

Linjebaserad trafikbeskrivning som grund för storskalig kapacitetsplanering

KAJT vårseminarium, 2025-05-13

Tomas Lidén (VTI + LiU)



Erfarenheter från SATT-projekten och AI-GTP, förslag och framåtblick

Samarbeten med: Martin Aronsson (RISE),
Marduch Tadaros, Nils Breyer (LiU) m fl

Finansiering: TrV, Vinnova

Motivation

Långsiktigt nätverks- och kapacitetsplanering behöver en trafikbeskrivning som

- Fångar hela det nationella trafikbehovet över lång tid (år, årtionden)
- Kan användas för
 - Prognosarbete och investeringsplanering

Analys och planering av

- Transportutförande
- Trafikarbete och nätverksbelastning
- Kapacitetsutnyttjande och arbetsplanering (underhåll, projekt, etc)
- Successivt kan förfinas och förbättras baserat på utfall
 - Dvs fungerar även för återkoppling från genomförd trafik

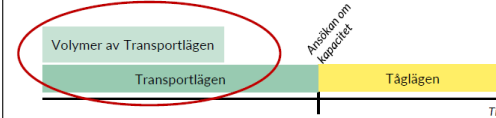
"Linjebaserad trafikbeskrivning"

SATT, Aronsson. KAJT höst-sem, 2021-11-18

- Transporttjänsteklasser (TTK)
 - Från, Till, Tågtyp / prioklass, egenskaper



Volymer av tåg, ej schemaläggning

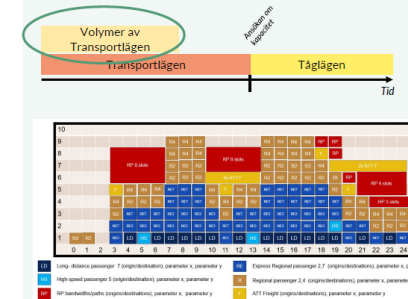


- Före "Ansökan om kapacitet"
 - Inga tåglägen ännu sökta
Bortsett från PAP i godskorridor
- Planera TPÅ med hänsyn till trafikpåverkan
→ Måste ha "ombud" för kommande, sökt trafik
- Motsvarar produktionsmål i industri
 - Uppnä
 - Upprätthålla

- Tågläge
 - Juridiskt objekt
 - Tilldelad kapacitet till JF
- Transportläge
 - Objekt motsvarande tåglägen *innan* ansökan om kapacitet
 - "Suddigare ram"
 - Kan forma ett utbud
- Transporttjänsteklasser (TTK)
 - Transportlagen med samma grunddata
 - Utgångstation
 - Slutstation
 - Ev via-stationer
 - STAX
 - Gångtidsintervall

Koppling TTR kapacitetsmodell

- Syftet med TTRs kapacitetsmodell
 - Ange möjlig segmenterad produktion
Liknar Industrins taktiska planering t.ex. 24 mån. innan produktion
 - Volymer av trafik över diskreta intervaller och bandel
- Välgval och flöde
 - Underlag för volymer av tåg
 - Per bandel och tidsperiod
 - Avstängningar (TPÅ/TCR)
 - Minimerar avsteg från identifierad
 - Efterfrågan
 - Kvalitetskrav



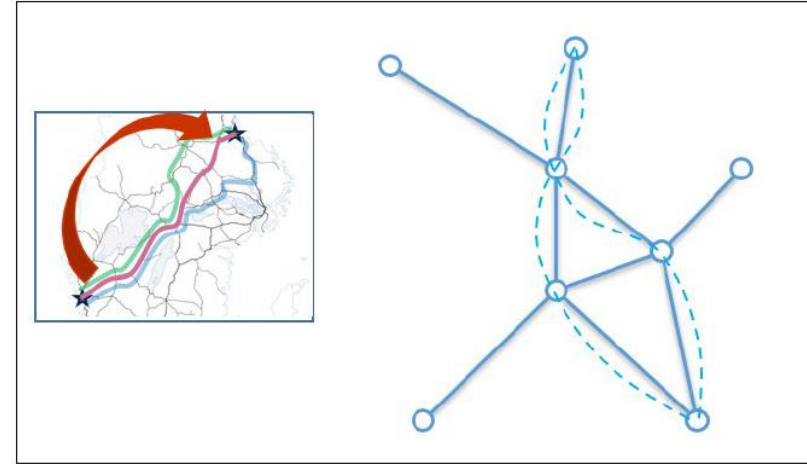
TTJOB

Aronsson. Transporttjänsteklasser... (2018), [DiVA](#)

Aronsson. Transporttillgänglighet... (2019), [DiVA](#)

”Linjebaserad trafikbeskrivning”

- Transporttjänsteklasser (TTK)
 - Från, Till, Tågtyp / prioklass, egenskaper
- Trafikrelationer (OD)
 - Från, Till, Tågtyp



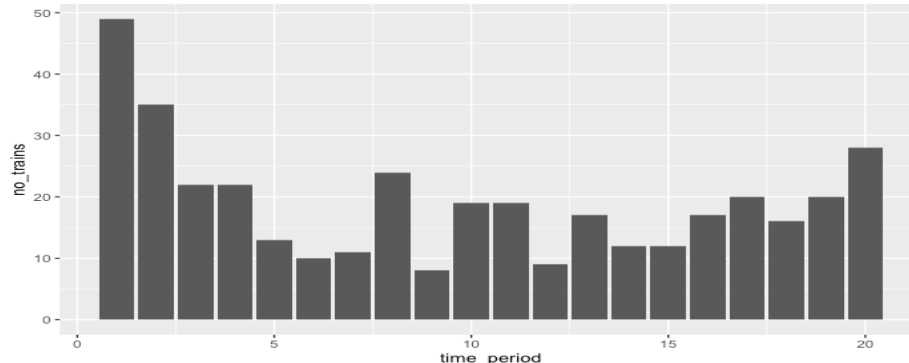
Figur 4: Omledningsalternativ i verkligt och principiellt nätverk.

Tabell 2: Krav och önskemål, trafikrepresentation.

Krav	Framtida önskemål
Trafikrelationer (OD) motsvarande transporttjänsteklasser (TTK) - Värdering, tågtyp, hastighet, vägval - Avgångsfönster, flexibilitet	Tågtyper baserade på prioritetsklasser
Omledningar, med möjlig ändring av TTK	Start- och slut-destinationer utanför infrastrukturnätverket (Sverige)
Variation över dygn, vecka, år	Trafikförändringar kopplade till prognoser

”Linjebaserad trafikbeskrivning”

- Transporttjänsteklasser (TTK)
 - Från, Till, Tågtyp / prioklass, egenskaper
- Trafikrelationer (OD)
 - Från, Till, Tågtyp
- Olika ruttningsalternativ => gångtider och beläggning
- Behov och trafikvariation (dag, vecka, år) separat



”För storskalig kapacitetsplanering”

	Dagens situation	Fol-projekt / förslag
Prognosarbete, inv.planering		
SamPers	Linjebaserad persontrafik	
SamGods	Länkbaserade tågvolym	AI-GTP: Linjebaserat
Kapacitetsanalys (PLek)	Länkbaserade tågvolym	TTJOB/SATT: Linjebaserat
Kapacitetsplanering (före tågplan)	Tåglägesbaserad	SATT: Linjebaserat
Kapacitetstilldelning (årlig tågplan)	”-”, prioritetsklasser	TTJOB: Behåll koppling
Uppföljning (LUPP)	”-”	SATT: Aggregering

Lyckad användning / exempel

➡ **SATT-BP, 2022-2023 (VTI)**

[Transportforum 2024]

- Ettårig TPÅ/banarbetsplanering

SATT-TF, 2023-2024 (RISE)

[KAJT höstseminarium 2024]

- Kapacitetsplanering i tidiga faser, TTR

➡ **SATT-SP, 2024-2025 (VTI)**

- Flerårig stråkplanering, samhällsekonomisk värdering

➡ **AI-Samgods/GTP, 2024-2025 (LiU/VTI)**

- Dimensionera godstrafikplan (typvecka) som uppfyller prognosticerat transportbehov

SATT-BP: Tvådelad optimeringsmodell

Övre: Schemalägg aktiviteter och sekvenser

- MIP-modell

Nedre: Fördela trafiken

(inställelser, förskjutning, omledning)

- Flödesmodell (multi-commodity) med tidsförskjutning
- **Trafikvolym**er – inte enskilda **tåglägen**/tidtabell

Anpassad
trafik

Schemalägg
arbeten

Gör trafiktilldelning

Kapacitets-
begränsningar

Tillåter olika representation (tid, upplösning), formulering, målfunktion etc i de två nivåerna

Fallstudie sydväst

Ett år (T24), 49 noder och 112 länkar

- Huvudnätverk G-Hbg-L (44 projekt, 416 aktiviteter)
- Sidonätverk för omledning (16 projekt, 306 aktiviteter)

Tre typveckor för trafiken (normal, påsk, sommar)

- ~220 OD med ~10 k tåg per vecka
- ~210 omledningsalternativ

Daglig **trafiktilldelning** löses på **2-7 sekunder**

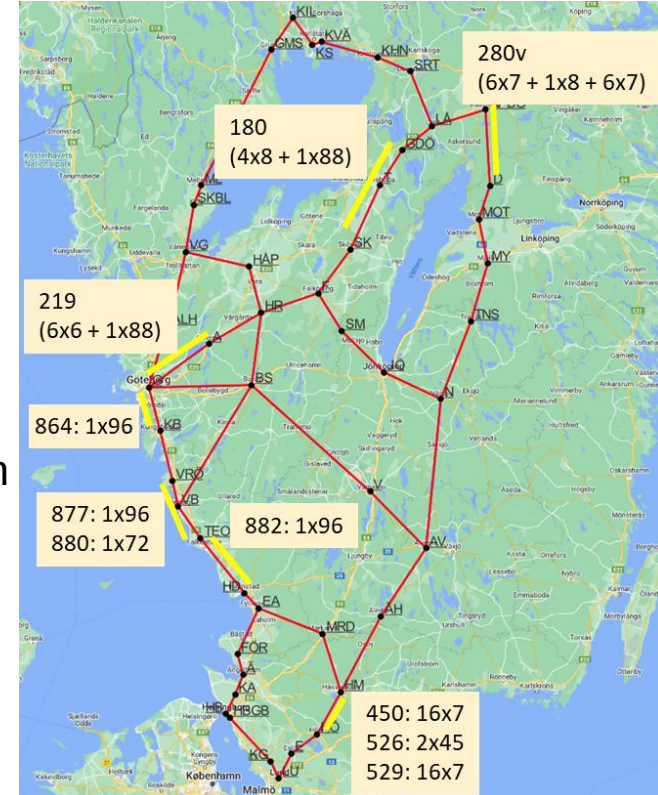
Tidperiod 8h (21-05-13-21)

Studerat enskilda projekt, långa avstängningar, vårperioden
Schemaläggning löses på **1-60 min**

Jämförelse med TrV plan

Beaktat fasta projekt på sido-nätverket

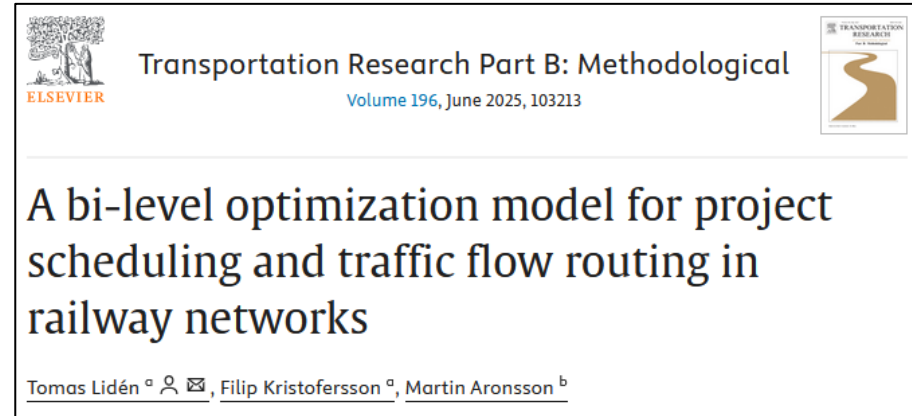
V10 – 26 => 10 projekt



Publikationer



VTI resultat 2023:7, DiVA: [diva2:1810388](https://diva2.org/1810388)

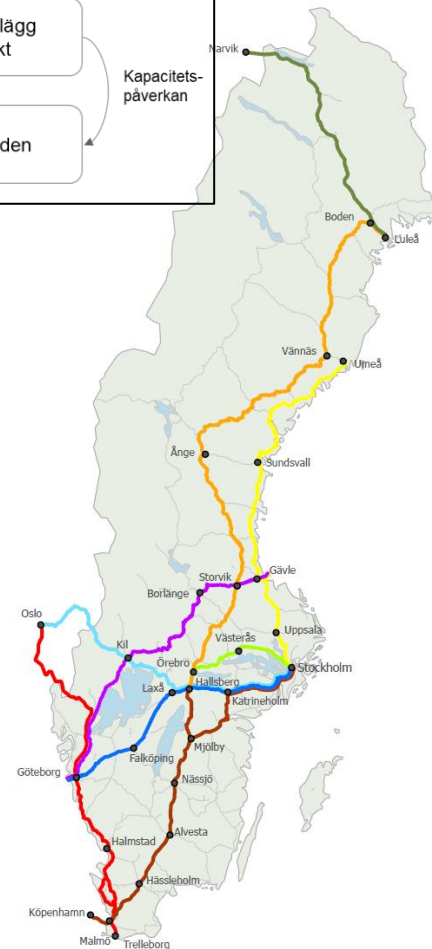
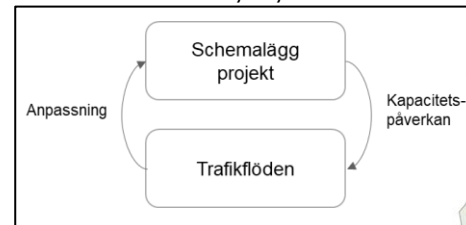


Transp. Res. Part B, 103213. [DiVA](https://diva2.org/1810388), [DOI:10.1016/j.trb.2025.103213](https://doi.org/10.1016/j.trb.2025.103213).

SATT-SP: Flerårig stråkplanering

- Projektet ska
 - Implementera verktyg för flerårig planering
 - Genomföra utvärderingsstudier
 - Studera hur värdering och effektbedömning kan stödjas
- Beakta
 - Trafik- och kapacitetsutveckling över tid
 - Ekonomi/budget, resurser, risker/nyttor etc
- Utveckla resultatpresentation och interaktion
- Förenklade modeller
 - Projekt: fast sträng, besluta start (vecka/månad)
 - Trafik: TrV kap-modell (PLEk) per dygn
 - Genererade omledningar från TrV-indata (per trafikrelation)

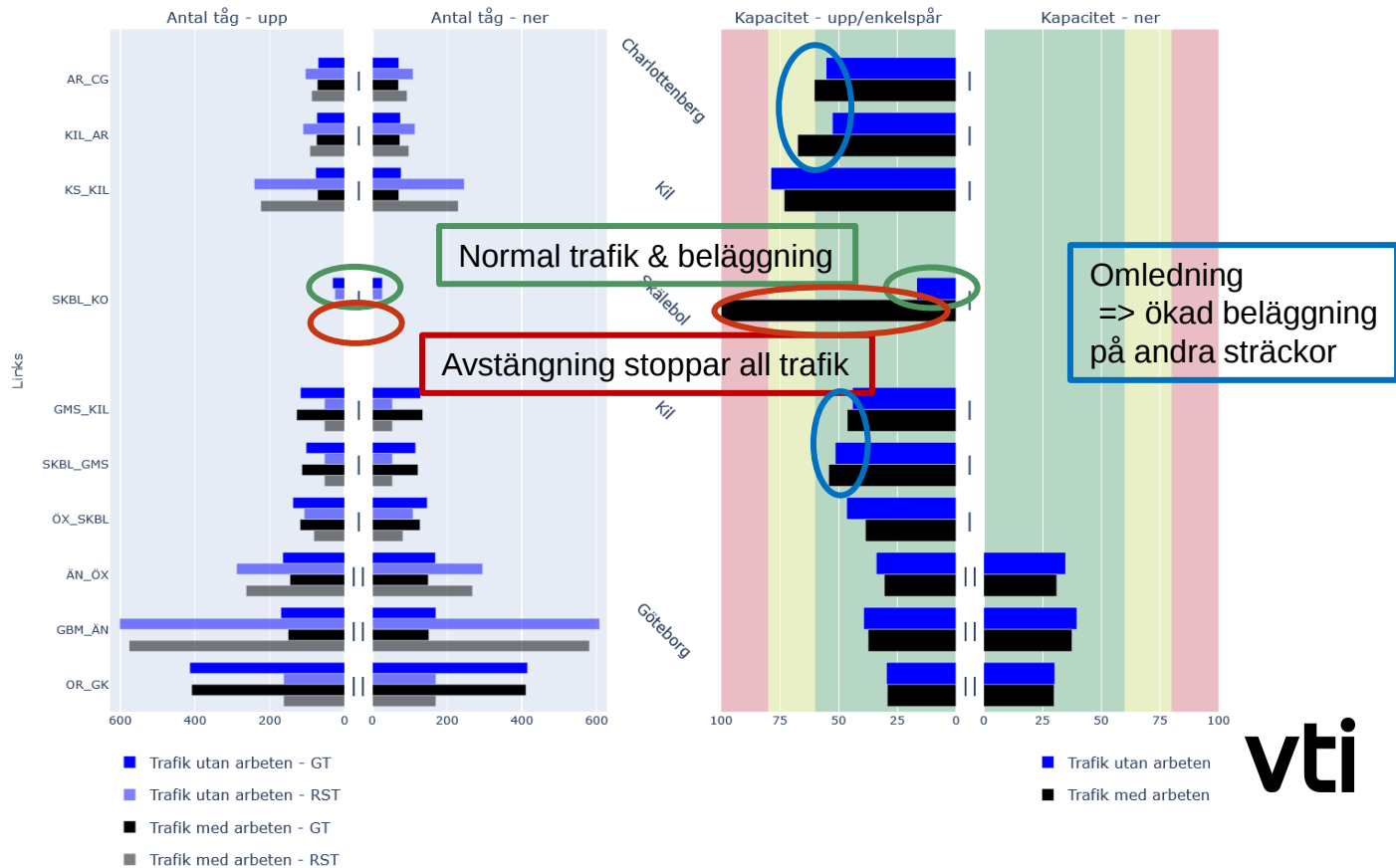
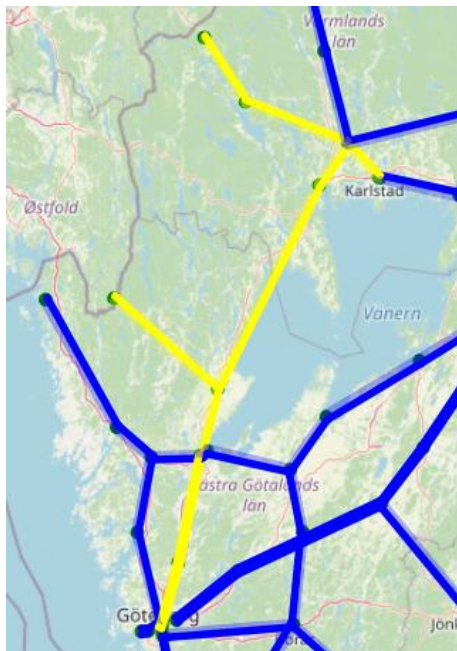
År 1, 2, 3



Trafikmodellen

- Löser en **hel vecka** (7 dagar) för **all trafik** och **hela Sverige** på **< 1 sek** eller ett **helt år** (13 x 4 veckor) för **all trafik** och **hela Sverige** på **< 20 sek** (inläsning & instansiering tar mer tid)
 - Nätverk med 230 noder och 2x270 länkar
 - Styrkor:
 - Hanterar **alla trafikrelationer** (1.500 med 25.000 tåg per vecka)
 - Hanterar **bägge trafikriktningarna**
 - Reduceringar: partiell **avstängning** och/eller **enkelspår**
 - Inkl. byte kapacitetsvärden (dubbel- vs enkelspår)
- => Inställelser, omledningar, utökade gång- och nyttjandetider
- Per trafikrelation!

Trafikmodellen - resultatexempel



AI GTP (pågående arbete)

Samgods

- Network
- Transport demand
- OD (rail)
- Yearly volumes

LUPP

- One week of actual trains
- Freight train link travel times
- Passenger train volumes

Preprocessing

Routes

- Alternative routes for each OD-pair

Capacity

- Depending on no. tracks
- Subtract passenger trains

Optimization model

Traffic week (freight)

- New train volumes
- Nr of locos & wagons

Konstruera godstrafikplan (typvecka) som uppfyller transportbehov från Samgods

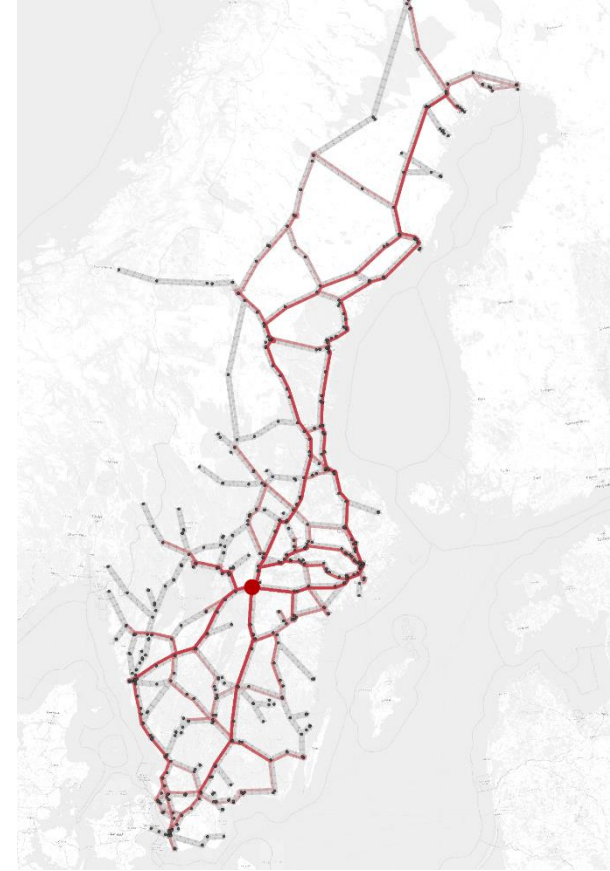
- Kapacitet och möjliga rutter förberäknas och är indata till modellen
- Respektera länk-, tåg-, and lastkapaciteter (vikt, längd)
- Minimera antalet tåg / antalet lok & vagnar

Storlekar

- 687 noder, 1520 länkar (2 x 760)
- 1 886 OD-par och 16 varutyper
 - 1 886 trafikrelationer
(all inrikes järnvägsgodstrafik från Sampersbehoven)
- 5 vagntyper (+ lok)

Linjebaserad trafikbeskrivning => hanterlig storlek

- Valbar tidsperiod, ex. 8 hr => 21 tidsperioder för en vecka
- Kapacitetsbegränsning för varje period => flödesmodell
(inte tidtabell)



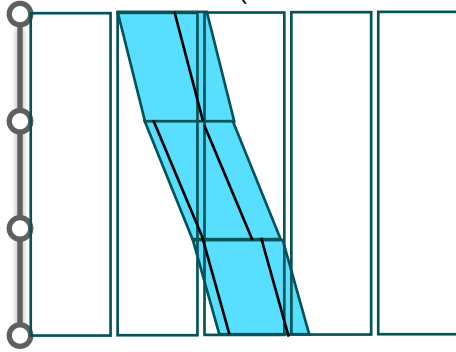
Nätverket med samtliga rutter från Hallsberg framhävda i rött som exempel (2 rutter per OD-par)

Illustration

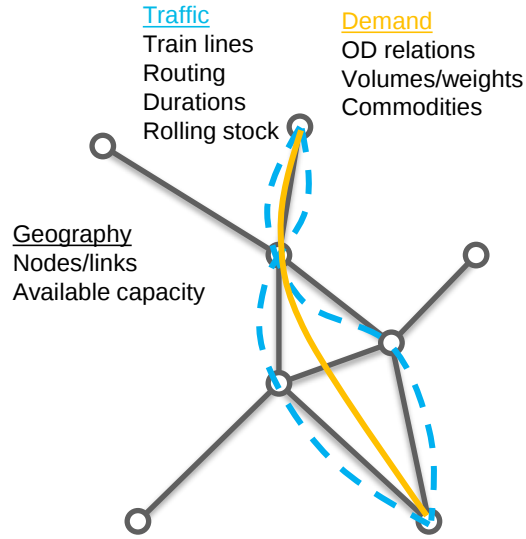
Path-based model

One layer per line-route alternative

Departure flow / period
=> Link loads (direct / forward flows)



Link capacity constraints
Train length and load
Tractive power (allow multi-loco)
Departing => Arriving volumes
(locomotives, wagons)

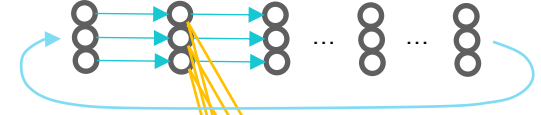


Minimize nr of trains

Inventory (time-expanded) model

Locomotives, wagon types

Cyclic (start = end)

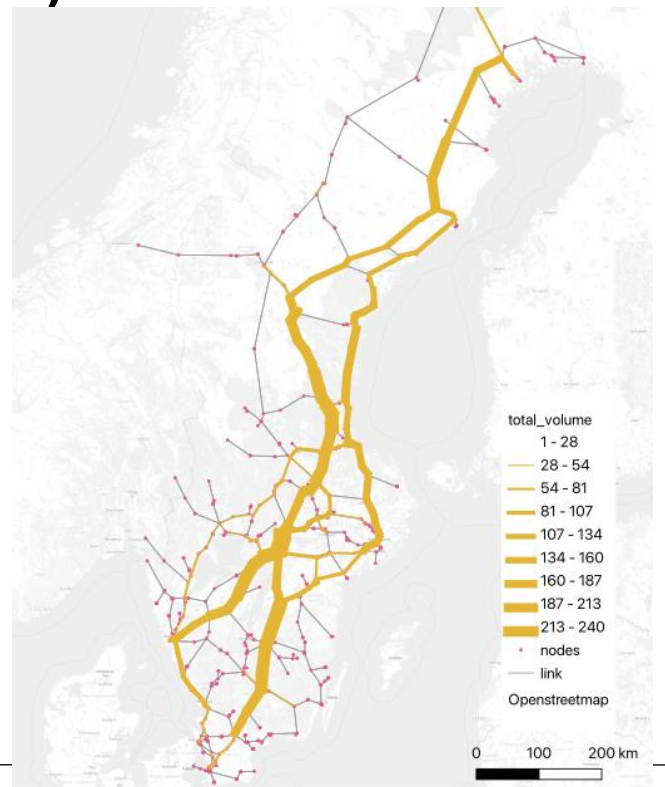


Fulfilling transport demand
Volumes/weights per commodity

Prestanda – alla godsbehov (SE)

	Traffic rel.	Gap (3h)	# Trains
1 rutt per OD-par	1 886	1,9%	1 670
2 rutter per OD-par	1 886 * 2	61,16%	1 670

- Antal ruttalternativ ökar komplexiteten drastiskt
- Cykliska lösningar
- All kapacitet för godståg
 - Ingen lösning än med enbart restkapacitet efter persontåg dragits av
- Minimera enbart antal tåg leder till orealistiskt antal vagnar



Antal tåg/länk i lösning med 2 rutter

Sammanfattning och framåtblick

- Linjebaserad trafikbeskrivning möjliggör storskalig kapacitetsplanering
 - Nationell trafikering över lång tid
 - Koordinering med banarbeten
 - Dimensionering av tågplan
- Kräver en gemensam nätverksmodell
 - Aggregerad och tidshanterad
- Ligger helt i linje med TTR
- Kan ge enhetlig grund för TrV's samlade kapacitetsplanering
- Hittills bara studerat kapacitet på länkar
 - Behöver även stödja noder och kapacitetsreduktioner på/genom dessa

Tack!
Frågor?

