



# Kapacitetseffekter av automatiska och förarlösa tåg

Emil Jansson – KTH  
[emiljans@kth.se](mailto:emiljans@kth.se)



# Bakgrund

- Varför automatic train operation (ATO)?
- Det gjordes ATO-tester i Stockholms tunnelbana på 1960-talet, ca 10 000 tester under ett år
- Tre anledningar då och nu:
  - Tätare trafik
  - Energieffektivitet
  - Personaleffektivitet

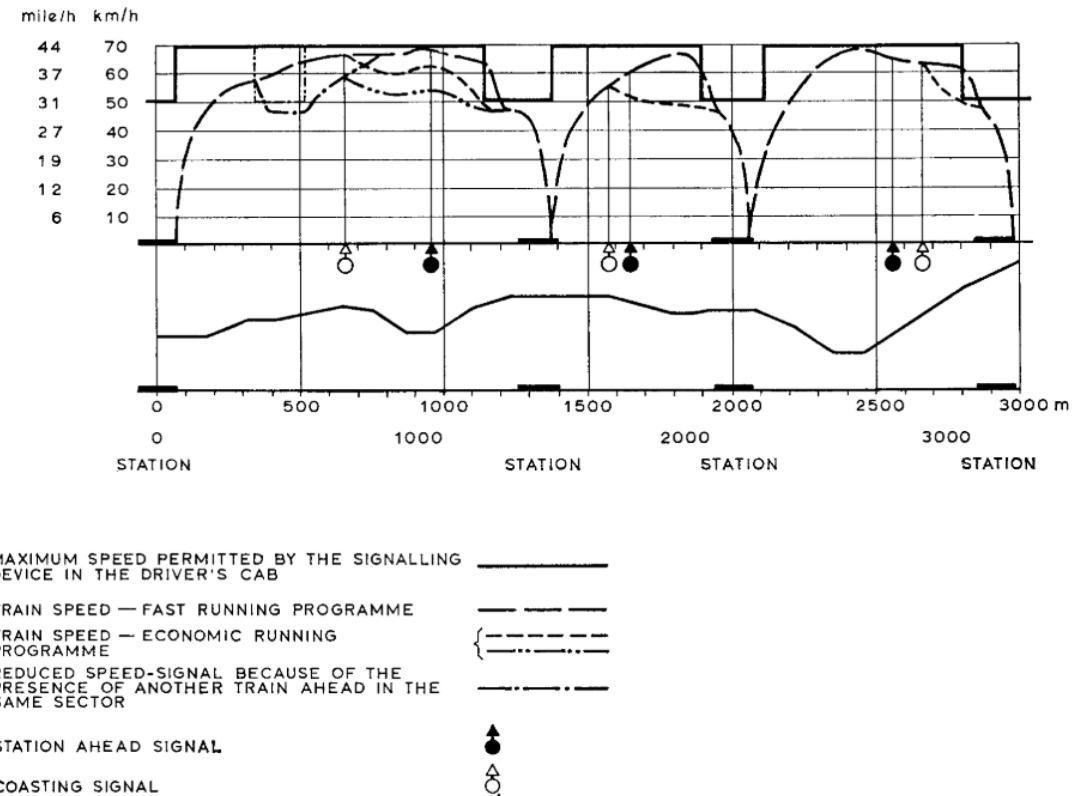


Fig. 5.7. Typical runs when train is influenced by restrictive cab signals, coasting signal, etc.

Källa: Kekonius & Källberg (1964)



# Simulering av ATO (GoA2)



# Vad förändrar ATO gällande kapacitet?

- Parametrar som bedöms påverka ATO-tåg:
- Tidstillägg på 3 % som ska motsvara förarvariation
  - Minskat till 0 % för ATO
- Reaktionsid vid förändrade signalbesked och oplanerade stopp
  - 2 sek för tåg med förare och 0 sek för ATO
- ETCS-parametrar (fixed values)
  - T\_driver – är tidsavståndet mellan permitted och ingripande
  - 4 sek för tåg med förare och 2 sek för ATO

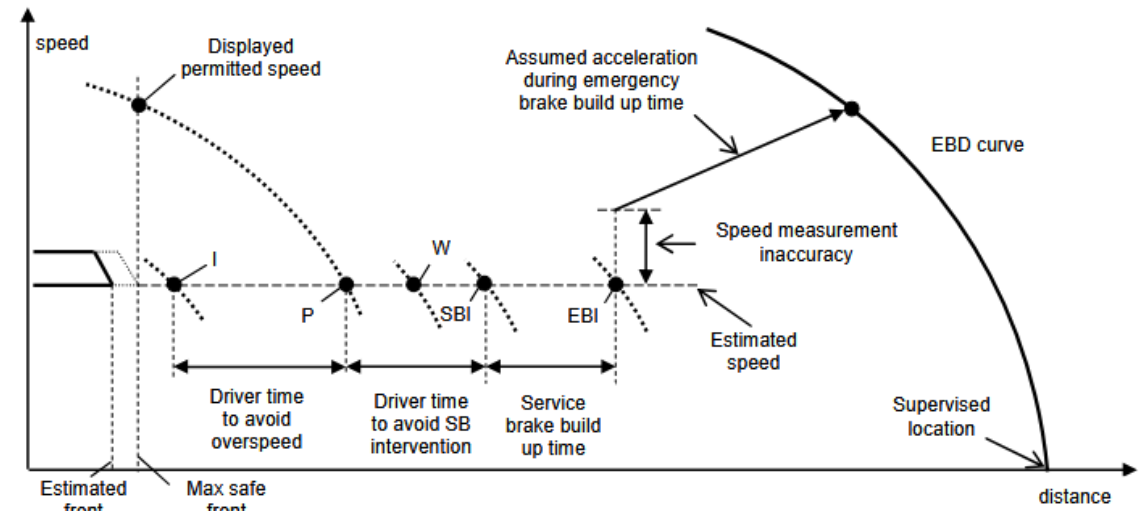


Figure 1: Overview of the EBD braking curve and its related supervision limits


















Källa: ERA

# Fallstudie och metod

- Simuleringar har genomförts på olika sträckor med GoA2:
  - Citybanan (Tomtebodavägen Övre – Älvsjö) (GoA2)
  - Norrköping-Mjölby (Fiskeby – Mantorp) (GoA2)
  - Stockholm-Linköping (Ostlänken) (GoA2)
  - Citytunneln (Malmö godsbangård – Lernacken/Svågertorp) (GoA2)
- Tidtabellen T25 användes om möjligt
- Simuleringar och tidtabellsanalyser genomfördes med RailSys
- Kalibrering mot empirisk data

# Resultat - Simulering

- Den extra bufferttiden med ATO kan antingen användas till kortare gångtid eller förseningsreducering

	Malmö City Tunnel	Stockholm Commuter Line	Norrköping-Mjölby	Stockholm-Linköping
	GoA2-Ref			
 <b>RUNNING TIME GAIN</b> (seconds per km)				
 Commuter	 -2.39	 -2.86	 -1.28	–
 Regional	 -1.89	–	 -0.88	 -0.92
 Long-distance	–	–	 -0.83	 -0.63
 <b>AVERAGE DELAY REDUCTION</b> (seconds)	 -14	 -8	 -12	 -19

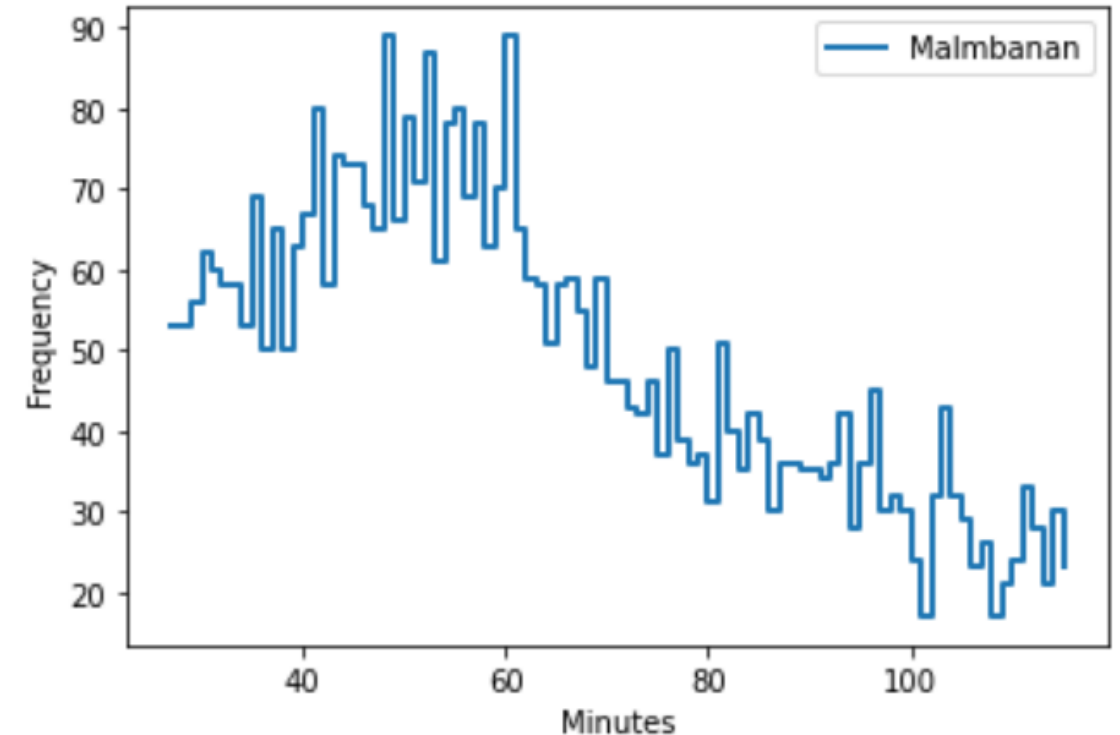


# Påverkan på förseningar med obemannade tåg



# Bakgrund

- Med obemannad drift förändras möjligheterna att hantera oplanerade händelser
- Järnvägen är ett sammansatt system med få möjligheter till omledning
  - Hur påverkas hela systemet av obemannade tåg?
- Fallstudie med GoA4 på Malmbanan (Riksgränsen-Krokvik)
  - Utifrån dagens förutsättningar
- Troligt att utryckningsenheter behöver skickas ut oftare
  - Resulterar i en förlängd försening baserat på responstiden
  - Empirisk data för responstid utifrån min och max för högprioriterad händelse (påkörd person)



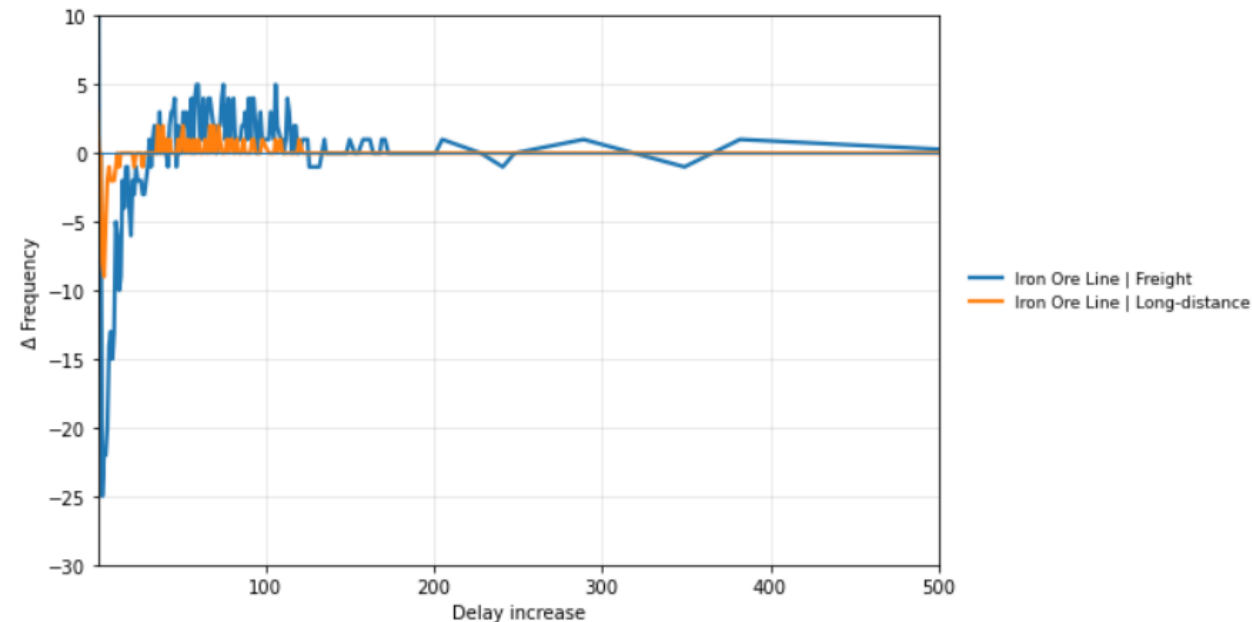
Responstid mellan Riksgränsen-Krokvik  
2015-2025

# Metod

- Med hjälp av experter har ett antal orsakskoder bedömts påverkas av obemannad drift
- Förseningsfördelningar har justerats baserat på dessa orsakskoder och nya simuleringar har genomförts
- Antagande att dagens situation råder
  - Inga justeringar för ny teknik eller förkortade responstider
- Svårt att kalibrera Malmbanan på grund av tidiga avgångar samt många deadlocks (ca 1/3)
  - Fokus på skillnaden mellan fallen

Table 5: Changed delay attributions for unmanned train operations with RTO.

Cause	Description	Change
JDM	Traction vehicle/railcar	Response time
JPS 01	Train driver	Removed
JPS 03	Onboard staff	Removed
JVA	Wagon	Response time
OSY	Inspection of track/vehicle	Response time



# Resultat

- Med GoA2 fås positiva effekter med hjälp av minskad variation som används för förseningsreducering
- Med GoA4 fås blandade effekter, punktligheten ökar för RT+5 och RT+29 men minskar för RT+59 och medelförseningen per tåg ökar
  - De stora förseningarna ökar på grund av den adderade responstiden medan den minskade variationen bidrar till att mindre förseningarna kan hanteras

	Iron Ore Line	Iron Ore Line
	GoA2-Ref	GoA4-Ref
Punctuality % RT+5	5.33	3.75
Punctuality % RT+29	2.24	0.20
Punctuality % RT+59	0.30	-1.59
Average delay (s)	-63	34
Delayed trains	-1	0



**Nästa steg**



# Nästa steg och diskussion

- ATO minskar variationen, men hur ser referensscenariot ut?
  - En stor osäkerhet hur förarna kör idag
  - Vilka instruktioner får förarna?
  - Pågående artikel som använder signalhändelsedata för att visa variation av gångtider
- Obemannad drift kommer att påverka förseningarna, men hur mycket kommer fordonen och arbetssätten att förändras?
  - Simuleringarna i denna studie bygger på dagens situation
- Ingen simulering av energieffektiv körning har genomförts
  - Pågående utveckling av nya funktioner i RailSys
- Troligtvis är C-DAS det som ligger närmast till hands
  - Ett fungerande C-DAS system kan utgöra en bas för kommande implementering av ATO

**Frågor och kommentarer?**

