
Finns den optimala tågplanen?

Martin Aronsson
SICS/DNA

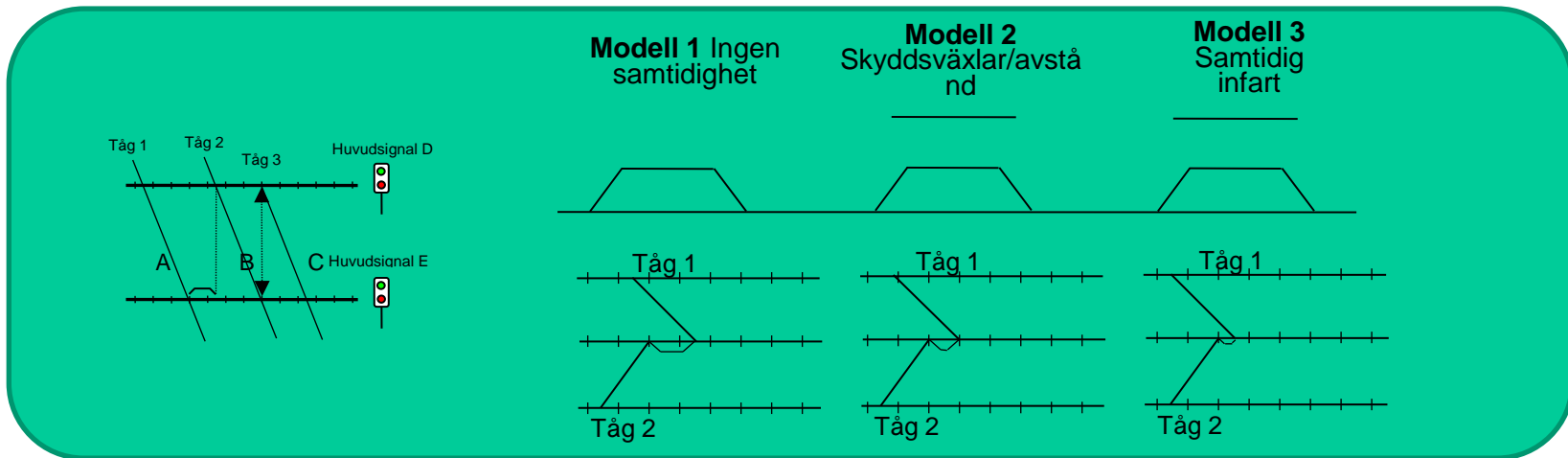
Vad är optimera?

- ”Att optimera innebär att finna den bästa, ’optimala’, lösningen på ett problem utifrån de förutsättningar som ges”
- Givet
 - Förutsättningar $f_1 \dots f_n$
 - Kriterium P som kräver att $f_1 \dots f_n$ samverkar
 - Hitta ett så litet (stort) P som möjligt

$$\begin{array}{ll} \min & \sum_j c_j x_j \\ \text{då} & \sum_j a_{ij} x_j \leq b_j \quad i = 1, \dots, m \\ & x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ & x_k \text{ heltal}, k \leq n \end{array}$$

P
 $f_1 \dots f_n$

Exempel optimeringsmodell



f_1
·
·
·
 f_n

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_j c_j x_j && P \\ \text{då} \quad & \sum_j a_{ij} x_j \leq b_j && f_1 \dots f_n \\ & x_j \geq 0 \\ & x_k \text{ heltal}, k \leq n \end{aligned}$$

P ?

Giltig plan

- En **giltig** produktionsplan är
 - Konfliktfri, enligt någon modell för vad som är en konflikt, t.ex.
 - Inga överbelagda stationer
 - Inga kollisioner på linjen
 - Tåg rör sig korrekt enligt prestanda-beskrivningar
 - F.n. enligt TF601
- Detta kan modelleras som ett jobshop-problem med ställtider

Den optimala planen?

- Samhällsekonomisk värdering

motsvara försäljningsoptimering

- Prioriteringskriterier

- “Blinda” för konkurrens

- Auktioner

- “löser” konkurrenssituation, oklart om genomförbart

- ...

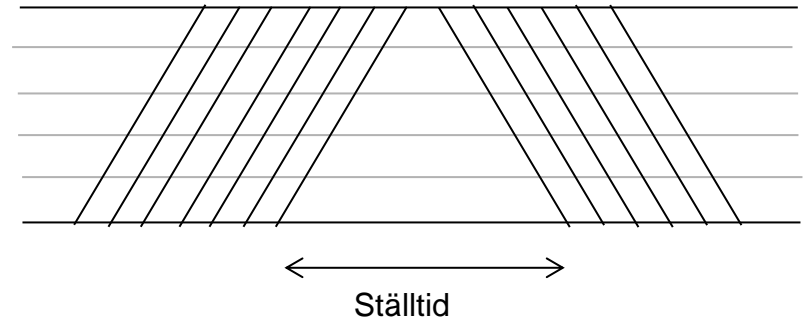
- Krav på transparens i processen

- I manuell process viktigt att förstå effekterna

viktigt förstå hur arbetet/processen skall göras för att arbeta sig mot optimum

- Revenue Management

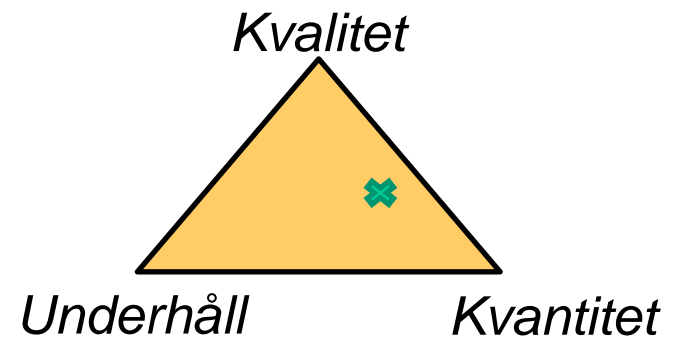
- Kontinuerligt pågående auktion över tid



“Kritiska linjens paradox”

Vad är en effektiv plan?

- Optimera på “makespan”
 - Matematiskt optimalt: Alla aktiviteter på kritiska linjen
 - Driftchefens mardröm!
 - Varje störning förlänger slutdatum
 - Effektiva beräkningsmetoder
 - Renodlat problem
- Framtidssäkrad plan
 - Planera för förändring
 - Ändrade förutsättningar; behålla frihetsgrader*
 - Bibehålla alternativ, behålla flexibilitet
 - Planera för kvalitet/punktlighet
 - Planera för underhåll



När finns den optimala planen?

- Finns det olika “optimaliteter” vid olika tidpunkter?
 - Olika objektfunktioner, olika mål
 - Olika optimum för samma mål längs tiden
eftersom förutsättningarna ändras

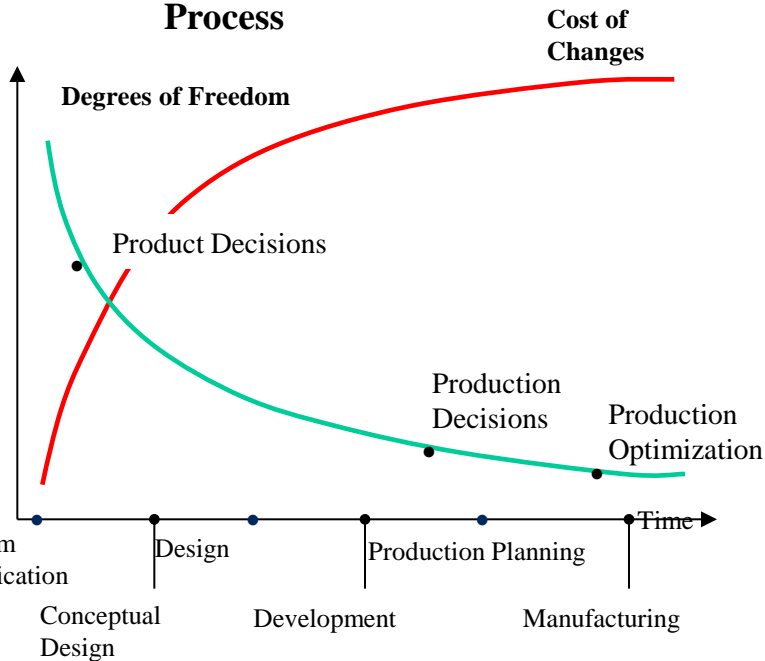


Decision making

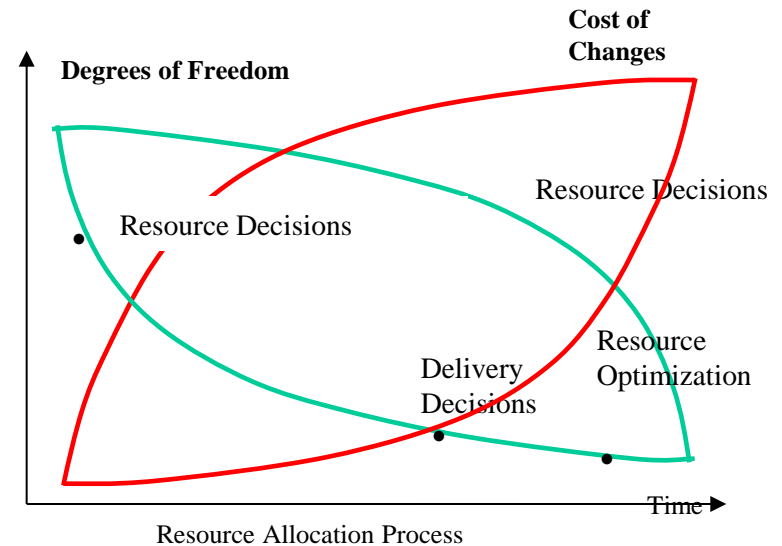
key for flexibility

- Early decisions impacts flexibility and cost.

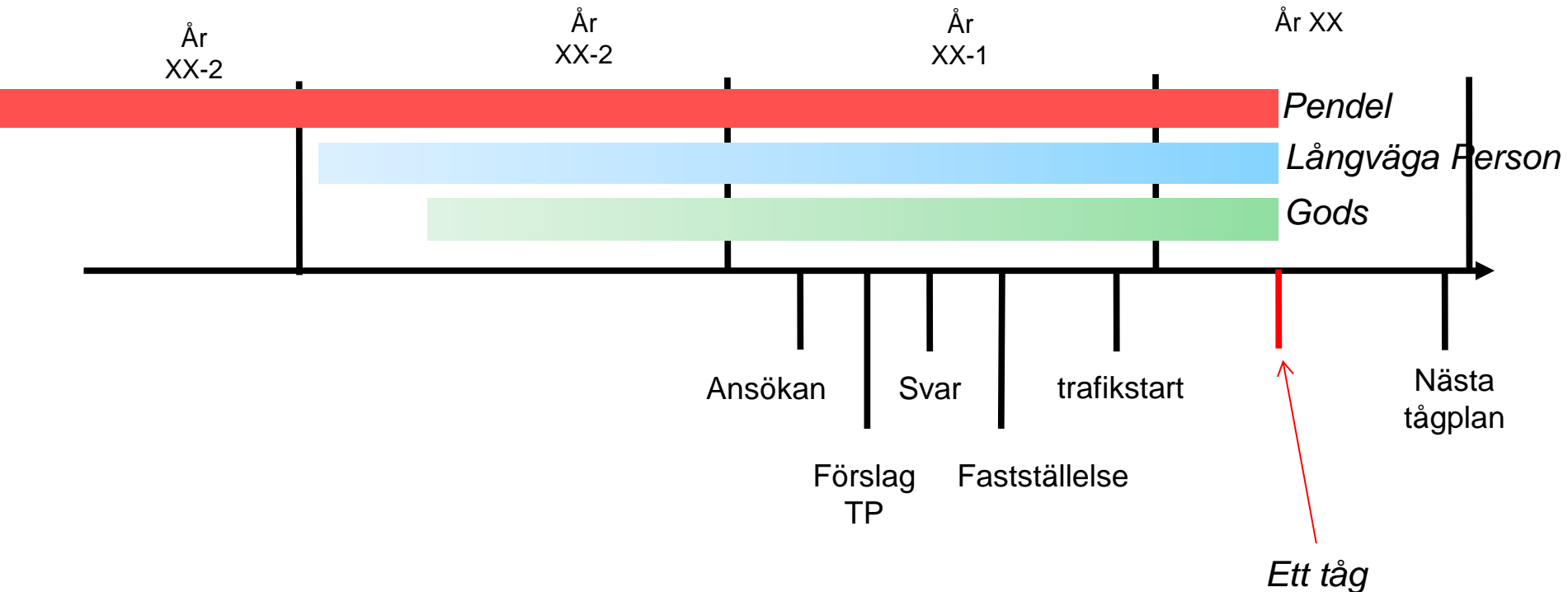
Product Development Process



Resource Planning

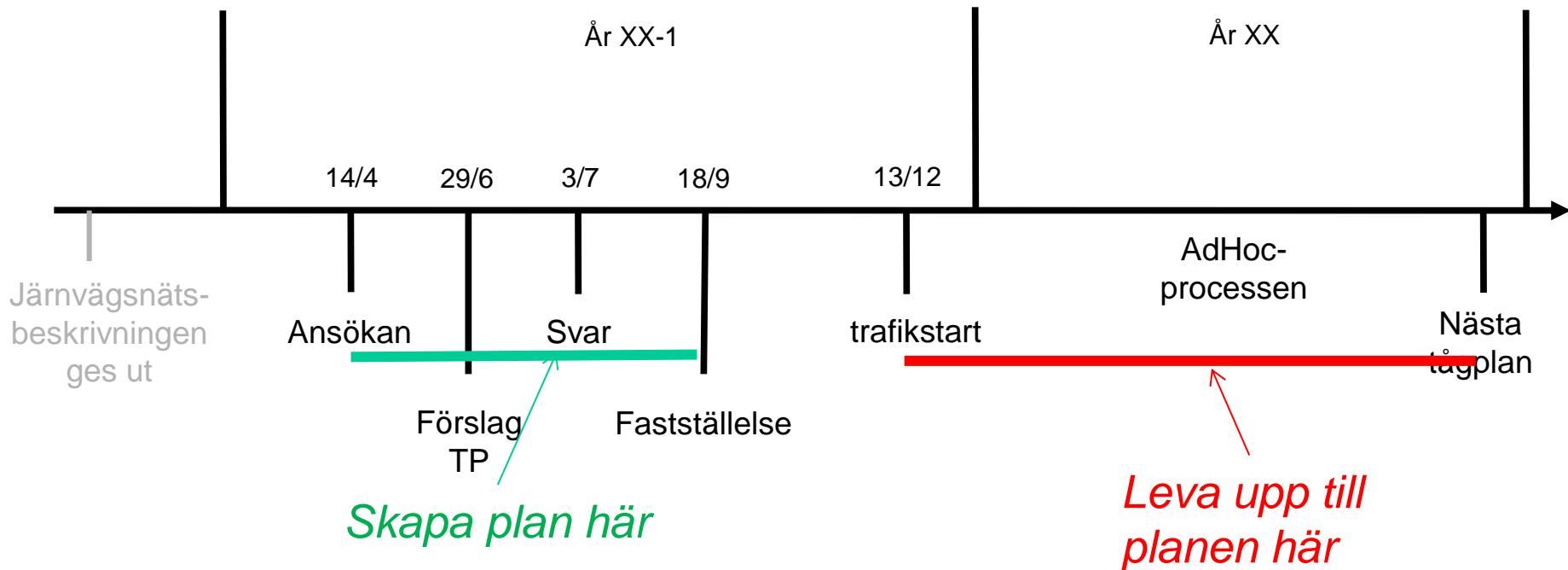


Hur långt i förväg "vet" AS behovet?



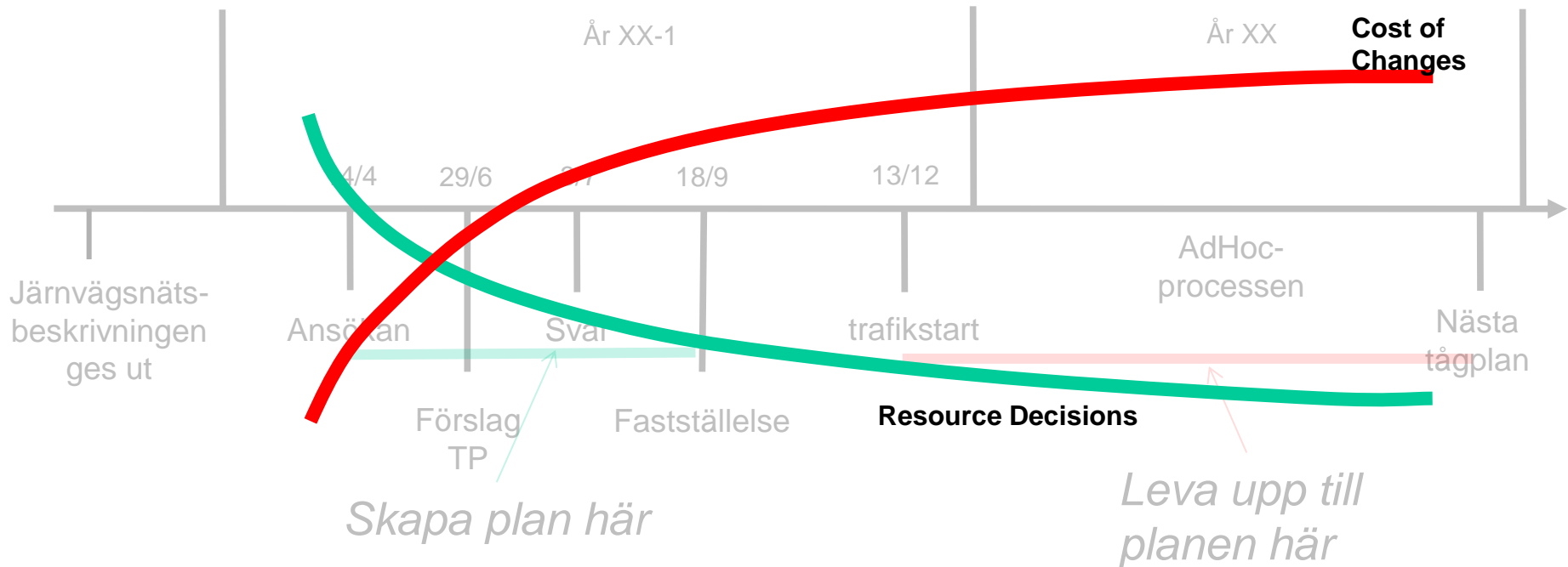
Tågplaneprocessen

Tidplan för kapacitetstilldelning Tågplan TXX *Cirkadatum för processen*



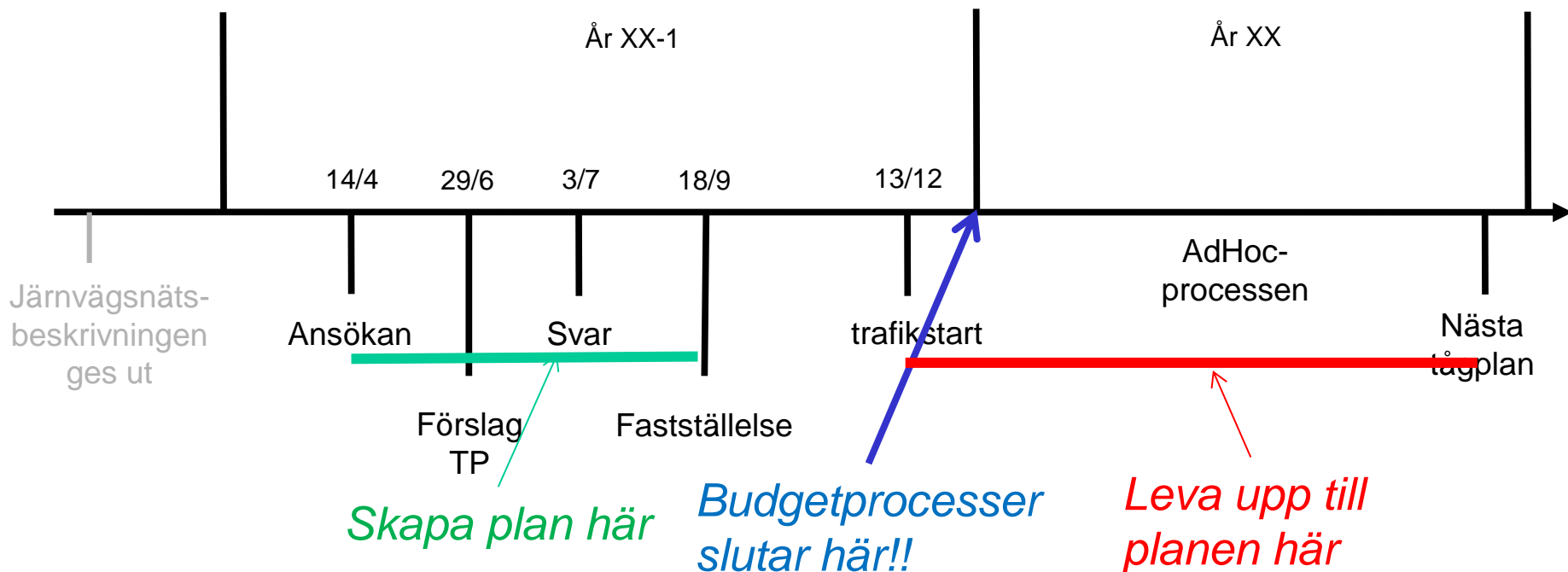
Tågplaneprocessen

Tidplan för kapacitetstilldelning Tågplan TXX *Cirkadatum för processen*



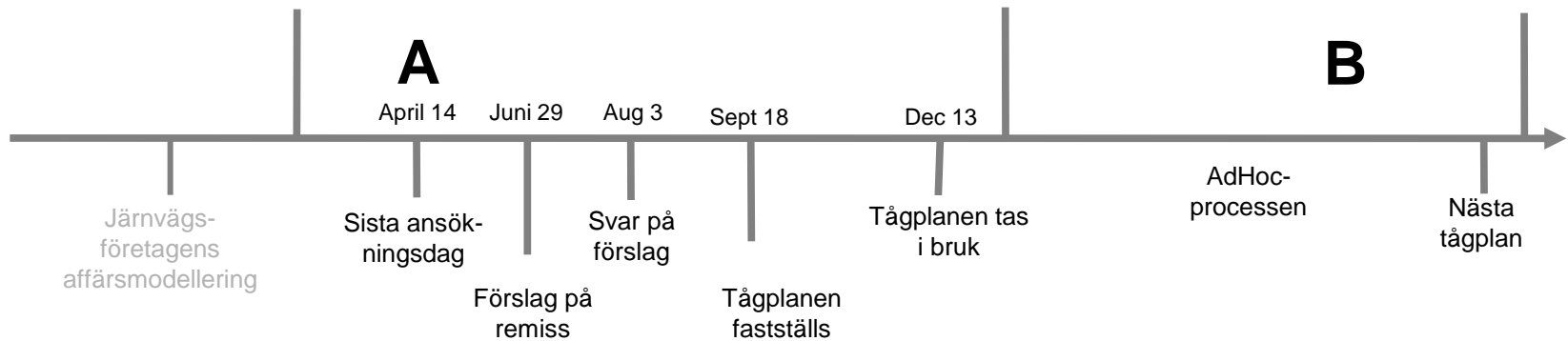
Tågplaneprocessen

Tidplan för kapacitetstilldelning Tågplan TXX *Cirkadatum för processen*



Tågplaneprocessen

- Planering och genomförande TXX



- Inte händer det väl något mellan A och B...?
 - *Inget “Lehman Brothers” ...*
 - *Samma väder året runt...*
 - *Inga nya kontrakt...*
 -

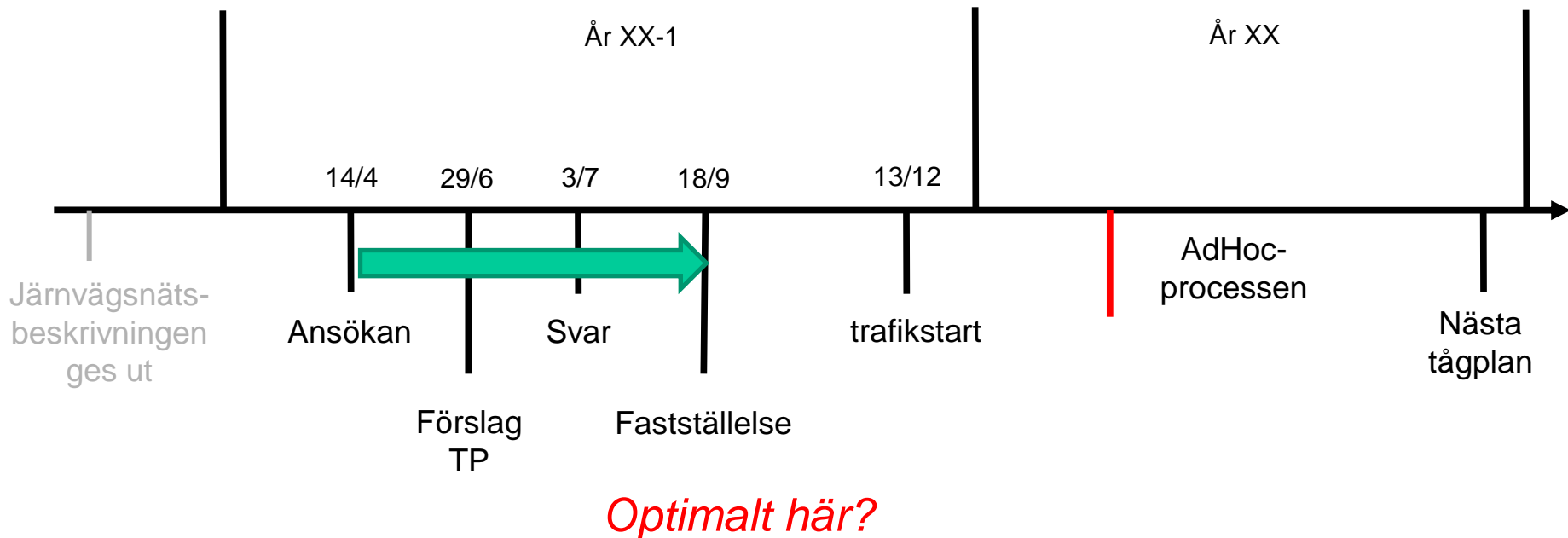
Var finns den optimala tågplanen?

Tidplan för kapacitetstilldelning Tågplan TXX *Cirkadatum för processen*



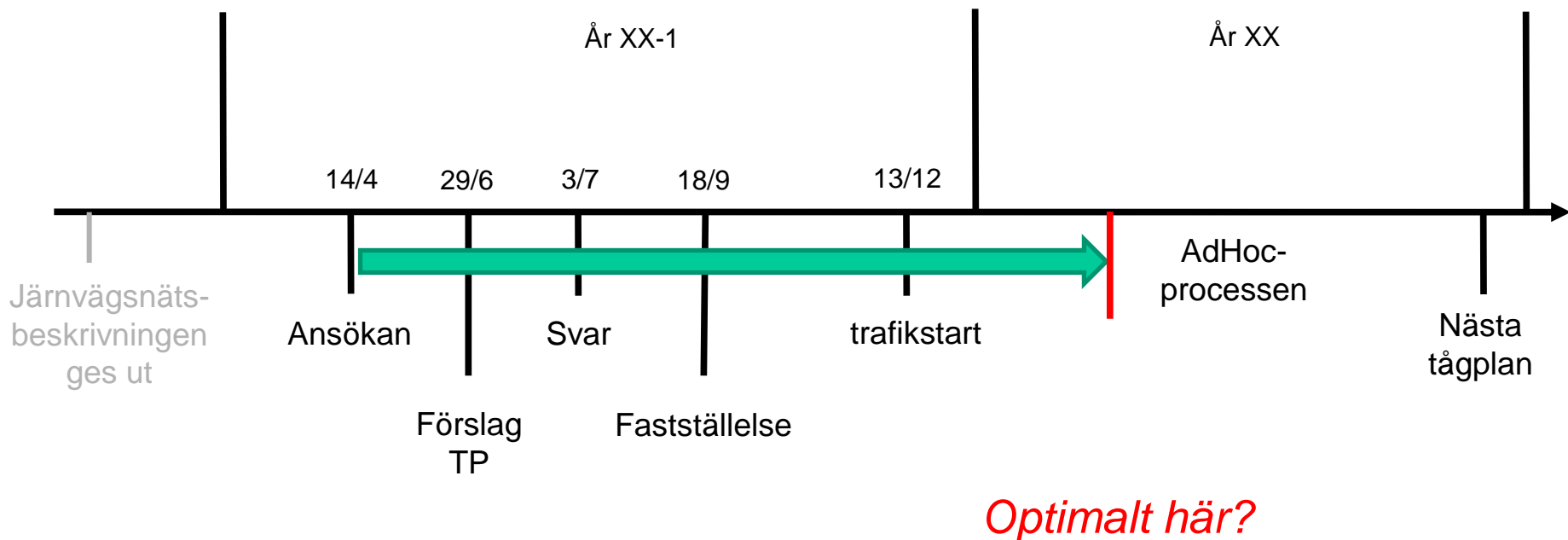
Var finns den optimala tågplanen?

Tidplan för kapacitetstilldelning Tågplan TXX *Cirkadatum för processen*

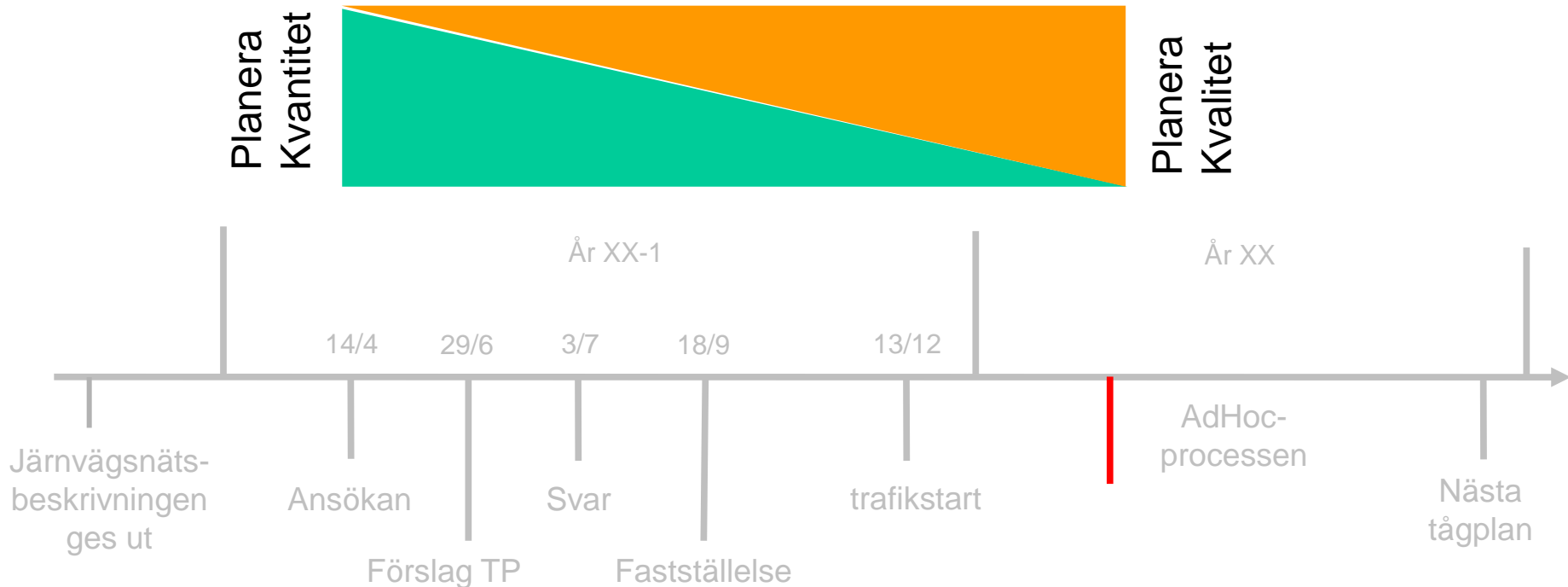


Var finns den optimala tågplanen?

Tidplan för kapacitetstilldelning Tågplan TXX *Cirkadatum för processen*



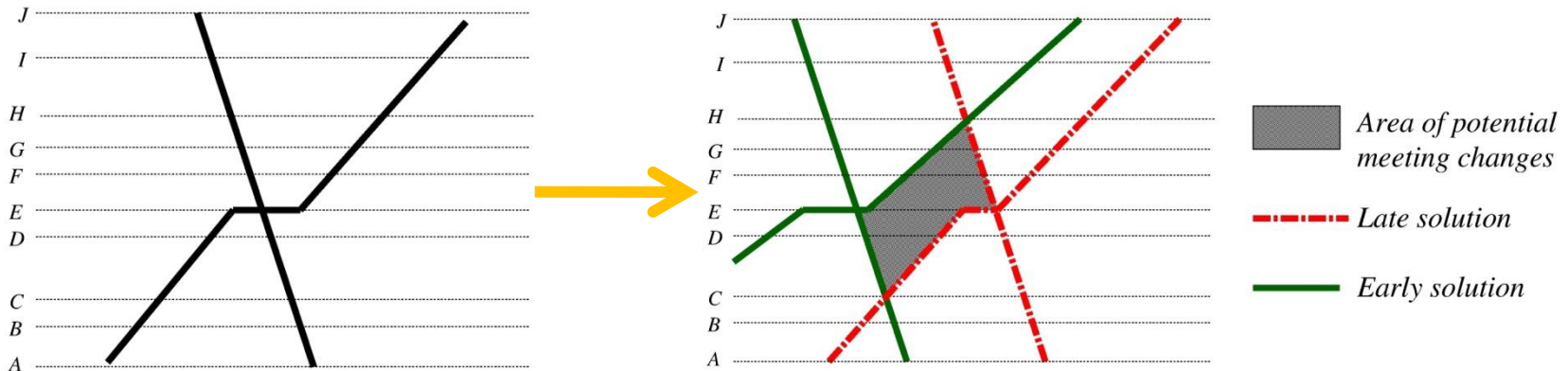
Olika fokus i processen



- Optimera kvantitet så att det går att optimera kvalitet senare

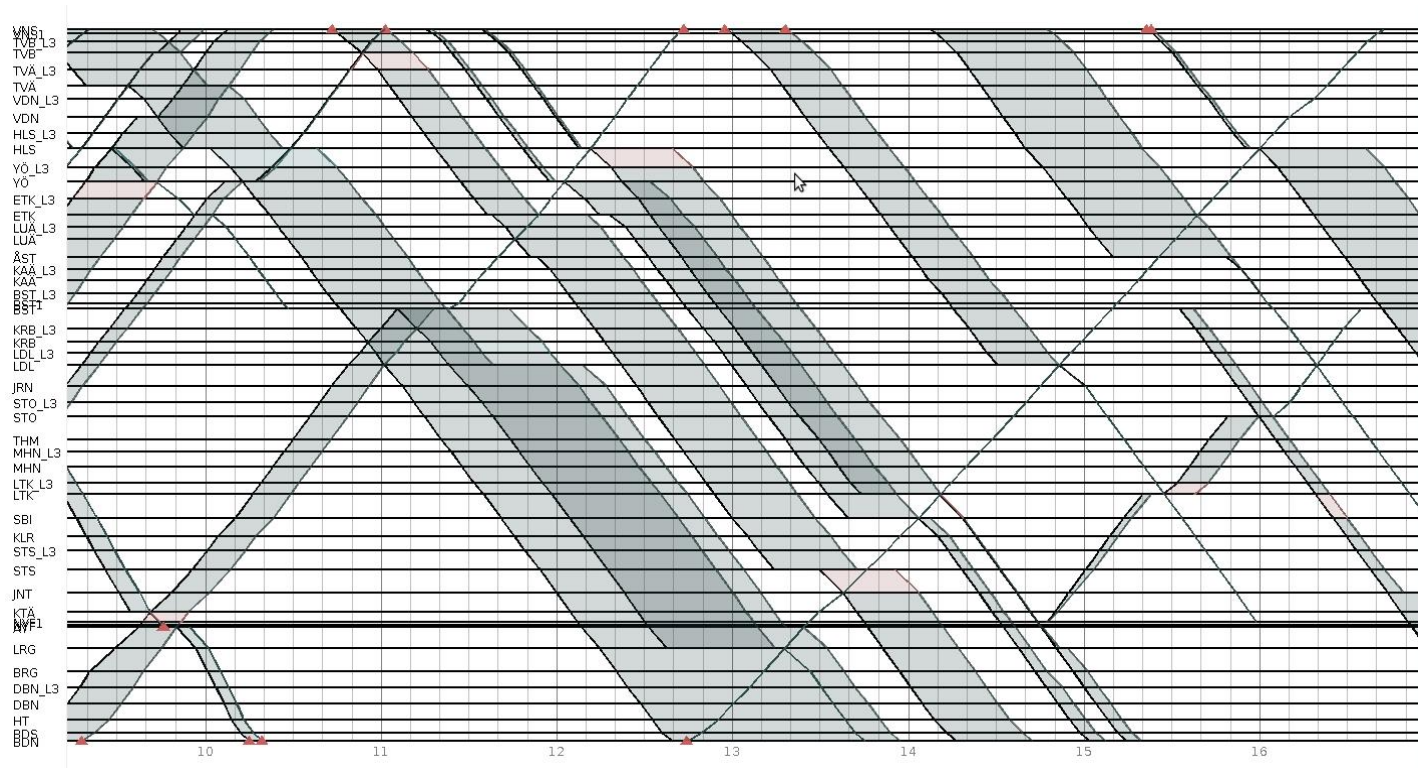
Exempel 1: produktionsoptimering

Beräkning av tillgängligt utrymme



- Skapa två lösningar, en tidig och en sen
 - Maximera ytan emellan
 - Utrymmet emellan utgör de kvarstående valmöjligheterna
- Finn robust optimum däremellan!
 - TKL kan påverka i y-led
 - Tågets hastighet påverkar i X-led

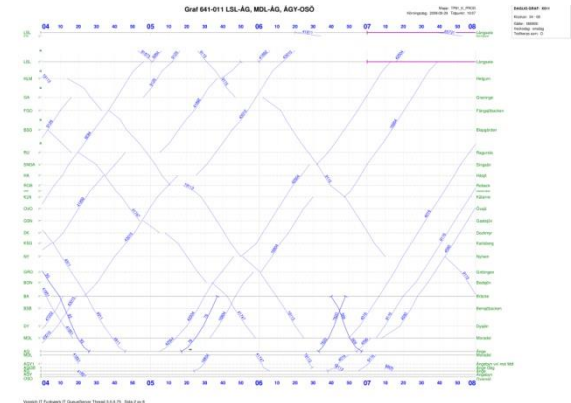
Exempel 1: Beräkning av tillgängligt utrymme



- Optimal förläggning inom tillgängligt utrymme

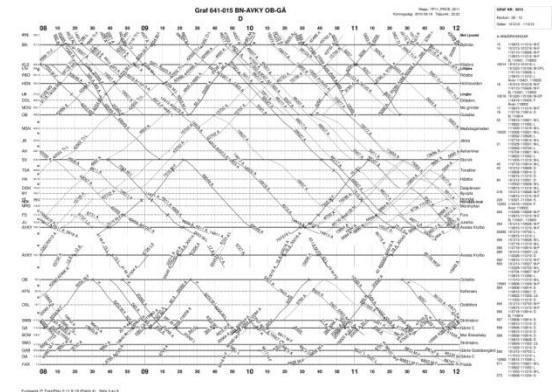
Exempel 2: Produktionsoptimering

- Optimering av transporttid
SICS optimeringsmodell "Marackasen"
- All trafik norr om Bräcke
dag 200 T10; tdt-teknisk tid i sekunder
 - Original: 280 420
 - Optimerat: 246 004
Alla möten bibehållna!
 - Skillnad: 34 416, **12 %**
38 251 inkl. färre accelerationer och decelerationer
 - Exekveringstid (laptop): 1.65 sekunder
- Bräcke, dag 100
 - Original: 179 992
 - Optimerad: 155 509
 - Skillnad: 24 483, **14 %**
27 440 inkl. acc och dec.
 - Exekveringstid: 0.23 sekunder
- Bräcke, dag 150
 - Original: 277 728
 - Optimerat: 248 196
 - Skillnad: 29 532, **11 %**
32 042 inkl. acc och dec
 - Exekveringstid: 0.79 sekunder



Exempel 2: Jämförelse, årsplanen

- Bräcke, helår
 - Original: 89 218 787
 - Optimerat: 85 347 726
 - Skillnad: 3 871 061, **4.3 %**
5 146 350 inkl. färre accelerationer och decelerationer
 - Exekveringstid (laptop): 3.71 sekunder



Sammanfattning

- Flera olika kriterier
 - Genomförande-optimalt
Kvalitet
 - Framtidssäkrat optimalt
Många kvarvarande alternativ
 - Samhällsekonomiskt optimalt
Motsvarar intäkt
 - Rättvist
 - Mellan aktörer
 - Mellan olika tågslag
- Vi **vet** att förutsättningarna kommer att ändras med tiden, därmed förändras optimaliteten (och lösningarna) också över tid!

Slut

Tack för uppmärksamheten

Mer info på tp2015.sics.se

Martin Aronsson

SICS/DNA

martin@sics.se

-
- Vem avgör att det är optimalt?
 - I varje enskilt fall?
 - Principerna för optimalitet
 - Aktörerna själva?