

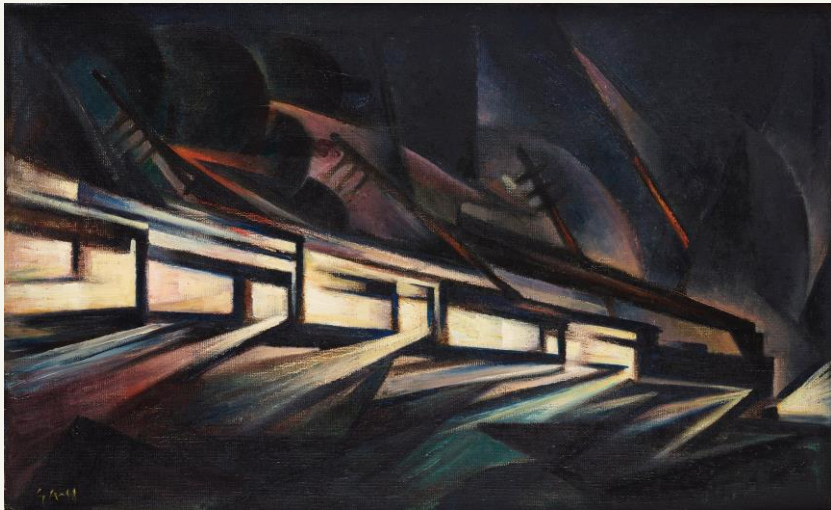


# Hållbarhet och skalbarhet på Järnväg

Presentation till INOSE årsseminarium 2024



# Välkomna



## Ämnena för denna presentation:

- Järnvägen som ett system
- Skalbarheten i järnvägstransporter
- Hållbarhetsfördelarna
- Utmaningar och ny teknik

# Intro - Kort om mig

- Teknisk specialist på SJ:s Fordonsdivision
- Civilingenjör Maskinteknik, master inom Spårfordon, examen 2018
- Arbetat i järnvägsbranschen sedan 2008, anställd på SJ sedan 2012



# Järnväg

Systemegenskaper och skalbarhet

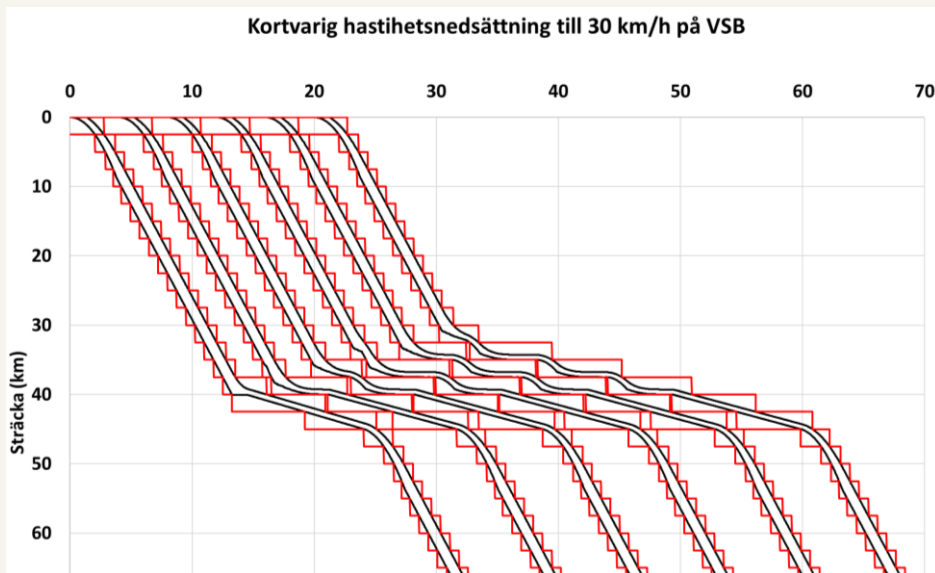
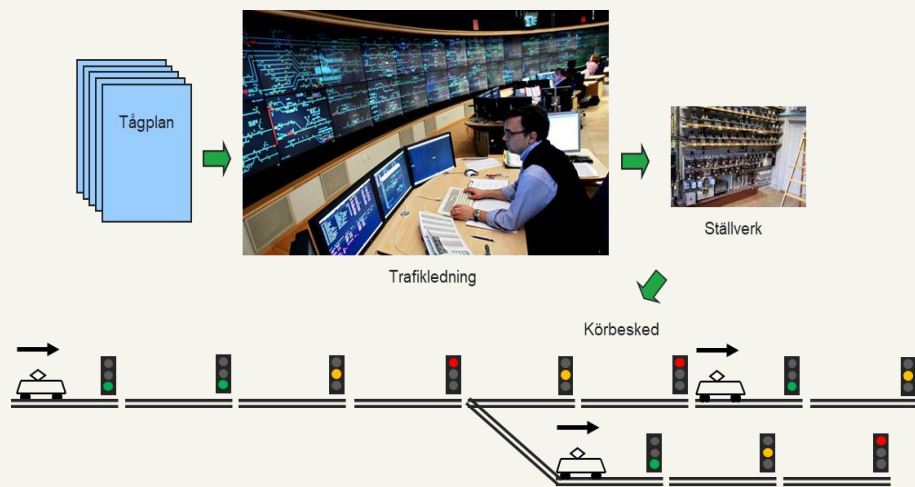


# Vad är järnväg?

- Spårbunden trafik
  - Ett sammansatt transportsystem
- Kapacitet & effektivitet en funktion av
  - Spåren, växlar, ledningar, etc.
  - Signalsystemen
  - Fordonens (tågens) prestanda
  - Tidtabeller och trafikledning



# Begränsade frihetsgrader



→ **Långa bromssträckor**  
Signalsystem med förvarning för att säkert stanna vid höga hastigheter

→ **Säkerhetsavstånd mellan tåg**  
Spåren är ofta delade i "block" där endast ett tåg får befinna sig åt gången

→ **Ett tåg kan inte själva välja väg**  
Växlarna i spåren styrs av trafikledaren genom signal- och trafikledningssystem

→ **Inga omkörningar**  
Högst kapacitet när alla kör lika snabbt. Störningar fortplantar sig i systemet



# Robust och beprövad teknik

*Många av lösningarna har sitt ursprung i 100-200 år gamla uppfinningar som succesivt vidareutvecklats och optimerats till den teknik vi använder idag.*

## → **Infrastrukturen - Banorna**

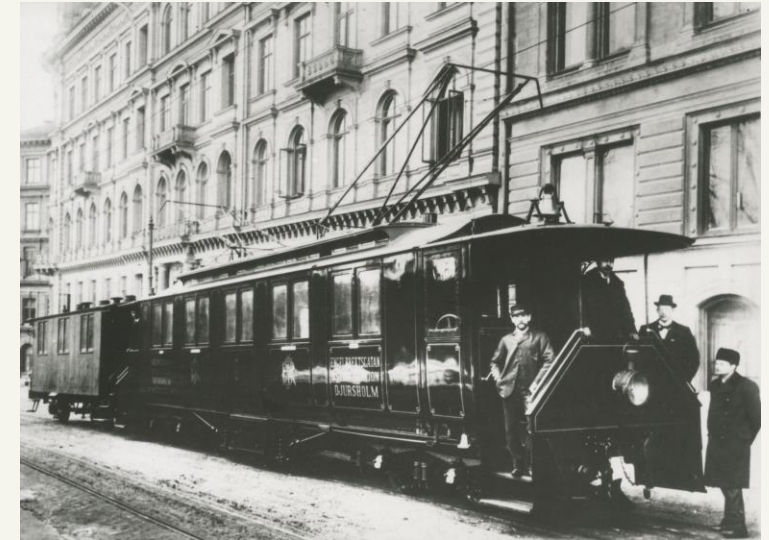
- Spåren och deras profiler, växlarna, kontaktledningar, etc.
- Förutsättningarna för höga hastighet, långa och tunga tåg

## → **Fordon - Tågen**

- Hjulprofiler, dynamiska beteenden, effekt och kraftförsörjning, etc.
- Tågen har bara blivit starkare, snabbare och säkrare

## → **Trafikledning – Signalsystem och planering**

- Signaler, ställverk, tågskyddssystem, tågledning, kapacitetsplanering, etc.
- Banornas kapacitet nyttjas effektivare och säkrare



# Skalbarheten i järnvägssystemet

## Hantering av variation i efterfrågan på transporter

- Fler avgångar & längre tåg vid ökat behov - färre avgångar och kortare tåg vid minskning
- Flexibla fordonsflottor kan tillåter flera olika användningsområden och utlåning
- Risk för att stora kapital blir låsta i fordon och infrastruktur som inte kan nyttjas effektivt
- Extremen är nedläggning av trafik och banor, men upprivning av hela banor ovanligare idag

## Den maximala transportkapaciteten i systemet svår att snabbt skala upp

- Stora investeringar och långa ledtider för både nya och uppgraderade banor
- Uppgraderingsarbeten stör trafiken under tiden de pågår
- Nya fordon har också ledtider, men går snabbare att införskaffa än ny spårkapacitet



# Järnvägens organisation i Sverige

## Det statliga verket SJ bolagiserade och delades upp på 90-talet

- SJ AB idag en kommersiellt persontågsoperatör, med avkastningskrav
- Trafikverket (först Banverket) nytt statligt verk som infrastrukturförvaltare och trafikledare
- Jernhusen AB, fastighetsägare för stationshus, verkstäder och järnvägsfastigheter
- Flera avknoppningar av "gamla SJ", såsom Green Cargo, EuroMaint, m.fl.

*Syftet med bolagiseringen och uppdelningen av SJ var ökad ekonomisk effektivitet. Men uppdelningen har också lett till nya utmaningar...*



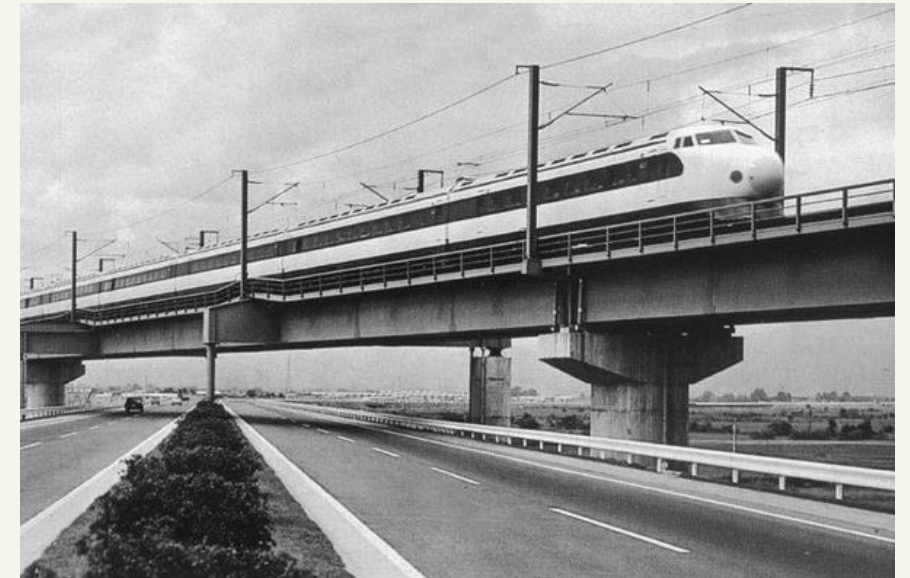
# Vikten av systemtänk

- Uppdelningen i Sverige har lett till arbete i "stuprör" - Svårt att få nödvändig systemöversikt
- Stark politisk styrning av kritiska teknikinvesteringar – Ny och uppgraderad infrastruktur
- Ingen part har utpekat ansvar för optimering och utveckling av "hela" järnvägssystemet

## → Exempel på lyckade projekt med helhetstänk

- Japanska Shinkansen
- Men även Sveriges X2000 – mer än bara nya tåg

## → NATO-medlemskapet innebär nya krav och möjligheter



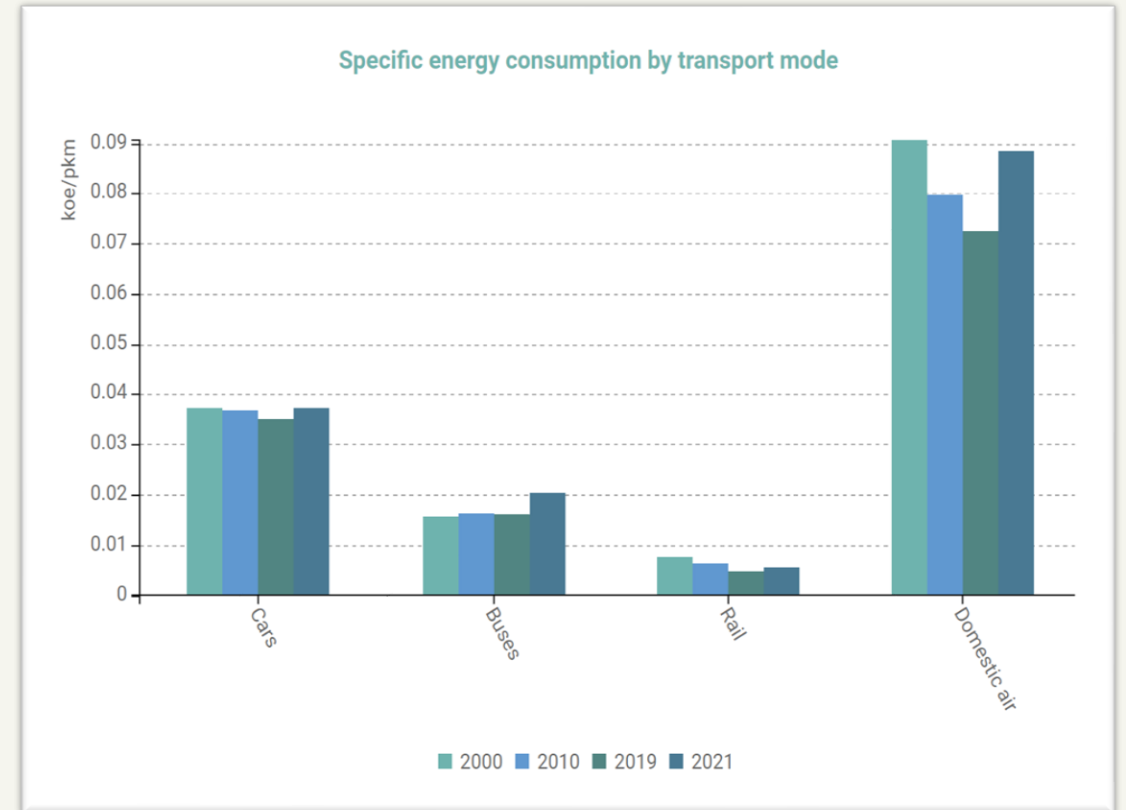
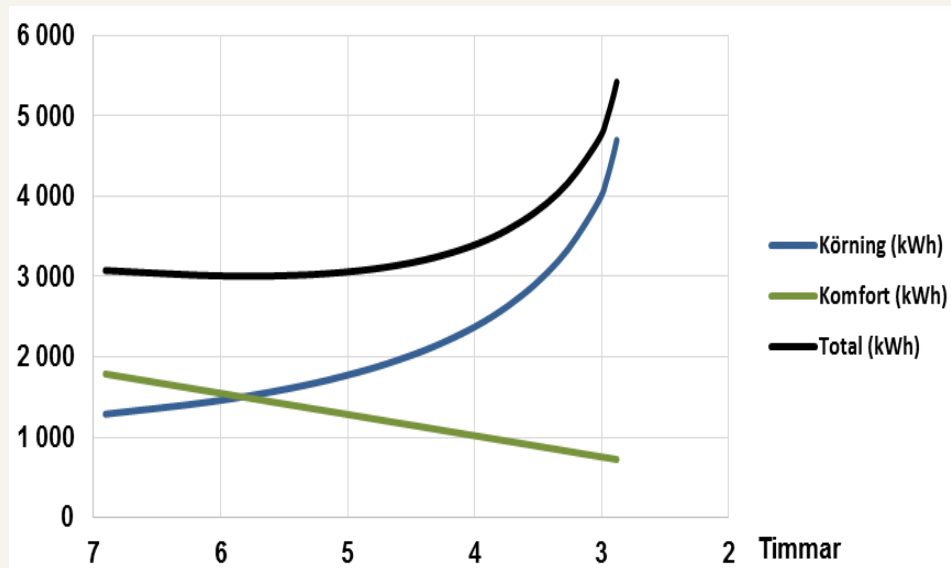
# Hållbarhet

Järnvägens plats i framtidens transportlösningar



# Låg energiförbrukning

- Låg energiförbrukning per ton/km
- Låga gångmotstånd (friktion och luft)
  - Många resenärer/gods som delar på resan



- Energiförbrukningen kan minskas avsevärt om restiderna tillåts öka...
- Men då skulle nog färre välja att åka tåg

# Stor kapacitet på liten yta

## Kapaciteten till stor fördel för

- Kollektivtrafik i och runt större städer
- Transportkorridorer mellan städer
- Tung godstransporter

## Illustrerande exempel

- Stockholm Centrals "getingmidja"
- Malmbanans enkelspår

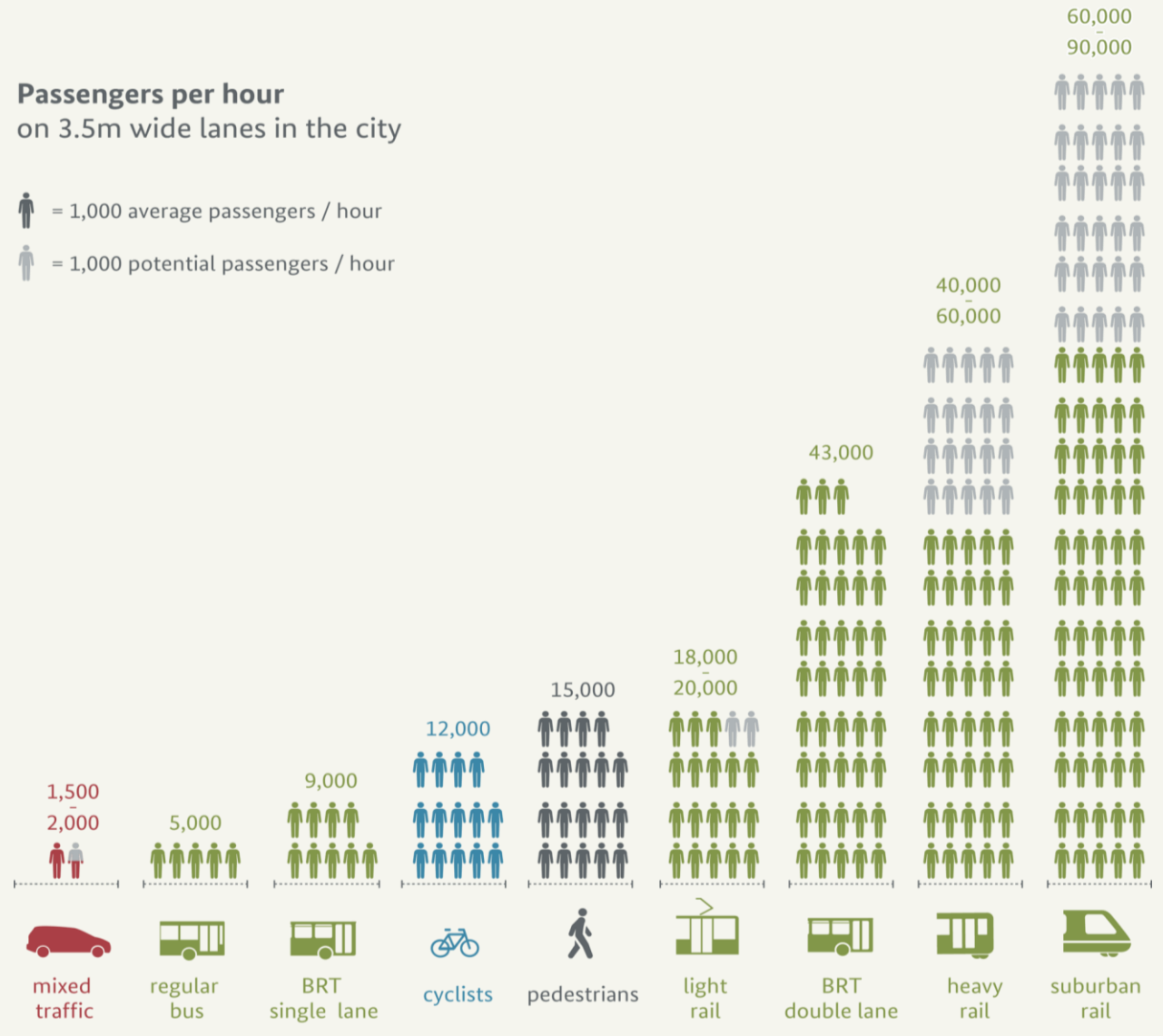


Illustration based on: Breithaupt based on Batma & Papendrecht (1991). Traffic operation of bicycle traffic, TU Delft. <http://www.uncrd.or.jp/content/documents/5594Presentation%203%20-%20Module%201%20-%20M:%20Breithaupt.pdf> (accessed 20.09.2018)

# Elektrifiering – En ”färdig” energiomställning

→ Eldriften på järnväg ett faktum

- Siemens körde resenärer efter ellok 1879
- Stockholm-Göteborg elektrifierat 1926

→ Eldrift via infrastrukturen är fördelaktigt

- Alla energikällor tillgängliga i elnätet
- Höga verkningsgrader
- Höga effekter – starkare, snabbare fordon
- Har dock en viss sårbarhet

→ Bimodala el/diesel, batteri- och prov med vätgasfordon

- Används och testas för trafik på linjer där fullskalig elektrifiering inte är motiverat



# Långa livslängder

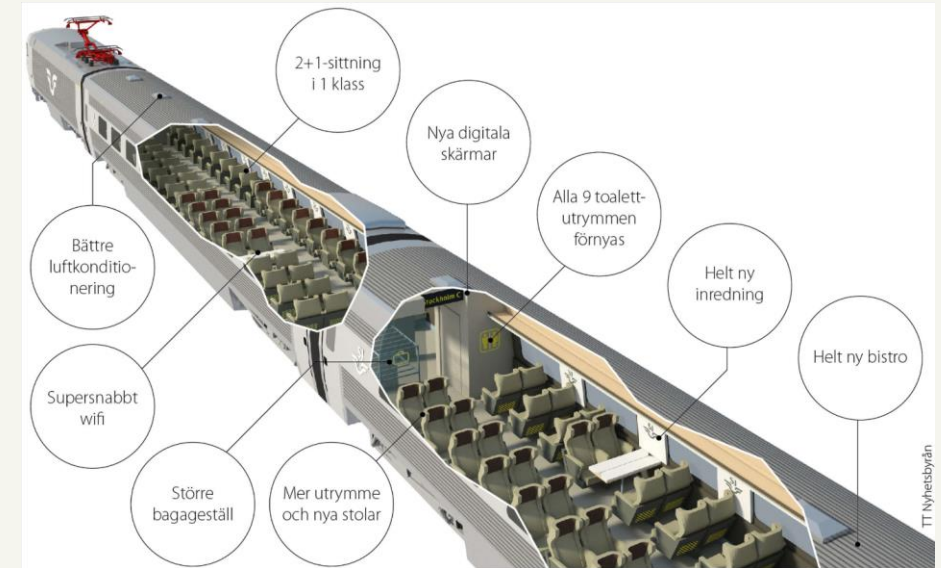
## → Infrastrukturen – Planeras långsiktigt

- Planeringshorisonter som sträcker sig 50+ år in i framtiden
- Nya järnvägar är ett "samhällsbygge"

## → Fordonen – Tåg byggs med livslängder på ca 30 år

- Vissa teknikersystem kan uppgraderas för att förlänga livslängderna
- Våra X2000 genomgår just nu en livstidsförlängning och uppgradering

## → Långa livslängder leder dock till att det dröjer lite mellan de stora teknikklyven



# Kort om ekonomin i järnväg

## Ekonomisk hållbarhet också en viktig faktor!

→ Järnväg kan ofta vara lönsamt

- Biljettförsäljning räcker dock inte alltid för att täcka kostnader
- Viss trafik får subventioner om den ses som samhällsnyttig
- Värdet som skapas av trafiken fångas inte alltid av trafikintäkterna

→ Exempel på privata järnvägssatsningar nu och historiskt

- Privata järnvägar ofta vertikalt integrerade system
- Har inkomster från trafiken, men också från fastigheter





# Ny teknik inom järnvägen

→ Järnvägen dras med många gamla lösningar – på gott och ont

- Vissa dock mycket robusta - igen anledning att "återuppfinna hjulet"



→ De stora tekniksatsningarna ligger idag inom digitalisering och standardisering

- Nya signalsystem och standardisering av teknik för gränsöverskridande trafik inom EU/EEC
- Nya verktyg för styrning av trafik, planering av tidtabeller och tilldelning av kapacitet
- Digitalisering av underhåll, genom tillståndsövervakning och digitala systemstöd

*Järnvägens "begränsade frihetsgrader" lämpar sig också mycket väl för automatisering!*

# Automatisering – Nästa stora kliv

## → Självkörande tåg – Ökad punktlighet och energieffektivitet

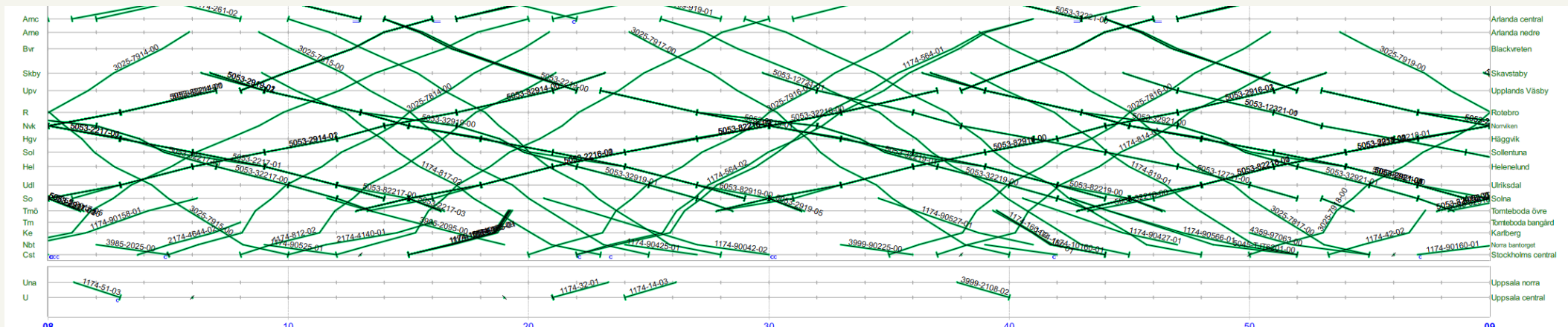
- Finns i flera metro-system, organisatoriska utmaningar kvarstår för de större järnvägsnäten

## → Signalsystem med "moving block" - Stora ökningar i kapacitet

- Järnvägens "blocksträckor" elimineras, tågen kommunicerar sin position med varandra

## → "Självkörande järnväg"

- AI/Algoritmstyrda tidtabeller, spårtilldelning, trafikledning, hantering av störningar, omplantering etc.



# Kompetensförsörjning – Stora behov nu och framöver

- Järnvägsbranschen i Sverige står inför utmaningar i rekrytering och kunskapsbyggande
  - Flera initiativ i Svenska järnvägsbranschen om att nå ut till studenter och arbetssökande
  - Nya utbildningar startade med ökat fokus på systemfrågor – Skapa järnvägsingenjörer
- Den stora digitaliseringsarbetena kräver också helt nya kompetenser
  - Färdigheter inom ny IT-teknik och AI men även förståelse för järnvägens systemegenskaper
- Uppdelningen i Sverige mellan olika aktörer, företag och myndigheter en utmaning
  - Flera samarbetsforum igångsatta för att identifiera och jobba mot gemensamma mål
  - Nödvärdigt att lyfta och sprida kunskap om systembehoven hos politiker och beslutsfattare

# Avslutande sammanfattning

→ Järnvägen är här för att stanna

- Stora hållbarhetsfördelar, både för miljön och samhället
- Kommer fortsätta fylla viktig roll i framtidens transportsystem

→ Utmaningarna är stora men inte oövervinnerliga

- Tekniken är enkel, men systemen komplexa
- Ökad tillgänglighet och effektivitet är möjligt med ny teknik
- Ökat samarbete mellan aktörerna i systemfrågor en förutsättning
- Kunskap om systemet måste spridas för att möjliggöra utveckling





FÖR SVERIGE FRAMÅT