **OD estimering**?



An aerial photograph of a large railway yard filled with numerous freight trains. The trains are composed of various colored railcars, including blue, red, orange, and white. They are parked on multiple tracks that run parallel to each other. In the bottom right corner, a building with a blue and white logo is visible. The overall scene is a busy industrial environment.

2. Metoder

- A. Modelling
- B. Estimering
- C. Värdering

vti

2.A. MODELLERING (ENTROPI)

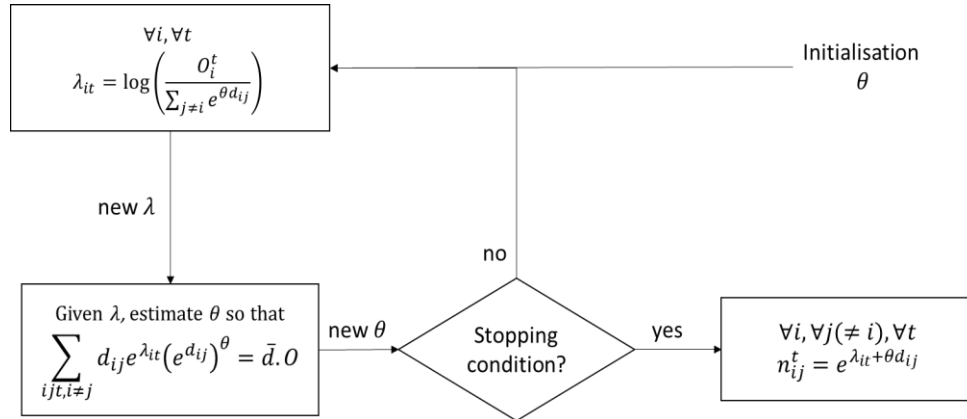
$$\left\{ \begin{array}{ll} \max_{n \geq 0} - \sum_{ijt} (n_{ij}^t \log(n_{ij}^t) - n_{ij}^t) & \text{Entropi (att maximera)} \\ \sum_j n_{ij}^t = O_i^t ; \forall i, \forall t & \text{Påstigande (1.1)} \\ \sum_i n_{ij}^{t-\tau_{ij}} = D_j^t ; \forall t, \forall j \in \Delta & \text{Avstigande (1.2)} \\ \sum_{\substack{i < l \\ j > l}} n_{ij}^{t-\tau_{ij}} = F_l^t ; \forall t, \forall l \in L & \text{Flöde (1.3)} \\ \frac{\sum_{ijt} n_{ij}^t d_{ij}}{\sum_{ijt} n_{ij}^t} = \bar{d} & \text{Snitt reseavstånd (1.4)} \\ n_{ii}^t = 0 ; \forall i & \text{Alla reser!} \end{array} \right.$$

2.B. ESTIMERING (RELAXATION)

- OD estimating

$$\begin{aligned} n_{ij}^t &= e^{\lambda_{it} + \theta d_{ij} + \varphi_{lt} + \mu_{j,t} + \tau_{ij}} \\ &= e^{\lambda_{it}} e^{\theta d_{ij}} e^{\varphi_{lt}} e^{\mu_{j,t} + \tau_{ij}} \end{aligned}$$

- Exempel på iteration (för att estimeras multiplikatorer)



Villkor	Lagrangian multiplier(s)
(1.1) påstigande	$\lambda_{it}; \forall i, \forall t$
(1.2) avstigande	$\mu_{jt}; \forall t, \forall j \in \Delta$
(1.3) länkflöde	$\varphi_{lt}; \forall t, \forall l \in L$
(1.4) snitt reseavstånd	θ

2.C. VÄRDERING (RMSE)

- Avstigande (per station och tidsintervall)

$$\text{RMSE}_{\text{dest}} = \frac{\sqrt{\sum_{jt} (\hat{D}_j^t - D_j^t)^2}}{\sqrt{\sum_{jt} (D_j^t)^2}}$$

- Flöde (per länk och tidsintervall)

$$\text{RMSE}_{\text{link}} = \frac{\sqrt{\sum_{lt} (\hat{F}_l^t - F_l^t)^2}}{\sqrt{\sum_{lt} (F_l^t)^2}}$$

Estimerad avstigande

$$\hat{D}_j^t = \sum_i n_{ij}^{t-\tau_{ij}}$$

Estimerad flöde

$$\hat{F}_l^t = \sum_{\substack{i < l \\ j > l}} n_{ij}^{t-\tau_{ij}}$$

An aerial photograph of a large railway yard filled with numerous freight trains. The trains are composed of various colored railcars, including blue, red, orange, and white. They are parked on multiple tracks that run parallel to each other. In the bottom right corner, a building with a blue and white logo is visible. The overall scene is a busy industrial area.

3. Resultat

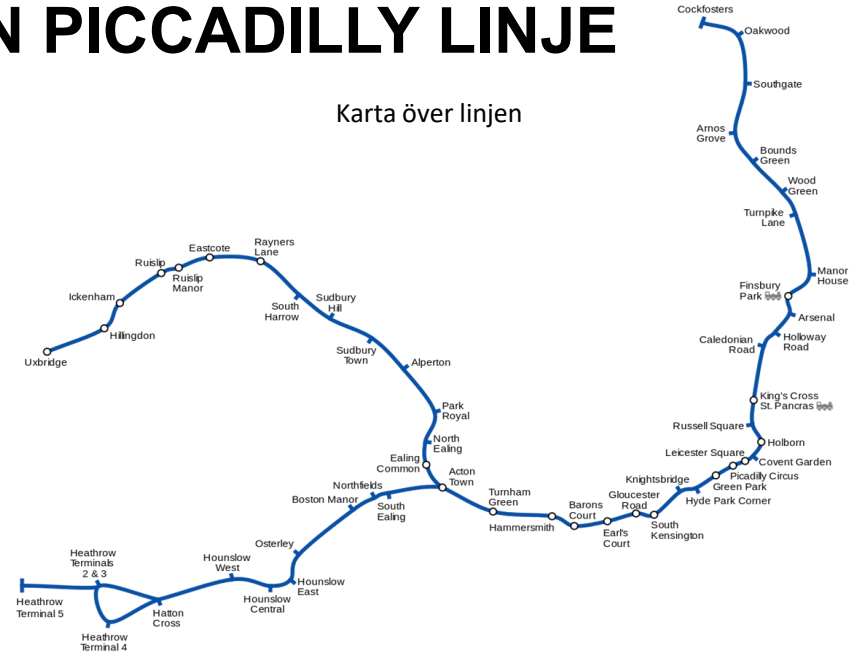
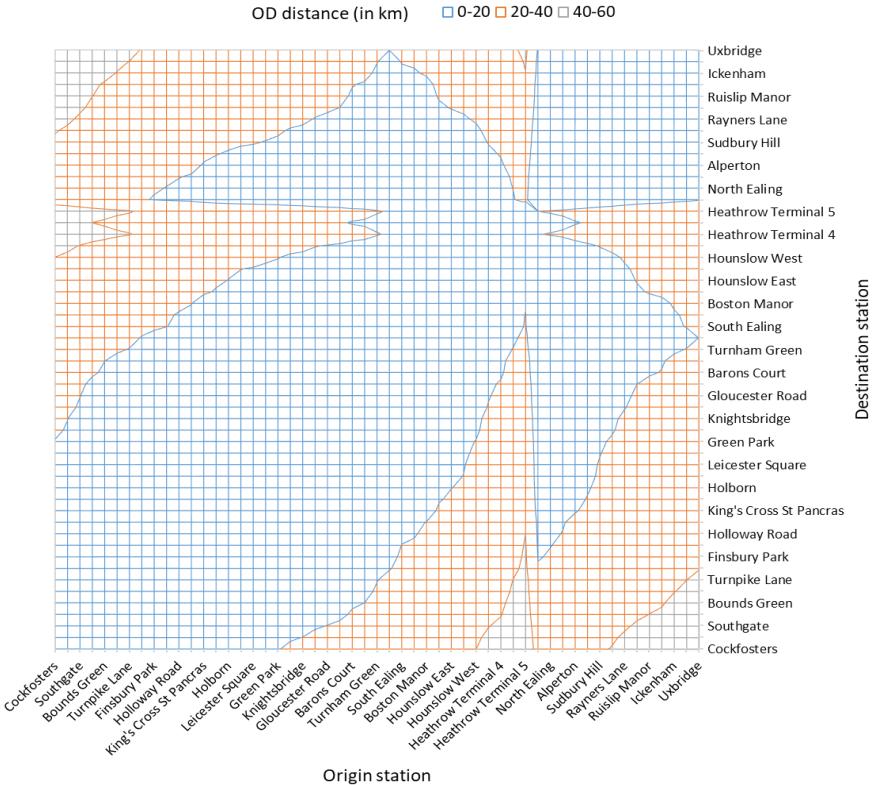
A. Fallstudie

B. Indata

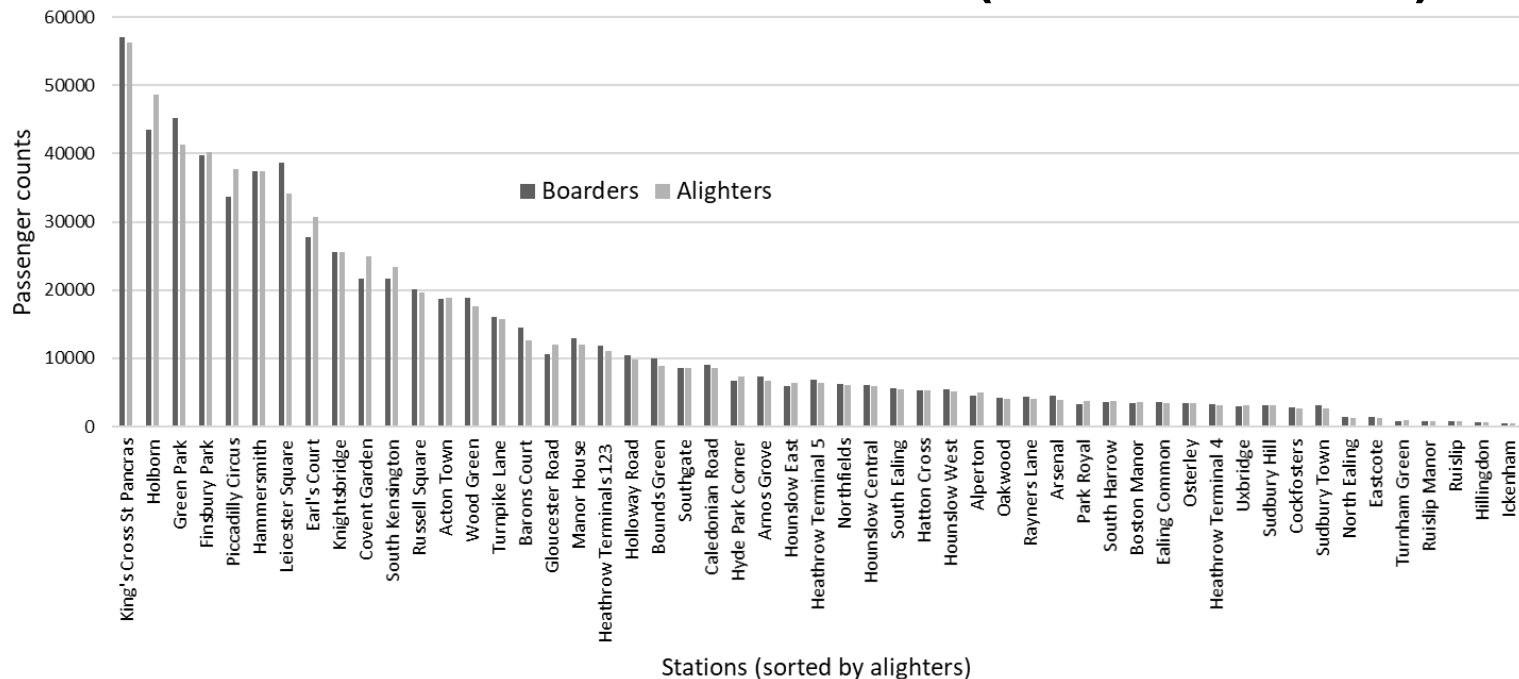
C. Resultat

vti

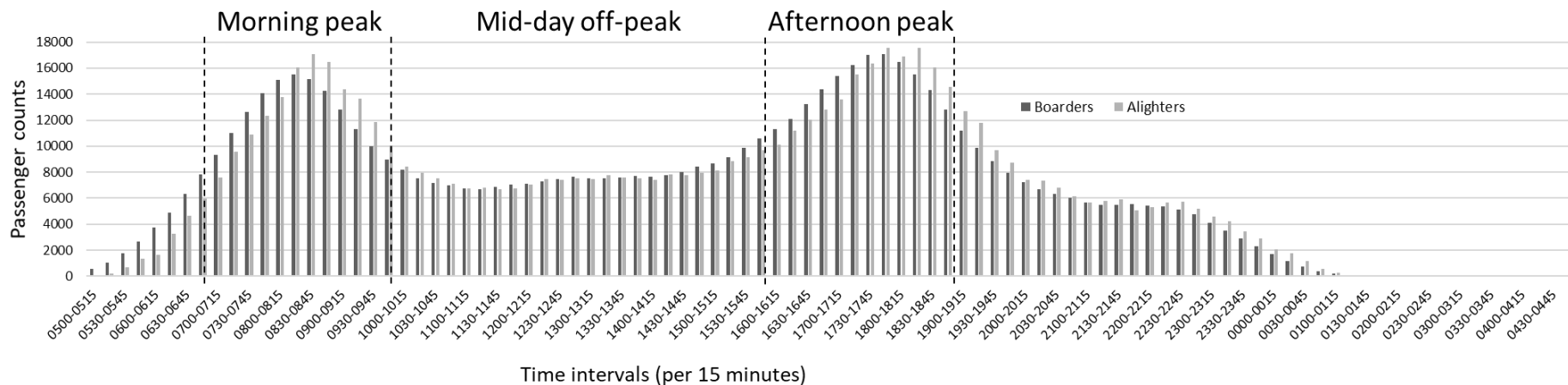
3.A. FALLSTUDIE – LONDON PICCADILLY LINJE



3.B. INDATA – PÅ/AVSTIGANDE (PER STATION)

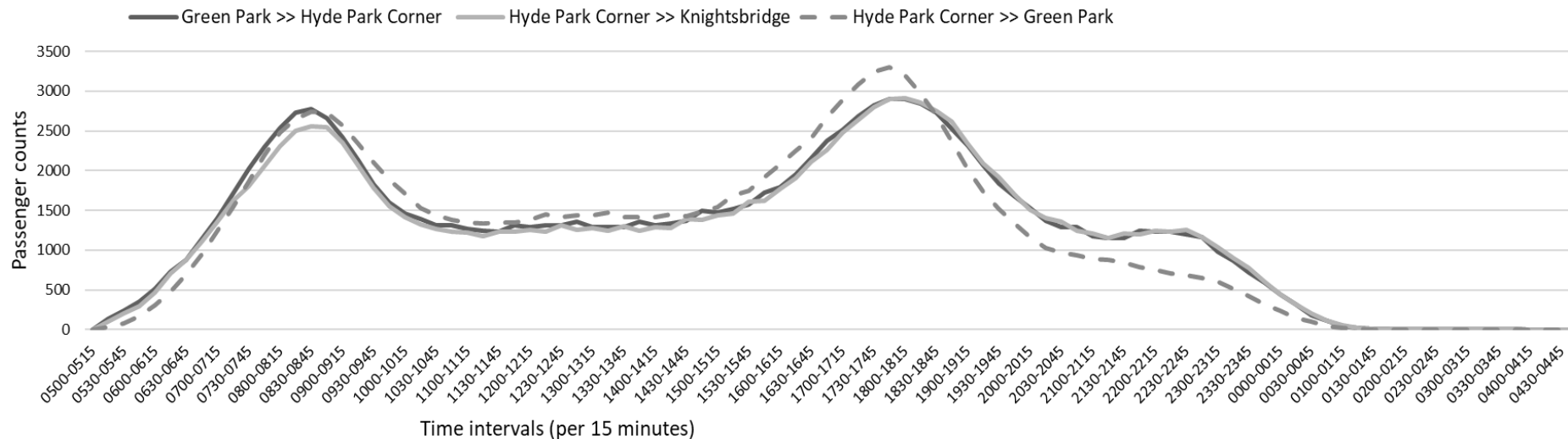


3.B. INDATA – PÅ/AVSTIGANDE (PER TIDSINTERVALL)



3.B. INDATA – FLÖDE

- Flöde (per tidsintervall) i 3 länkar (högst belastade)



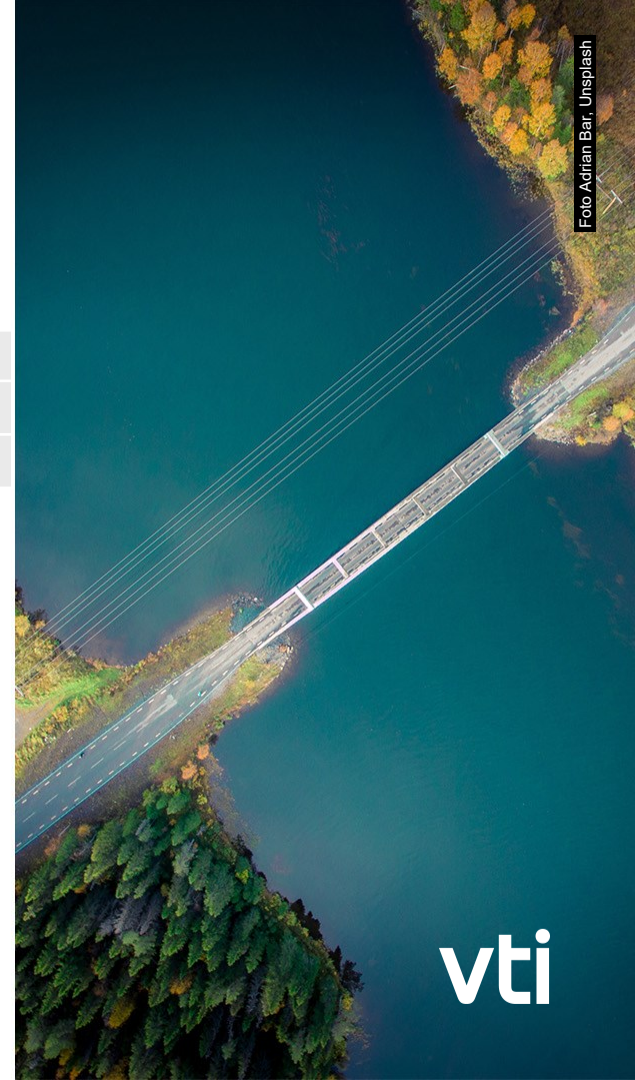
3.B. INDATA – ÖVRIGA

- Tidtabell (dvs. frekvens eller turtäthet)

	Peak	Off-peak
Main	5/2 min (24 turer per timme)	5 min (12 turer per timme)
Branches	5 min (12 turer per timme)	10 min (6 turer per timme)

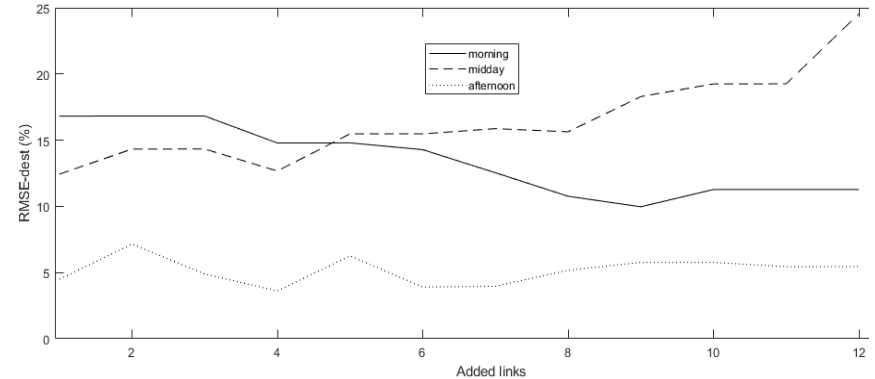
- Snitt reseavstånd

Time period	Tidsperiod	Average travel distance (km per pax)
Morning (peak)	7.00 – 10.00	9.7
Midday (off-peak)	10.00 – 16.00	8.6
Afternoon (peak)	16.00 – 19.00	9.1



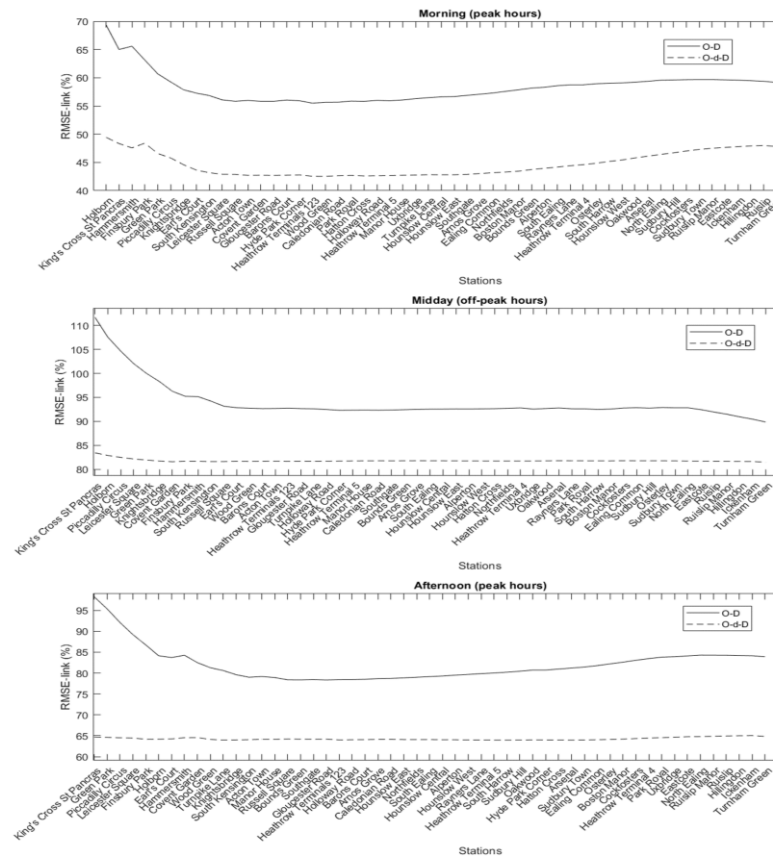
3.C. RESULTAT (AVSTIGANDE)

- Variation av **RMSE-dest** (in %)
 - Med **flöde data** från en länk (till)
 - Utan **reseavstånd** data (pga. beräkningstider)
 - 3 olika tidsperioder
- **Några insikter**
 - Mer (flöde) data betyder **INTE** mer pålitlig (destination) estimering
 - Viktigt att välja **vilka data och mängder** som leder till bäst **acceptabel estimering**



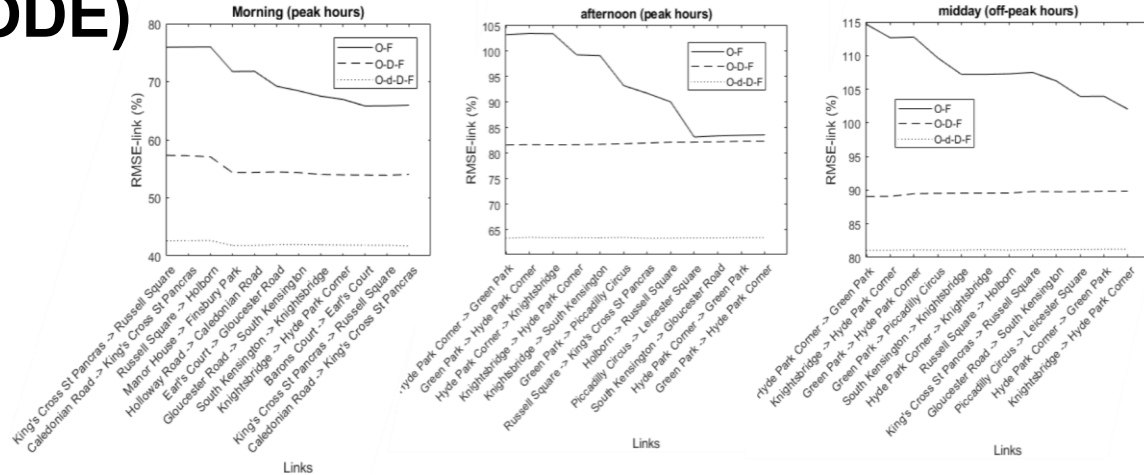
3.D. RESULTAT (FLÖDE)

- Variation av **RMSE-link (in %)**
 - Med **avstigande data** från en destination station (till)
 - 2 modeller och 3 olika tidsperioder
- **Några insikter**
 - Mer (påstigande) data betyder **INTE** mer pålitlig (flöde) estimering, **undantaget** är
 - Generellt förbättras **INTE** (flöde) estimering **även med alla** (påstigande) data



3.D. RESULTAT (FLÖDE)

- Variation av **RMSE-link** (in %)
 - Med **flöde data** från en länk (till)
 - 3 modeller och 3 olika tidsperioder



- **Några insikter**
 - Mer (flöde) data betyder **generellt** mer pålitlig (länk) estimering (utan övriga ytterligare data)
 - **Marginell värde (av flöde data) minskar** när mer övriga ytterligare (t.ex. reseavstånd eller/och påstigande) data har redan använts

An aerial photograph of a large freight train yard. Numerous railcars of various colors (blue, red, orange, green, white) are parked in neat rows on multiple tracks. The yard is surrounded by green trees and some industrial buildings. The image is used as a background for the presentation slide.

4. Slutsatser

A. Highlights

B. Framtida arbete

vti

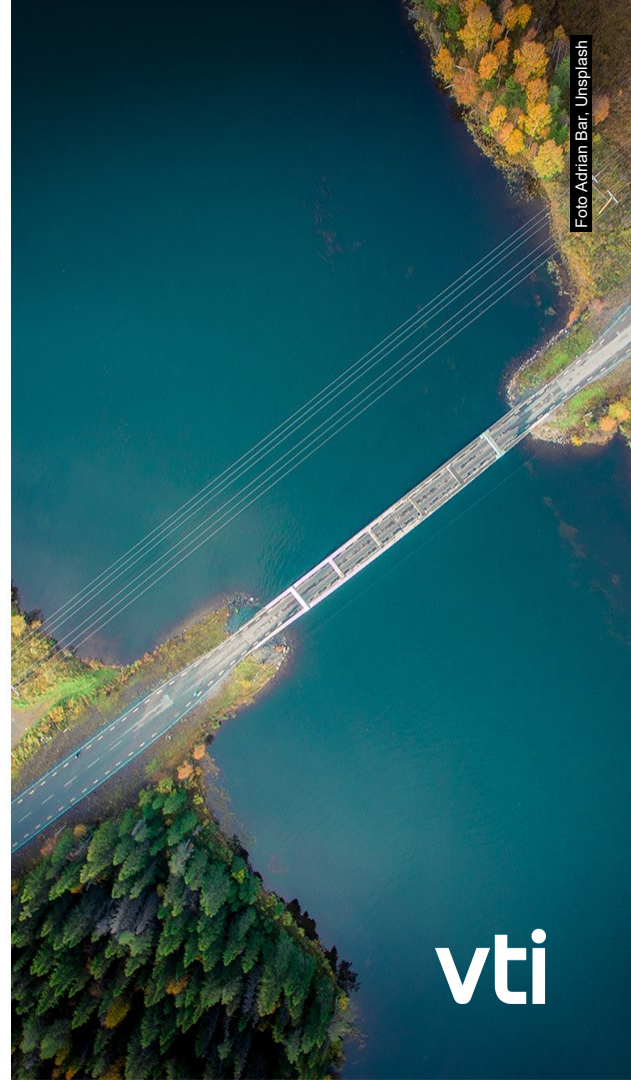
4.A. HIGHLIGHTS

- **Entropi** maximering-baserat estimering av **dynamiska OD matriser**
- **Marginell värdering**
 - Av **ytterligare data** om avstigande, flöde (i vissa länkar) och snitt reseavstånd
 - För estimering av **avstigande** och **länkflöde**
- London Piccadilly linje som **fallstudie** med 3 olika tidsperioder



4.A. FRAMTIDA ARBETE

- Några insikter för **framtida arbete**
 - Mer **policy-relaterade mått** (t. ex. optimal frekvens) i stället för RMSE
 - Andra ytterligare data och OD estimering modeller i stället för entropi-max
 - Modell för bättre **datainsamling strategier** (t. ex. för estimering av resandet)



Tack för uppmärksamheten!
Frågor?

abderrahman.ait.ali@vti.se

