



Aalto-yliopisto  
Perustieteiden  
korkeakoulu

# Veturina-ajojen määrien ennustamisesta (valmiin työn esittely)

*Sini Poikonen*

*8.12.2023*

Ohjaaja: *DI Riitta Oja*

Valvoja: *Prof. Pauliina Ilmonen*

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

# Esitelmän sisältö

- Tausta
- Tavoite ja rajaukset
- Veturisarjat
- Aineisto
- Menetelmät lyhyesti
- Tulokset
  - Mallit ja ennustevirheet
- Johtopäätökset
- Yhteenveto

# Tausta

- Raideliikenne merkittävässä asemassa Suomessa
- Veturit kalliita investointeja, pitää tietää paljonko niitä tarvitaan ja montako veturikuskia tarvitaan
- Tarvitsee siis tietää paljonko vetureilla ajetaan
  - Kilometrit koostuvat karkeasti junista, veturina-ajoista ja vaihtotöistä
- Veturina-ajo tarkoittaa tilannetta, jossa pelkkä veturi ajetaan eri paikkakunnalle
  - Junan ajaminen usealla veturilla tai veturin hinaus vaihtoehtoja
  - Aiheuttaa kuluja
- Veturina-ajojen määrää arvioidaan tällä hetkellä samalla tavalla kaikille veturisarjoille

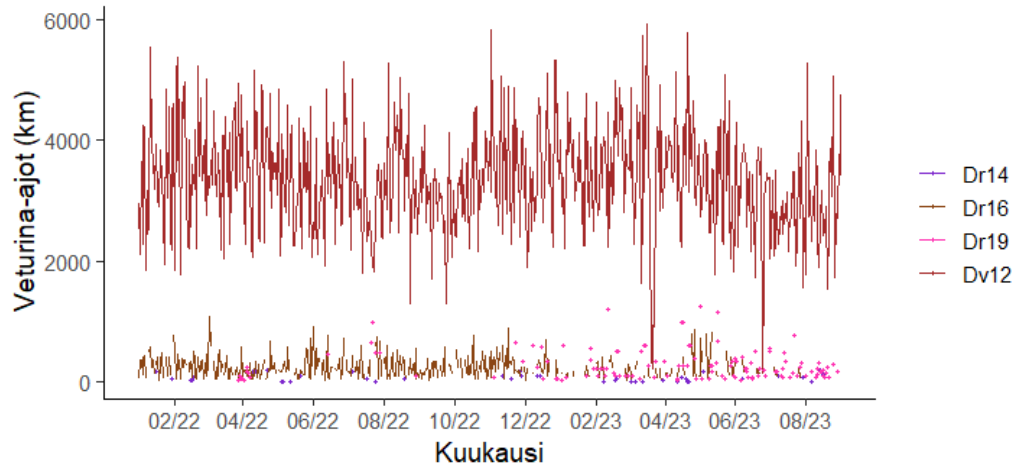
# Tavoite ja rajaukset

- Tavoitteena on selvittää, onko eri veturisarjoille kertyviä veturinaajoja järkevää ennustaa eri tavoin
- Tutkia millaisia ennustemalleja on jo olemassa vastaaviin haasteisiin
- Pohtia, voiko vertailuun käytettyjä malleja käyttää pidemmän aikavälin ennustuksiin
- Rajauksia:
  - Ei keskitytä alueellisiin ajojen määrien vaihteluiden, veturien kappalemäärien tai junakilometrien vaikutuksiin

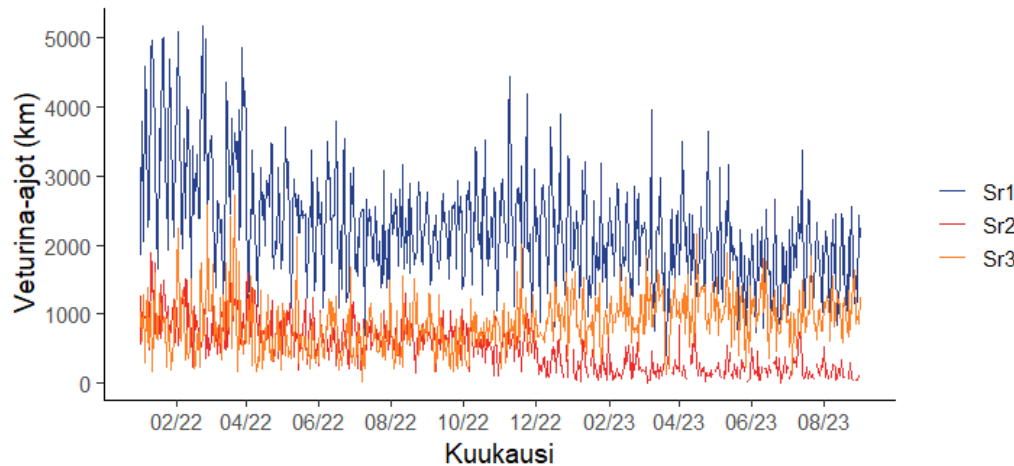
# Veturisarjat

- Veturimalleja joilla ajetaan liikennettä on seitsemän
- Eniten veturina-ajoja kertyy Sr1, Sr2 ja Sr3 sähkövetureille ja DV12 dieselvetureille
- Sr1 vetureilla ajetaan tavaraliikennettä ympäri Suomen
- Dv12 vetureilla ajetaan tavaraliikennettä ei-sähköistetyillä rataosuuksilla
- Sr2 ja Sr3 vetureita käytetään matkustaja- ja tavaraliikenteessä
- Sr1-sarjan veturina-ajoista muodostettiin oma aikasarja, myös Dv12-sarjan veturina-ajoista muodostettiin oma aikasarja. Sr2 ja Sr3-sarjojen veturina-ajot yhdistettiin yhdeksi aikasarjaksi.

# Veturisarjat



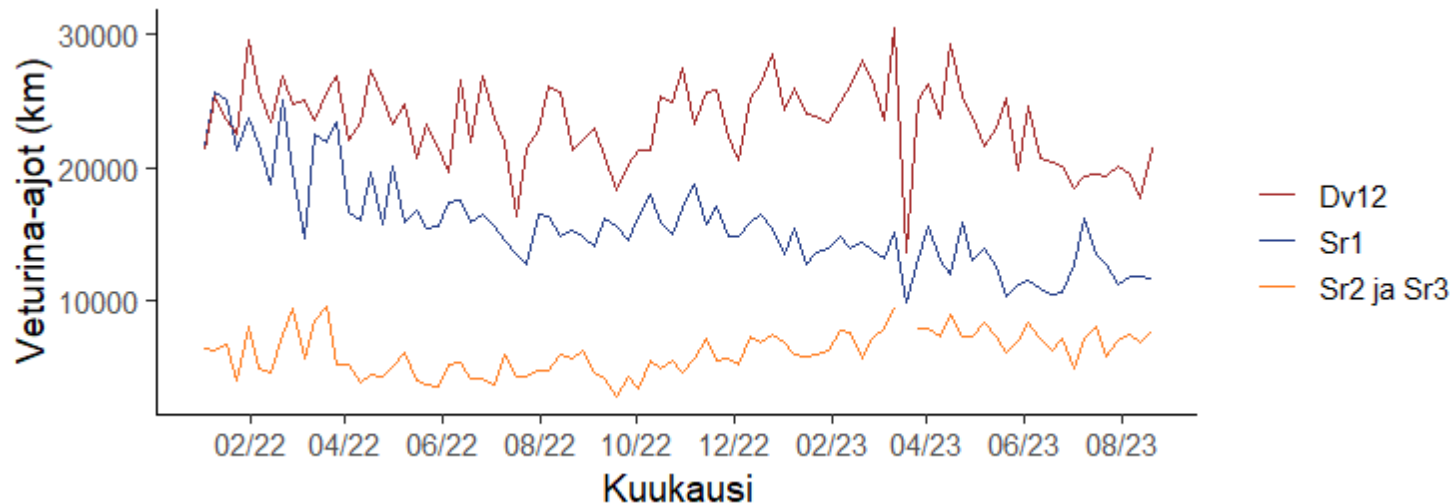
- Kaikkien dieselvetureiden veturina-ajot päivätasolla



- Kaikkien sähköveturien veturina-ajot päivätasolla

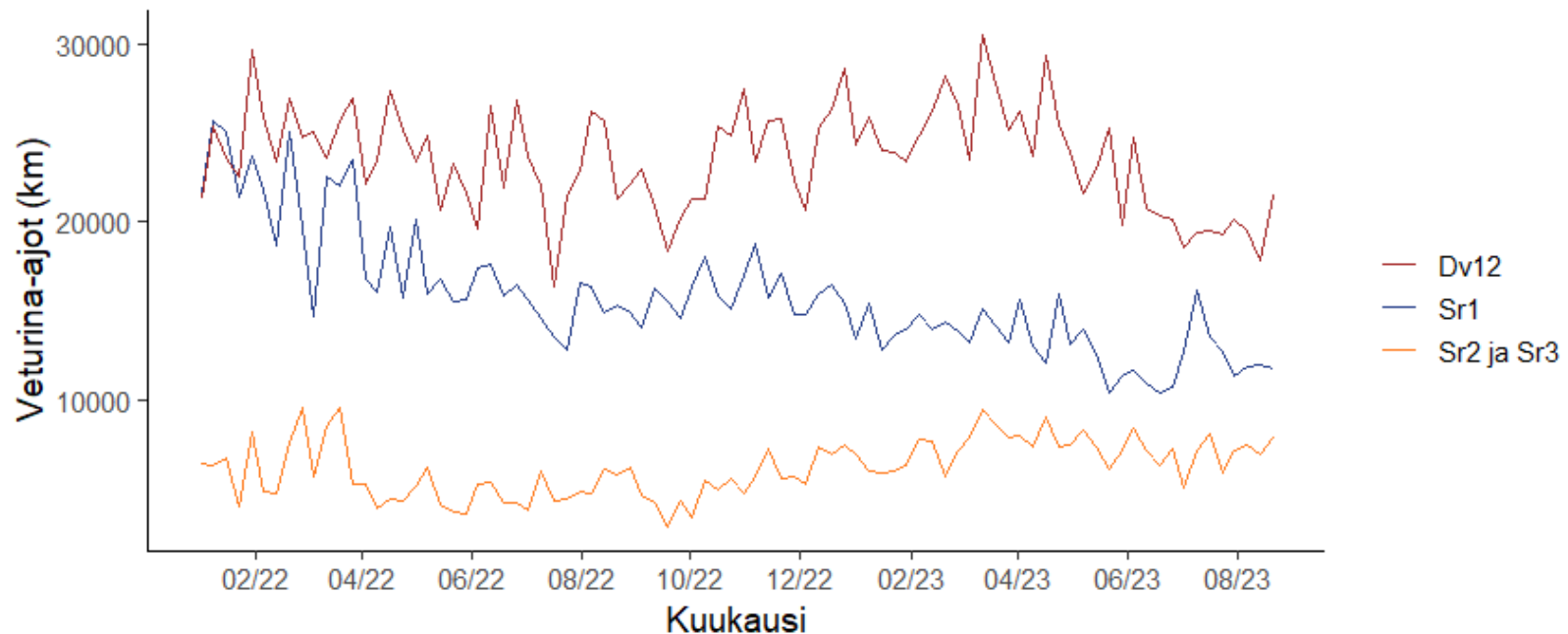
# Aineisto

- VR Groupin dataa junakilometreistä ja veturina-ajoista
- Veturina-ajot ryhmiteltiin ensin päivittäiseksi dataksi veturina-ajon lähtöpäivän mukaan, ja laskettiin sitten viikoittaiset määrät
- Aineistoon tehtiin yksi muutos: veturinkuljettajien lakko 2023 keväällä tasattiin, kuvassa vielä näkyvillä
  - Muut poikkeamat tasaantuvat viikkotasolla



# Aineisto

- Viikoittaiset veturina-ajot valituilla sarjoilla, lopullinen sarja
- Mallin sovittamiseen 52+28 ensimmäistä viikkoa, eli toukokuun alkuun





# Menetelmät

- Visuaalinen tarkastelu
- ARMA-mallit
  - ARMA-malli koostuu yhdistetystä autoregressiivisestä ja liukuvan keskiarvon mallista alla olevan kaavan mukaisesti
  - Ei-stationaariset aikasarjat stationarisoitiin vähentämällä kustakin aikasarjan arvosta sitä edeltänyt arvo
  - Kertaluvut pääteltiin aikasarjojen autokorrelaatio- ja osittaisautokorrelaatiofunktioista

$$X_t = \epsilon_t + \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-i}$$

# Menetelmät

- Mallien hyvyyttä mitattiin Ljung-Box-testillä
  - P-arvon oltava yli 0.05, jotta mallin virhetermejä voidaan sanoa olevan itsenäisesti jakautuneita, eli ne eivät riipu toisistaan
- Mallien sovituksen ja ennustuksien hyvyyttä tarkasteltiin käyttämällä keskimääräistä prosentuaalista virhettä ja keskimääräistä absoluuttista virhettä

# Tulokset

- ARIMA-mallit ja Ljung-box-testin p-arvot

Sarja	Malli	P-arvo
Sr1	ARIMA(4,1,1)	0.7507
Sr2 ja Sr3	ARIMA(2,1,1)	0.9182
Dv12	ARMA(1,2)	0.9986

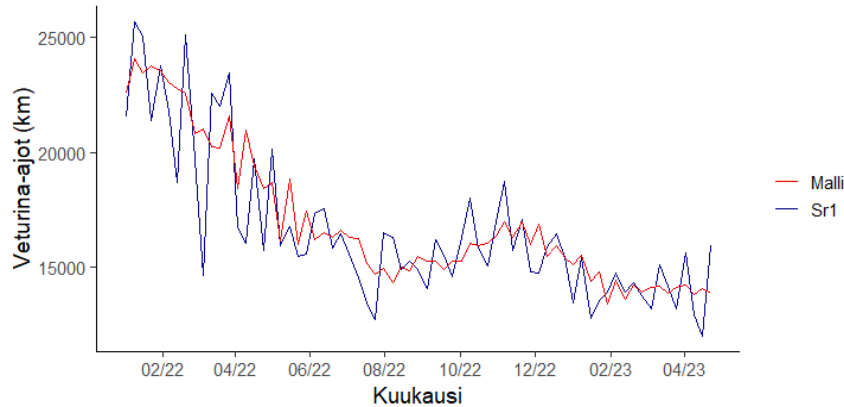
- Sovitteiden virheet

Sarja	MAPE (%)	MAE
Sr1	9.05	1483.101
Sr2 ja Sr3	18.36	1026.005
Dv12	8.40	1993.325

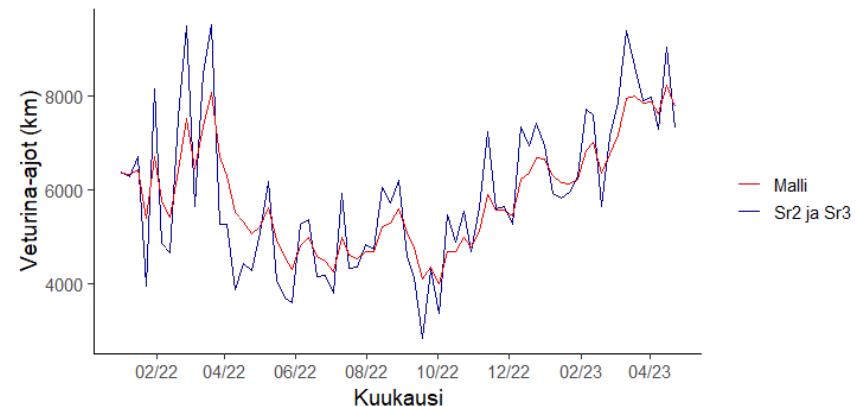
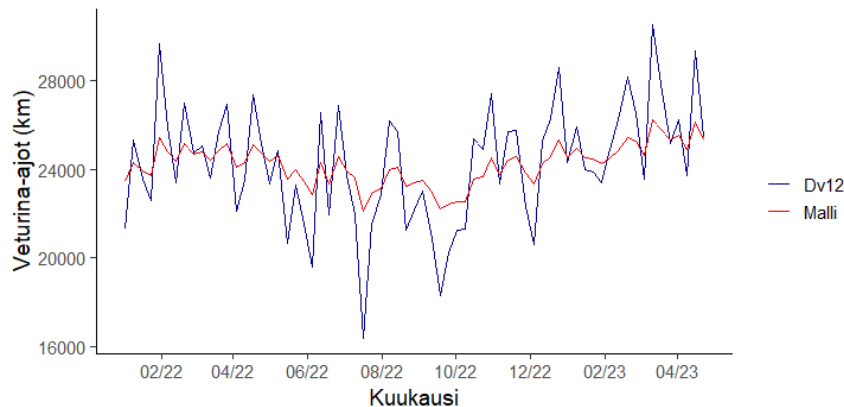
- Mallien parametrien estimaatit

Parametri	Estimaatti
<b>Sr1</b>	
$\phi_1$	-0.7136
$\phi_2$	-0.6965
$\phi_4$	-0.3089
$\theta_1$	-0.0330
<b>Sr2 ja Sr3</b>	
$\phi_1$	0.1704
$\phi_2$	0.0188
$\theta_1$	-0.7696
<b>Dv12</b>	
$\phi_1$	0.9067
$\theta_1$	-0.6588
$\theta_1$	-0.1085

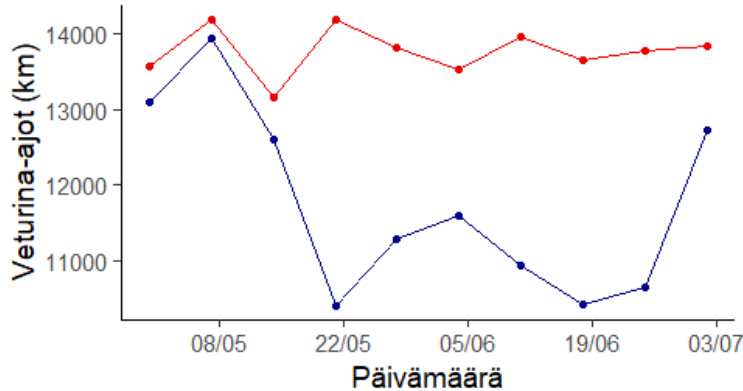
# Tulokset



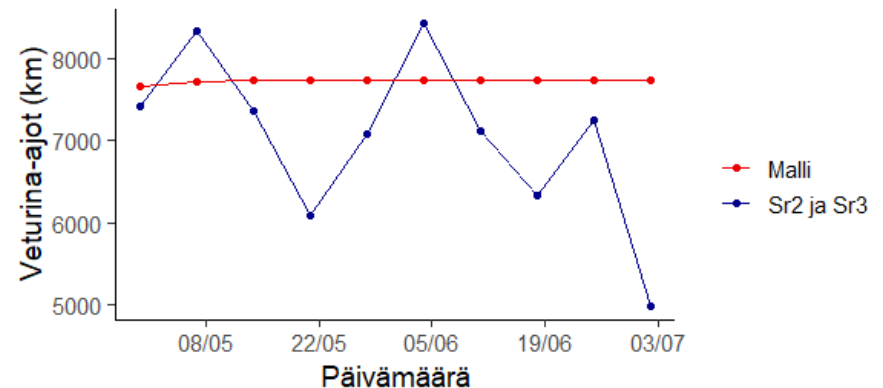
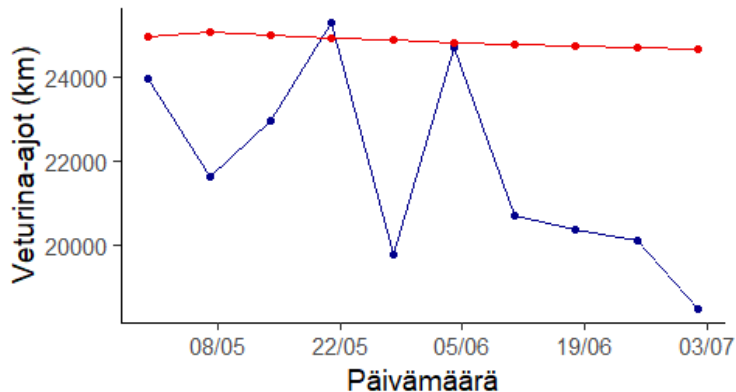
- Mallien sopivuus aikasarjoihin
- Mukailee hyvin aikasarjojen vaihtelua, ei reagoi täydellisesti suurimpiin piikkeihin



# Tulokset



- Ennustukset kymmenelle seuraavalle viikolle
- Nähdään että painuu nopeasti tasaiseksi
- Ennustevirheet laskettu viiden viikon ennustuksista, kymmenellä viikolla ei suurta eroa



# Tulokset

- Viiden askeleen ennustevirheet
  - Vertailuna MAPE, jos vastaavat ennusteet olisi tehty laskemalla aikasarjan keskiarvo

Sarja	MAPE (%)	MAE	MAPE keskiarvo
Sr1	17.34	1970.389	35.03
Sr2 ja Sr3	11.42	799.0369	17.20
Dv12	10.41	2196.52	8.67

# Johtopäätökset

- Kirjallisuudessa ei ole varsinaisesti veturina-ajojen ennustamiseen malleja, painottuu optimointimalleihin veturina-ajojen ja muiden kustannusten minimoimiseen
- Saaduilla ARIMA-malleilla on yhtä hyvä ennustaa pitkälle kuin laskemalla keskiarvo
  - Trendin huomioiminen kuitenkin tärkeää
- Lyhyelle aikavälille parempi ennustaa ARIMA-malleilla
- Eri veturisarjojen veturina-ajoja on järkevää ennustaa eri tavoilla
  - Määrien kehitys erilaista eri sarjoilla, mahdollisesti yhteys siihen millaisia junia ajetaan

# Mahdollisia laajennuksia ja uusia tutkimuskysymyksiä

- Junakilometrien tai matkojen määrien vaikutus veturina-ajoihin
- Alueelliset erot veturina-ajoissa ja myös muissa liikennelajeissa
  - Lähteekö toiselta paikkakunnalta enemmän kuin toiselta
- Veturimäärien vaikutus veturina-ajoihin
- Rata töiden ja tehdasseisokkien vaikutus liikenteeseen ja veturina-ajoihin
- Muiden ajoneuvojen tyhjänä ajojen ennustusmallien soveltaminen



# Yhteenveto

- Veturina-ajoja tutkittu vähän, osuus raideliikenteestä on myös pieni
- Eri veturisarjoilla on eroja veturina-ajoissa, ja niitä kannattaa ennustaa etenkin lähitulevaisuuteen eri tavoin
- Rakennetuilla malleilla on yhtä viisasta ennustaa tulevia pitkän ajan veturina-ajoja, kuin laskemalla keskiarvo
  - Trendin huomioiminen kuitenkin tärkeää
- Ennustaminen tarkasti pitkälle tulevaisuuteen on vaikeaa