



BERÄKNINGSMETODER FÖR DEN FRAMTIDA TÅGPLANEPROCESSEN

Att ta fram avtalstider

Sara Gestrelius

Martin Aronsson

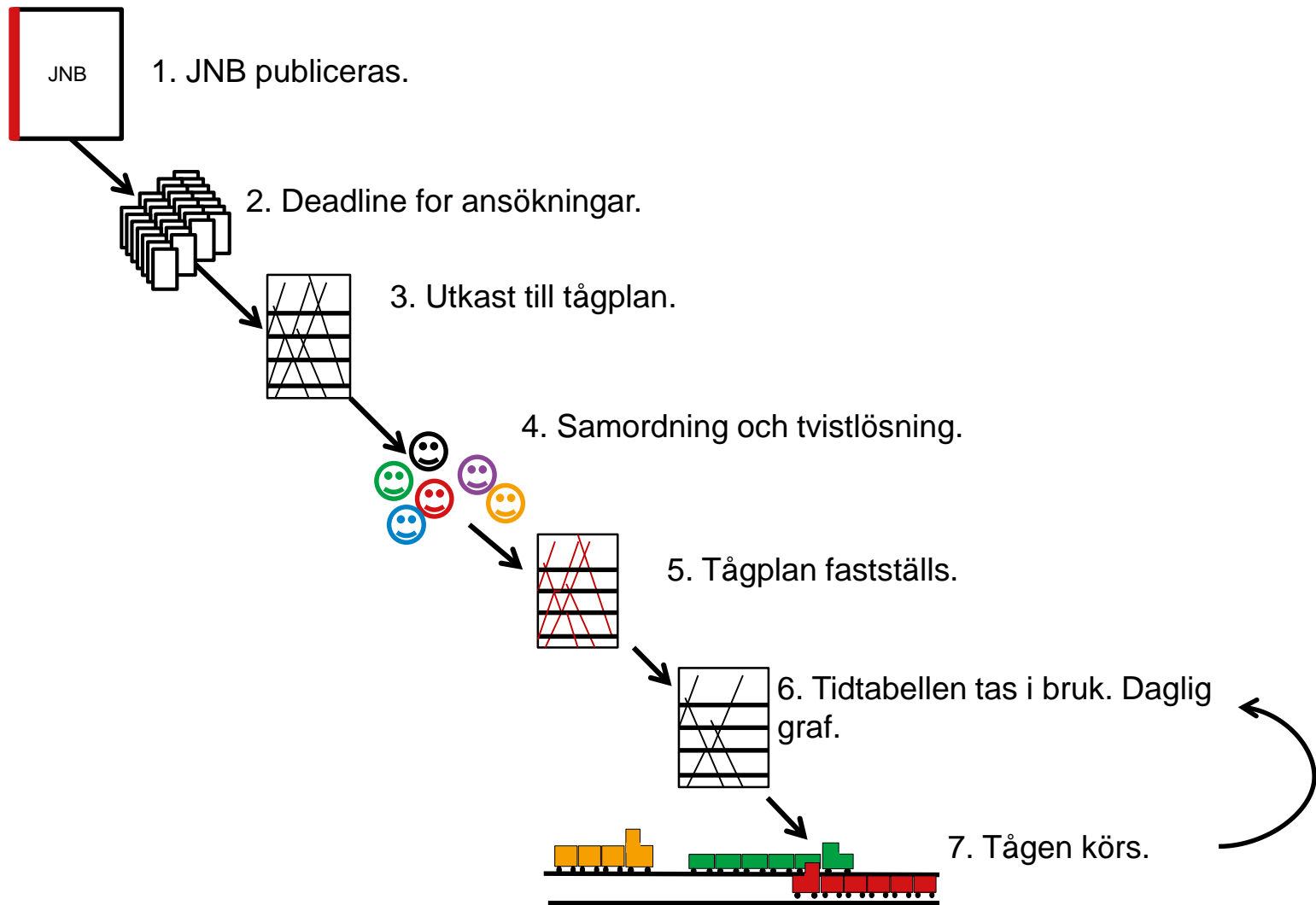


TRAFIKVERKET

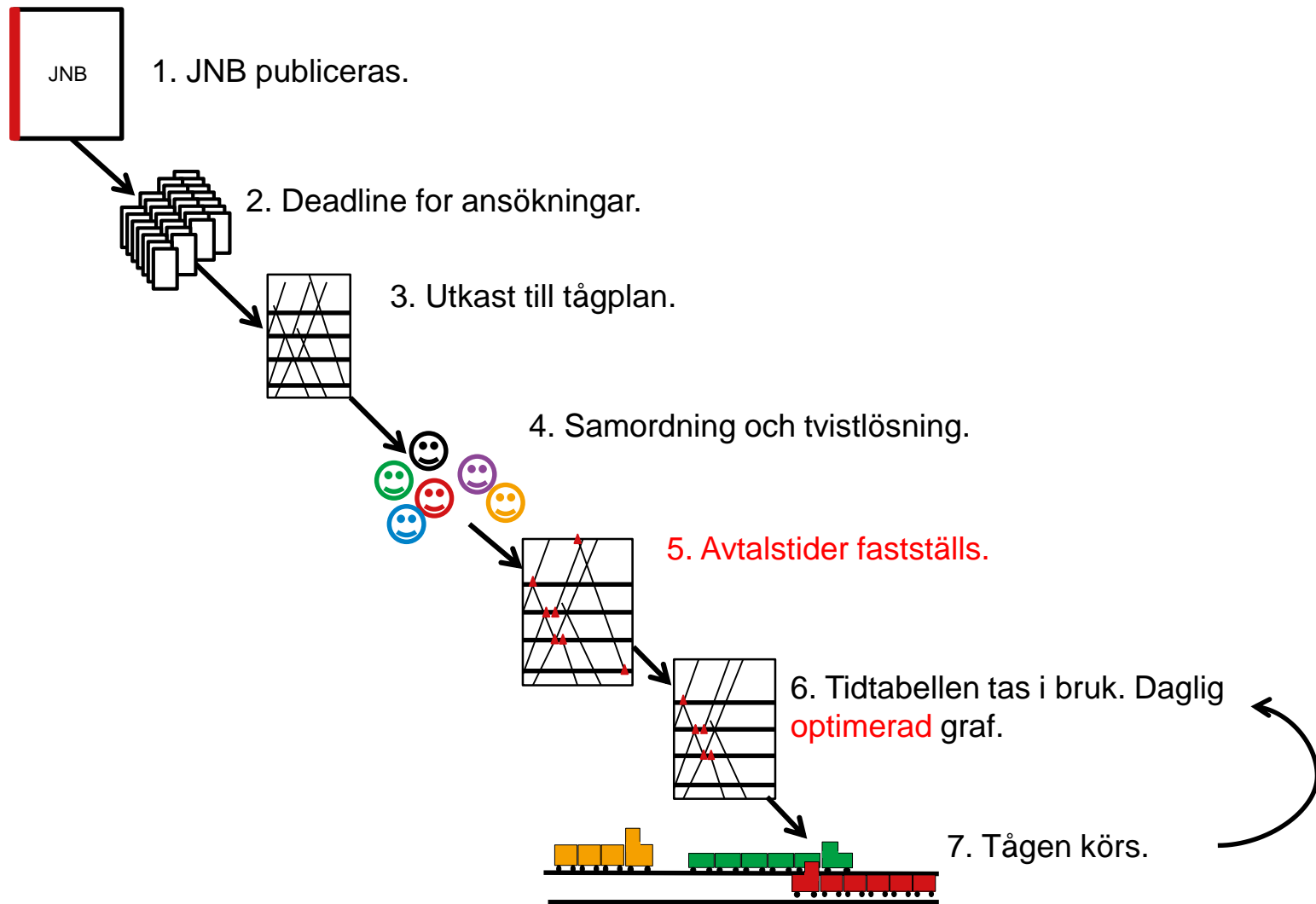
SWEDISH
ICT

SICS

DAGENS PROCESS

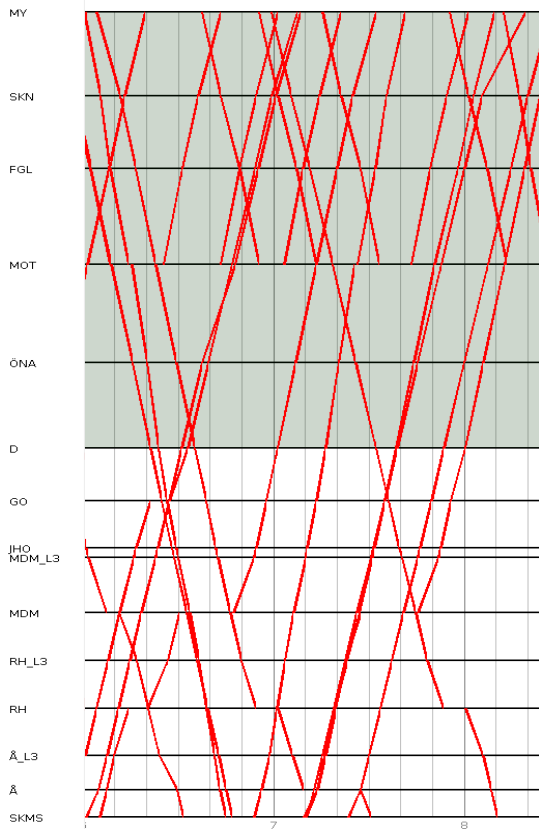


FRAMTIDENS PROCESS



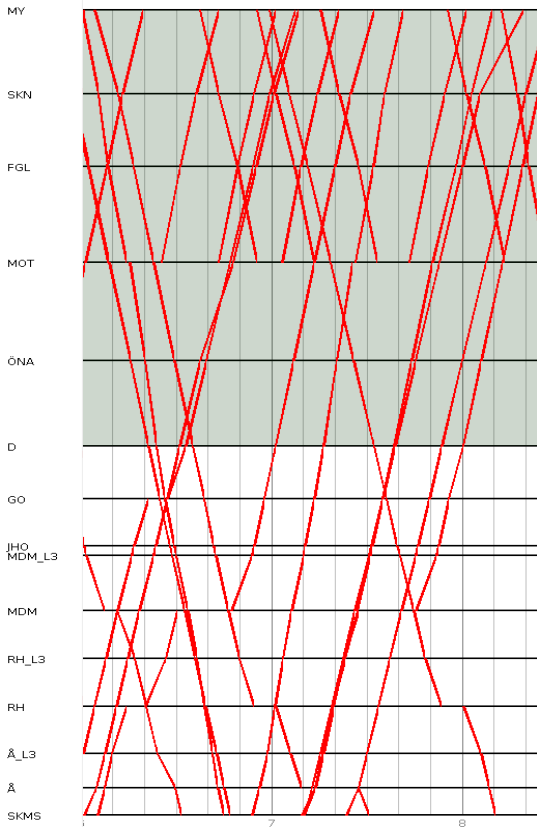
VAD ÄR SKILLNADEN?

Fastställda tåglägen

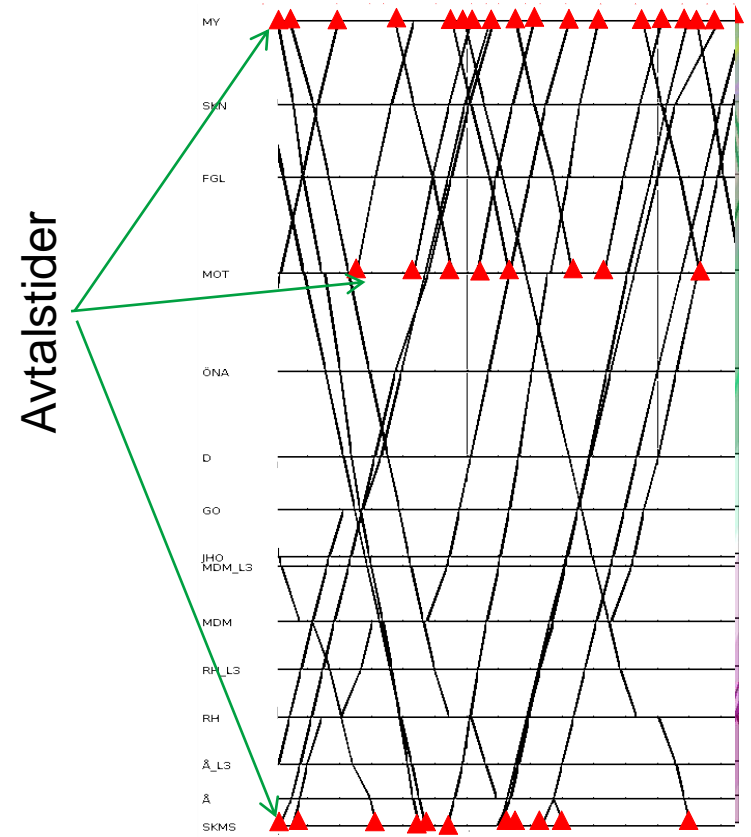


VAD ÄR SKILLNADEN?

Fastställda tåglägen

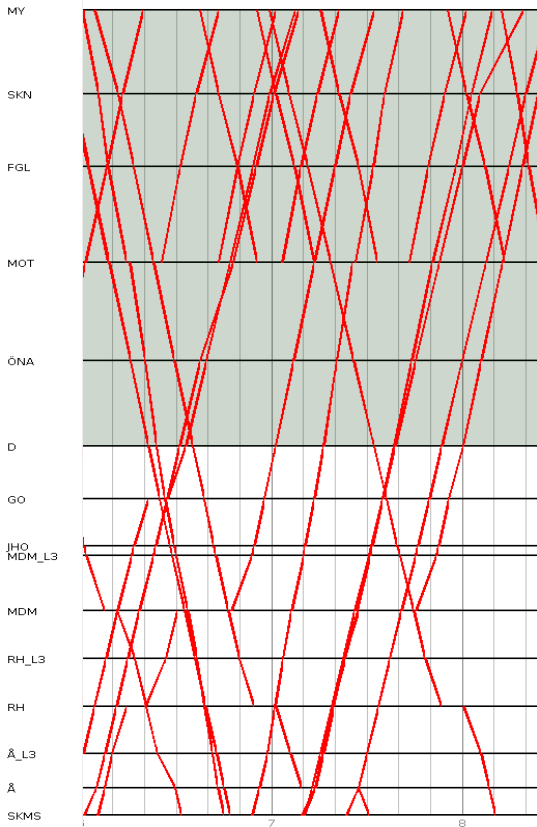


Fastställda avtalstider

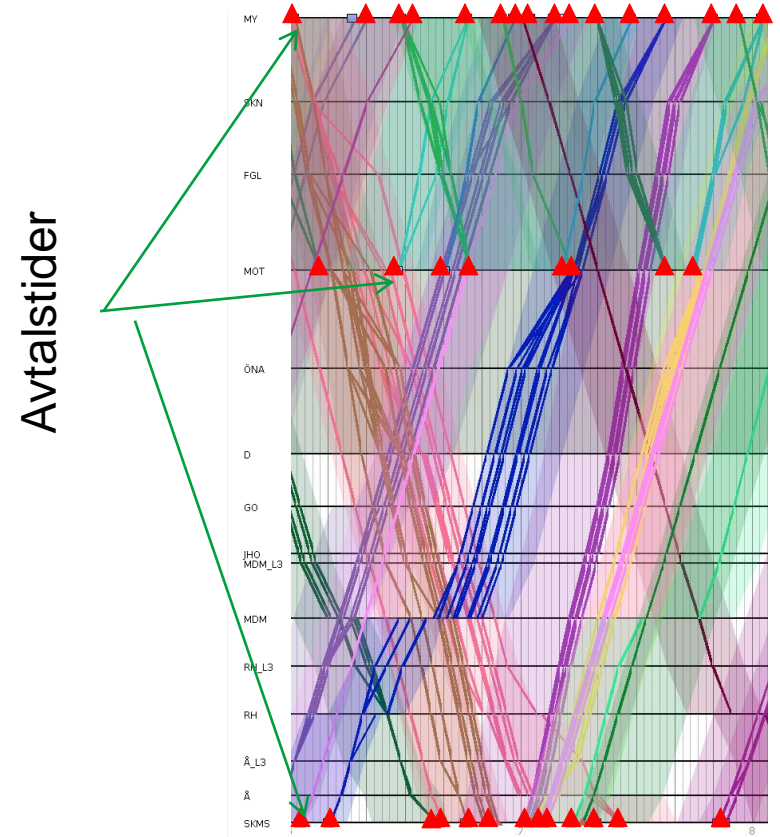


VAD ÄR SKILLNADEN?

Fastställda tåglägen

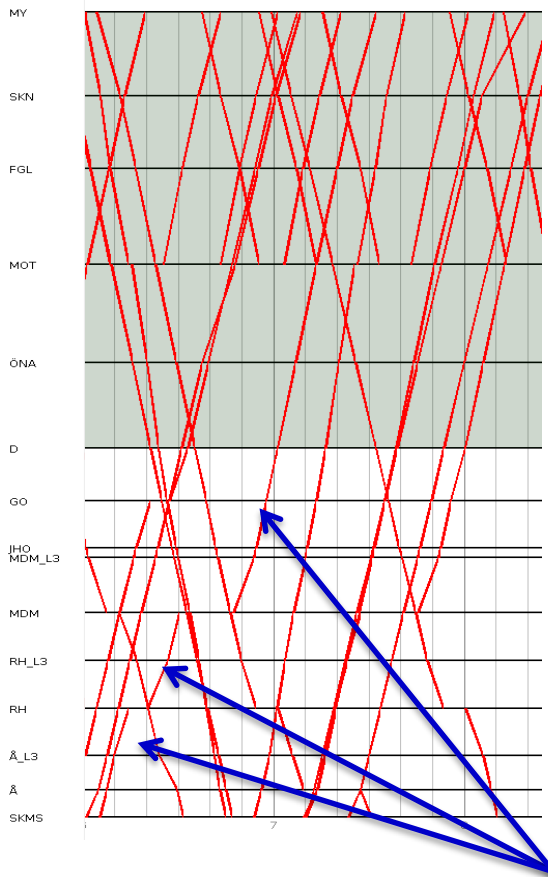


Fastställda avtalstider



VAD ÄR SKILLNADEN?

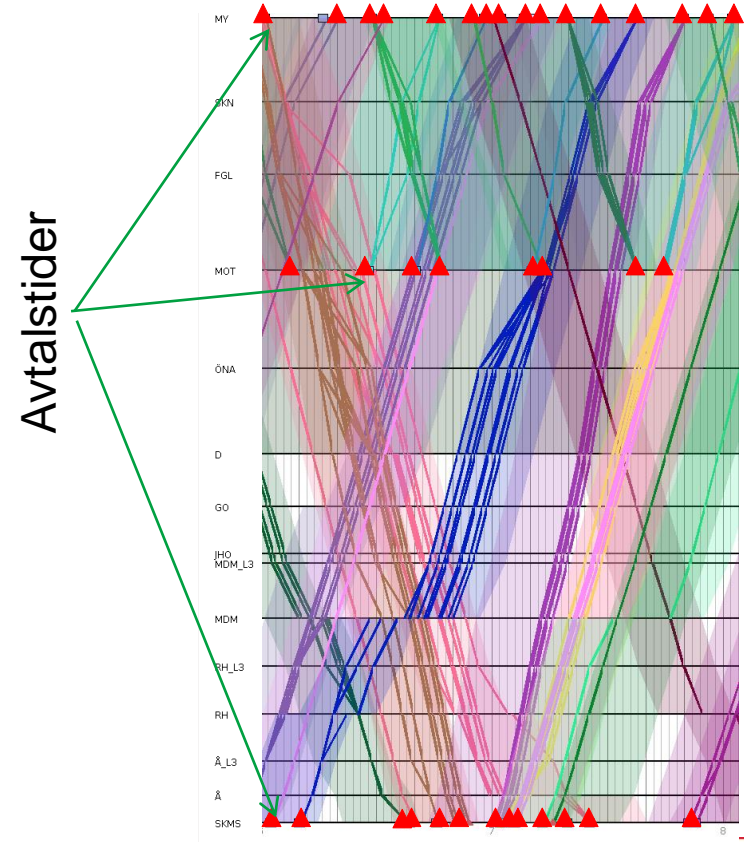
Fastställda tåglägen



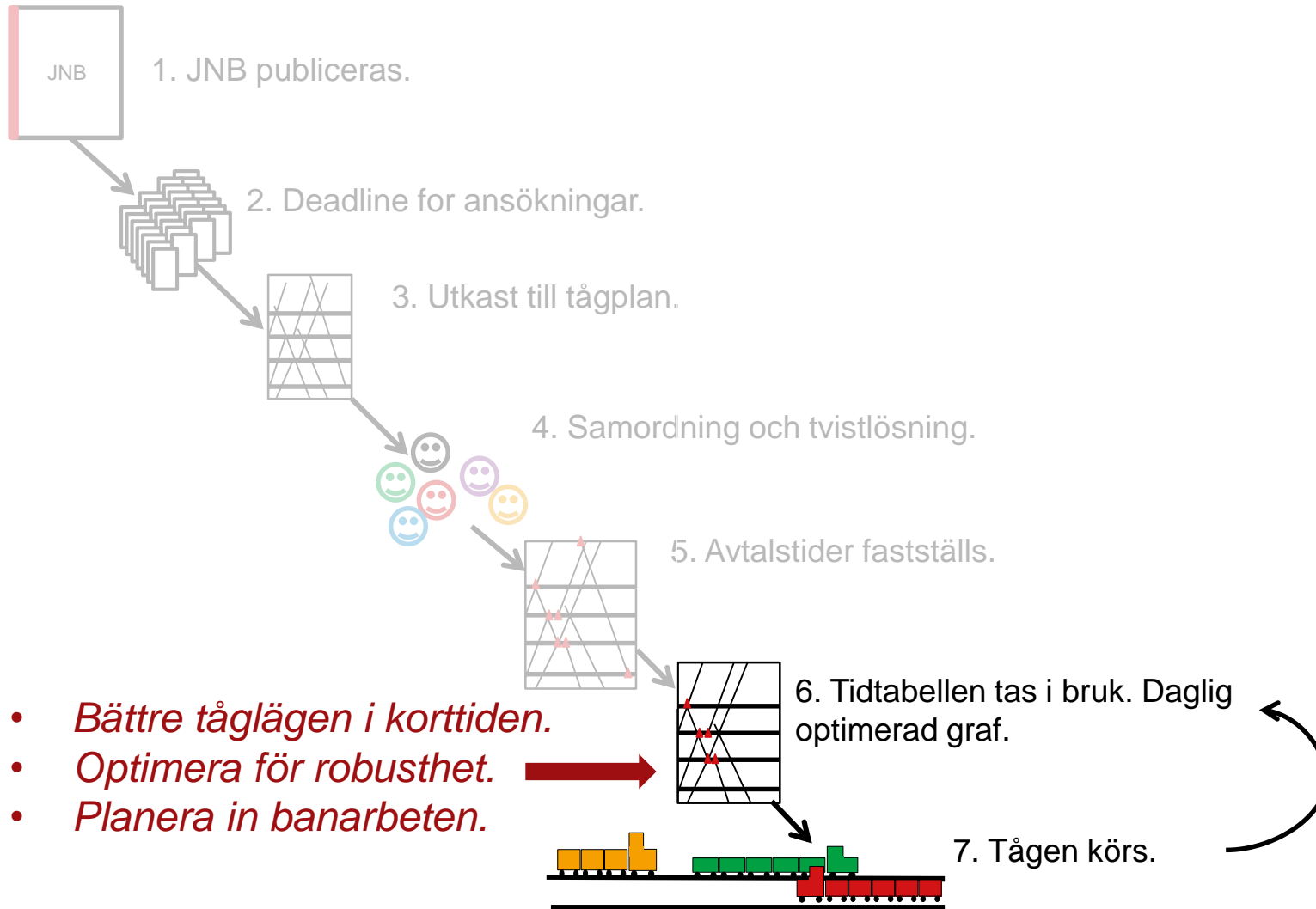
www.sics.se

Det blåa tåget

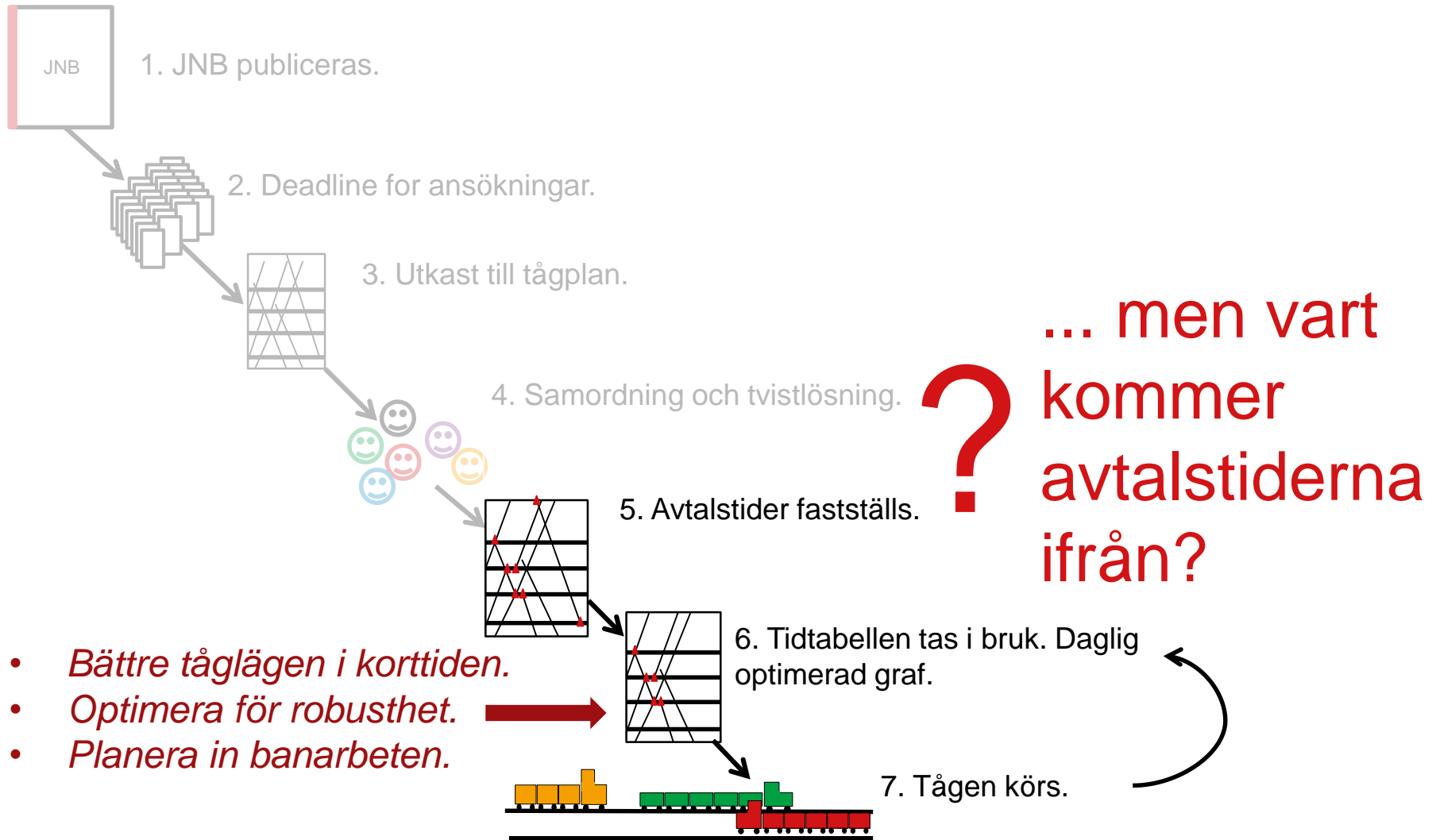
Fastställda avtalstider



FRAMTIDENS PROCESS



FRAMTIDENS PROCESS



KRAV PÅ BRA AVTALSTIDER

1. Snabbhet.
2. Lösbart tidtabellsproblem.
3. Effektiva tåglägen.
4. Uppfyller sökandes önskningar.

ANSATS

1. Planera rullande och få en kontrolltidtabell som täcker hela året.

ANSATS

1. Planera rullande och få en kontrolltidtabell som täcker hela året.

- Varje dag har en egen tidtabell (och de daliga tidtabellerna matchar vid dygnsövergångar och kan sättas ihop till en tidtabell för hela året)

ANSATS

1. Planera rullande och få en kontrolltidtabell som täcker hela året.

- Varje dag har en egen tidtabell (och de daliga tidtabellerna matchar vid dygnsövergångar och kan sättas ihop till en tidtabell för hela året)
- Effektivt utnyttjande av kapacitet.

ANSATS

1. Planera rullande och få en kontrolltidtabell som täcker hela året.

- Varje dag har en egen tidtabell (och de daliga tidtabellerna matchar vid dygnsövergångar och kan sättas ihop till en tidtabell för hela året)
- Effektivt utnyttjande av kapacitet.

2. Extrahera avtalstider genom analys av tider från kontrolltidtabellen.

ANSATS

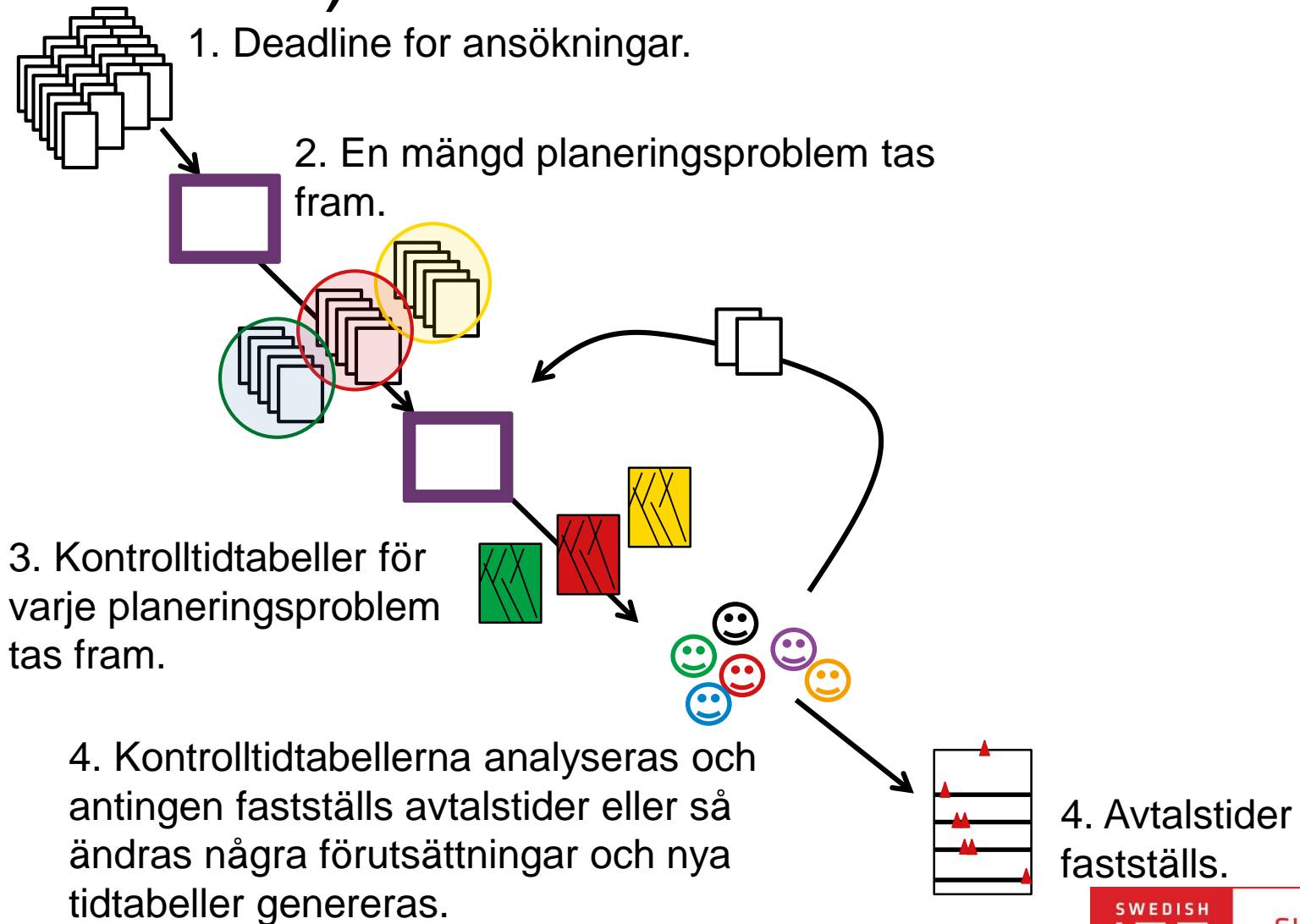
1. Planera rullande och få en kontrolltidtabell som täcker hela året.

- Varje dag har en egen tidtabell (och de daliga tidtabellerna matchar vid dygnsövergångar och kan sättas ihop till en tidtabell för hela året)
- Effektivt utnyttjande av kapacitet.

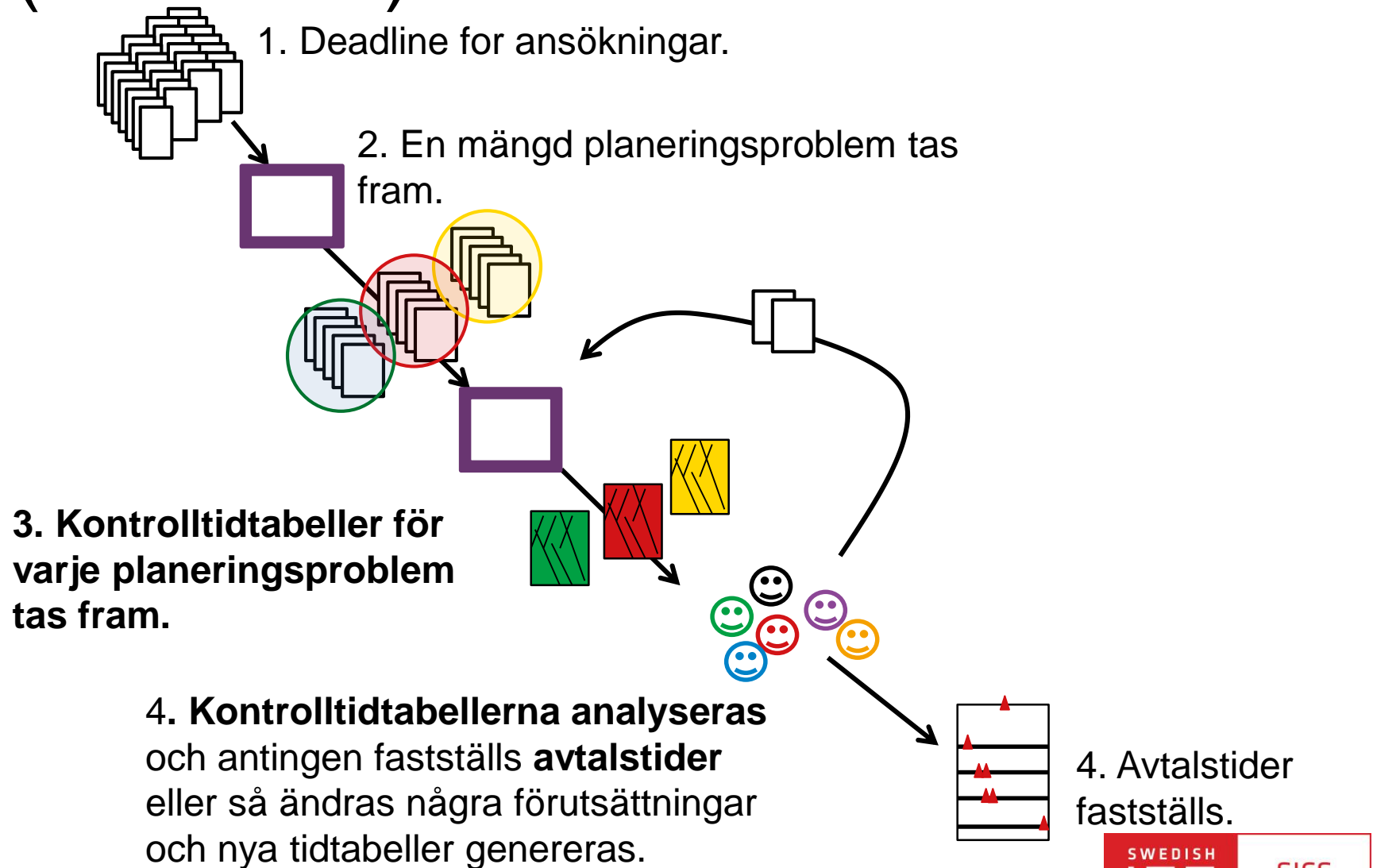
2. Extrahera avtalstider genom analys av tider från kontrolltidtabellen.

- Garantera lösbarhet

FRAMTIDENS PROCESS (KANSKE)

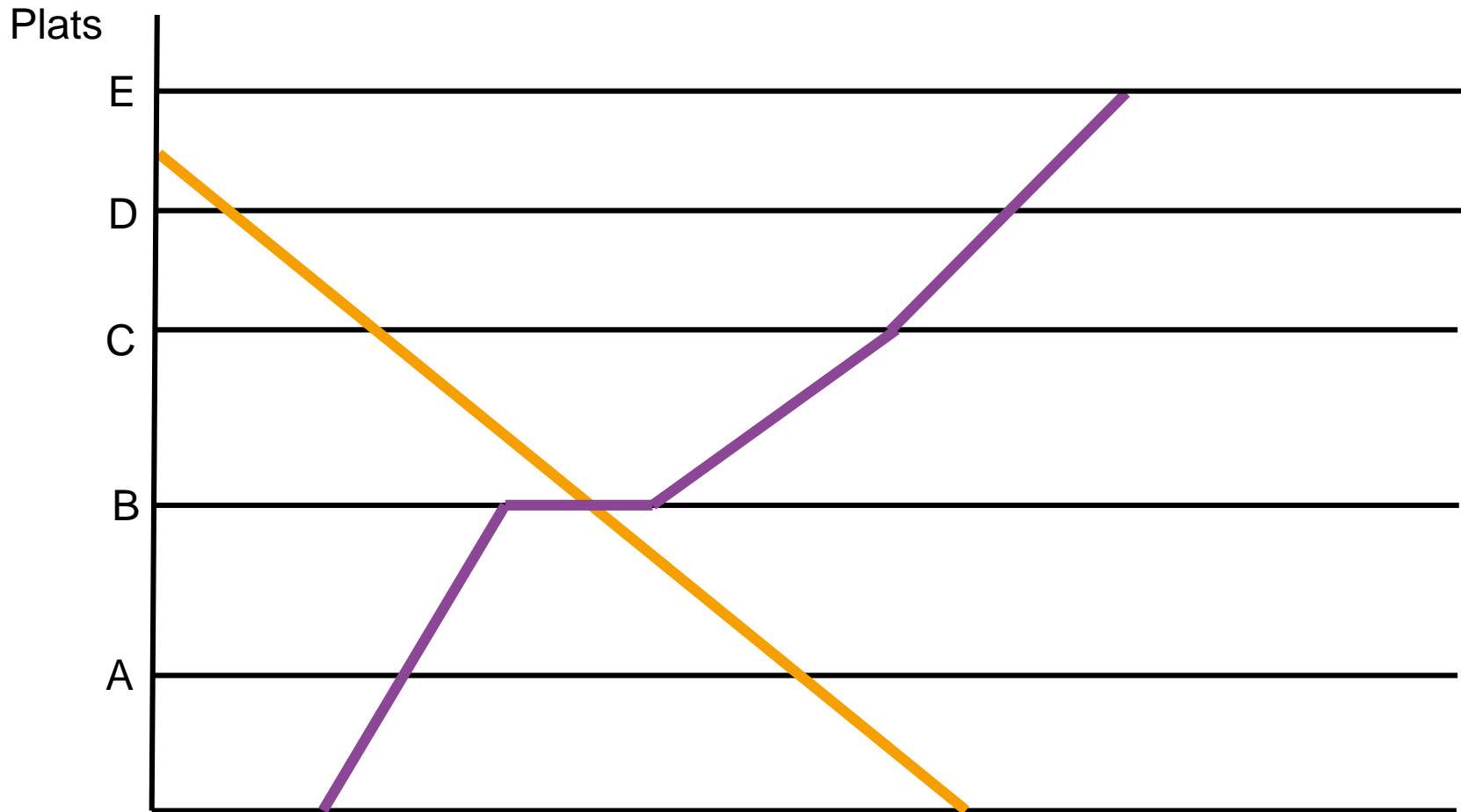


FRAMTIDENS PROCESS (KANSKE)

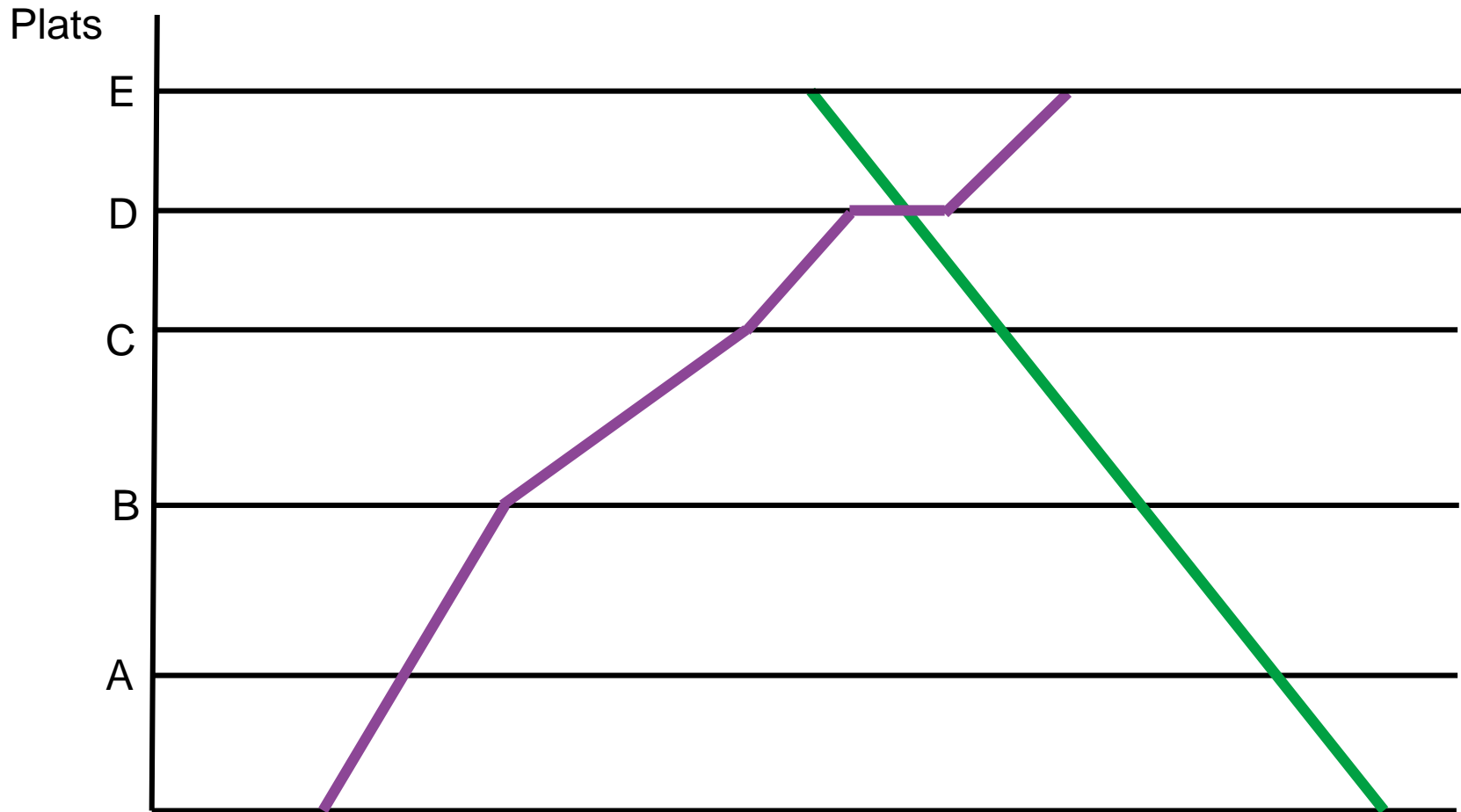


MEN SPELAR DET NÅGON ROLL
OM VI PLANERAR VARJE DAG
INDIVIDUELLT?

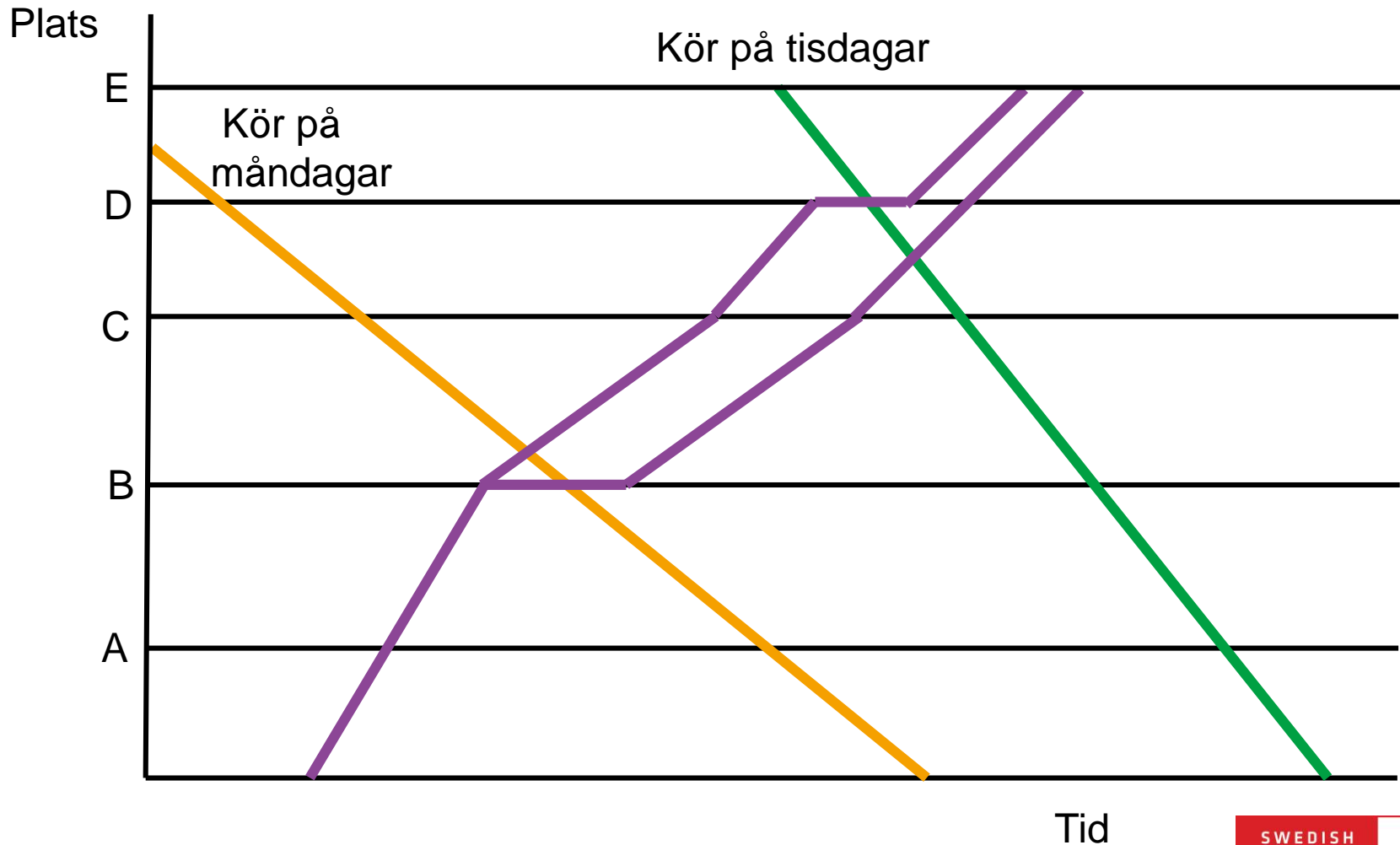
MÅNDAG



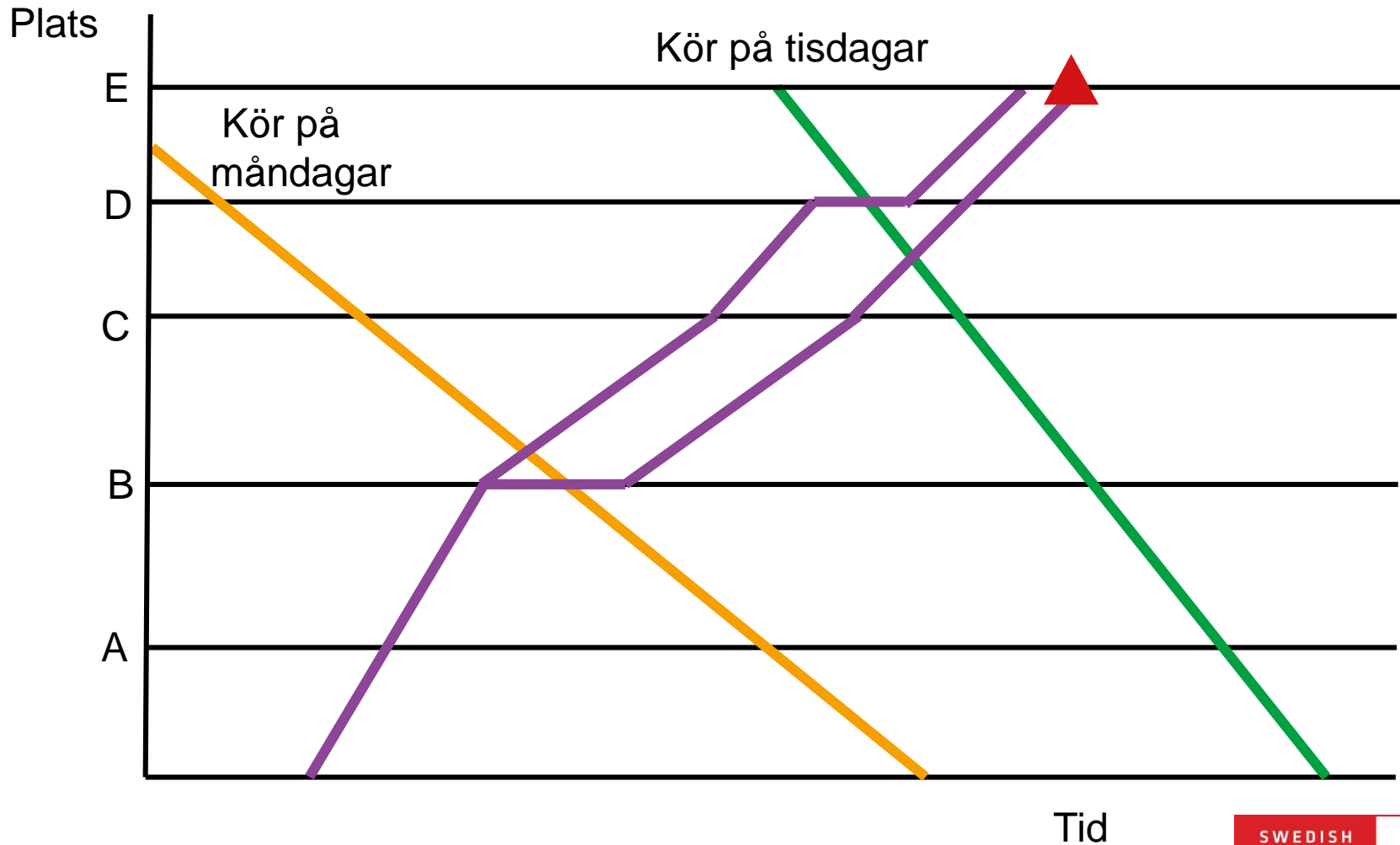
TISDAG



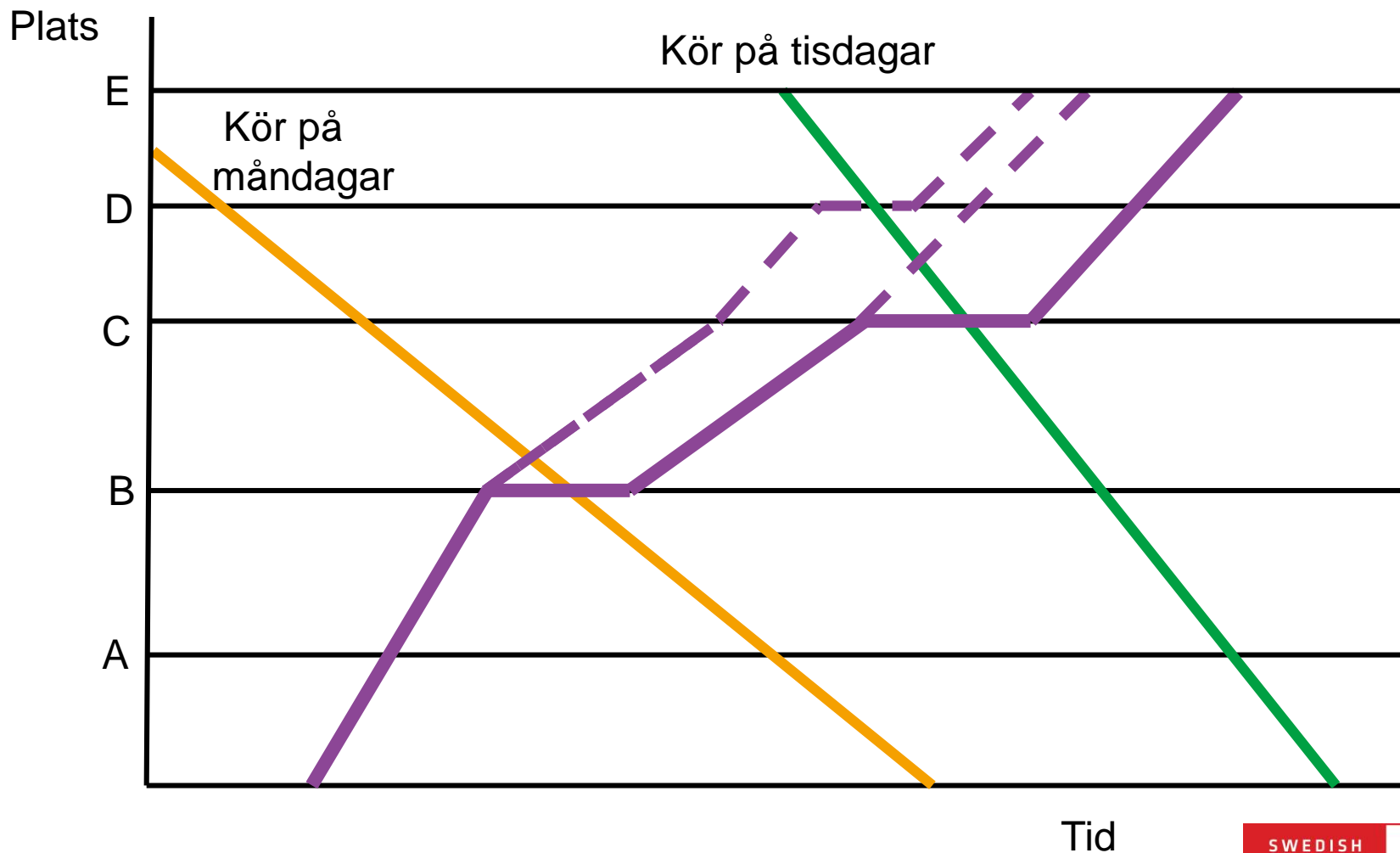
MÅNDAG OCH TISDAG



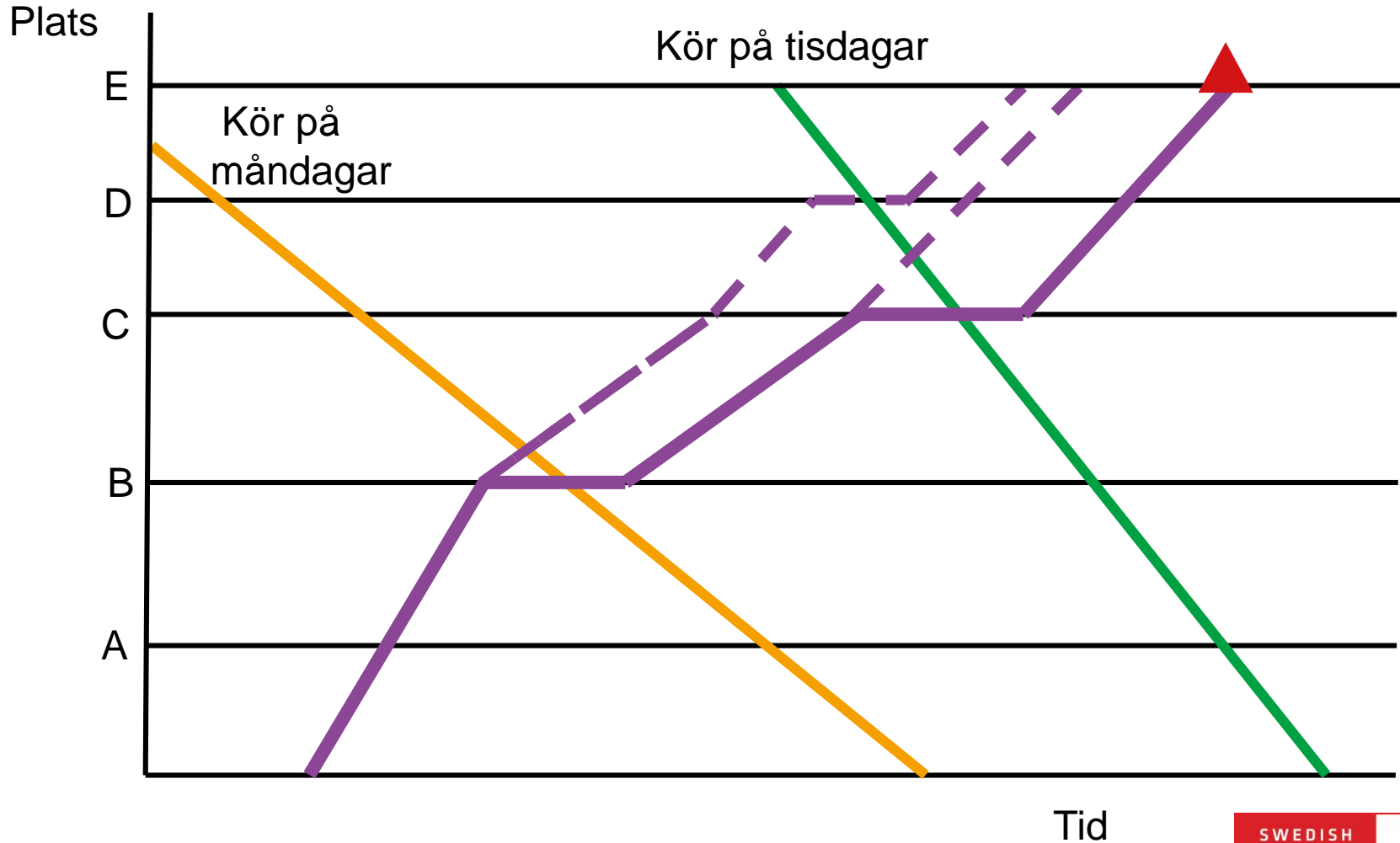
AVTALSTID



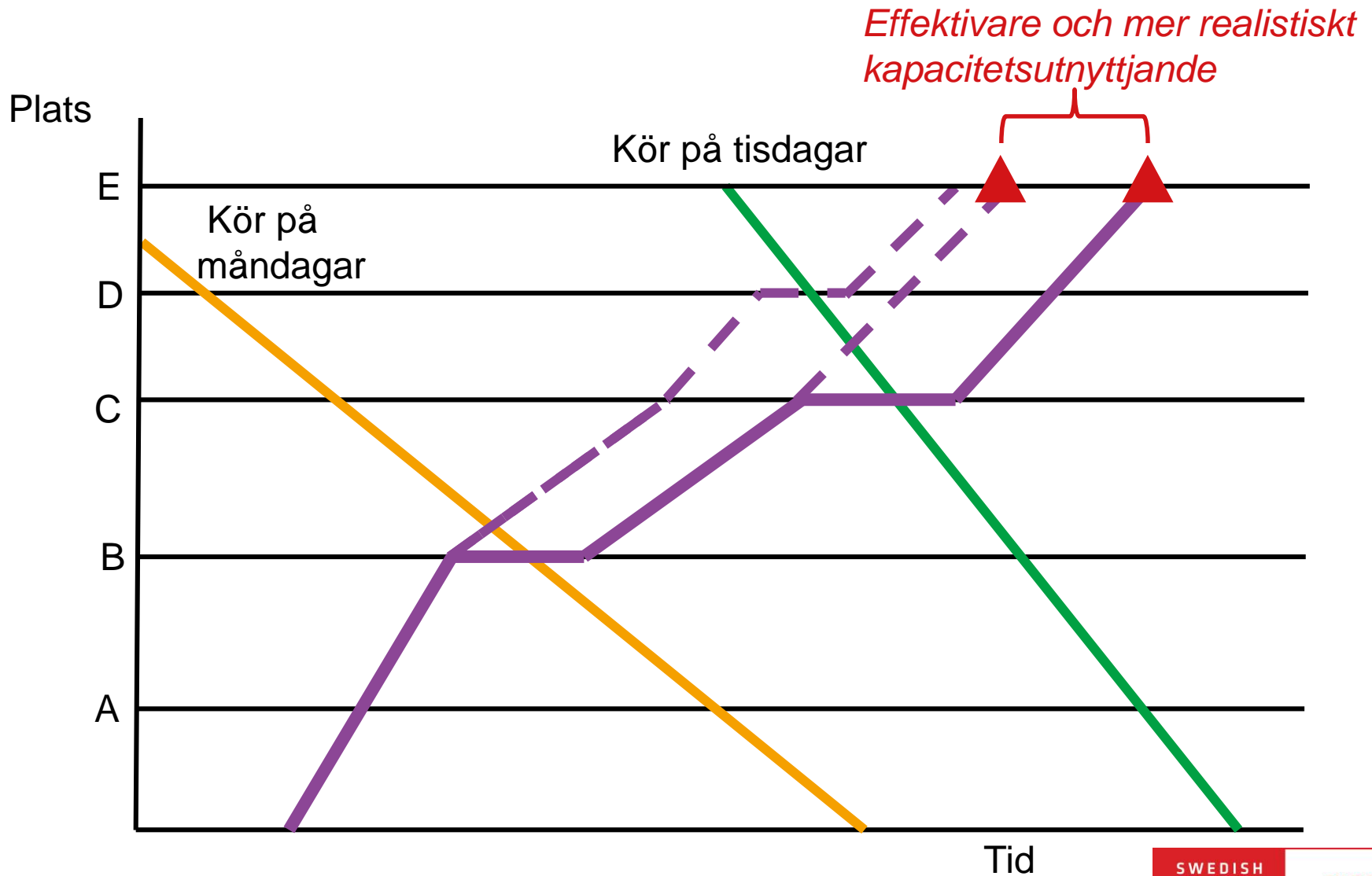
DAGENS PROCESS



AVTALSTID DAGENS PROCESS



AVTALSTID - SKILLNAD



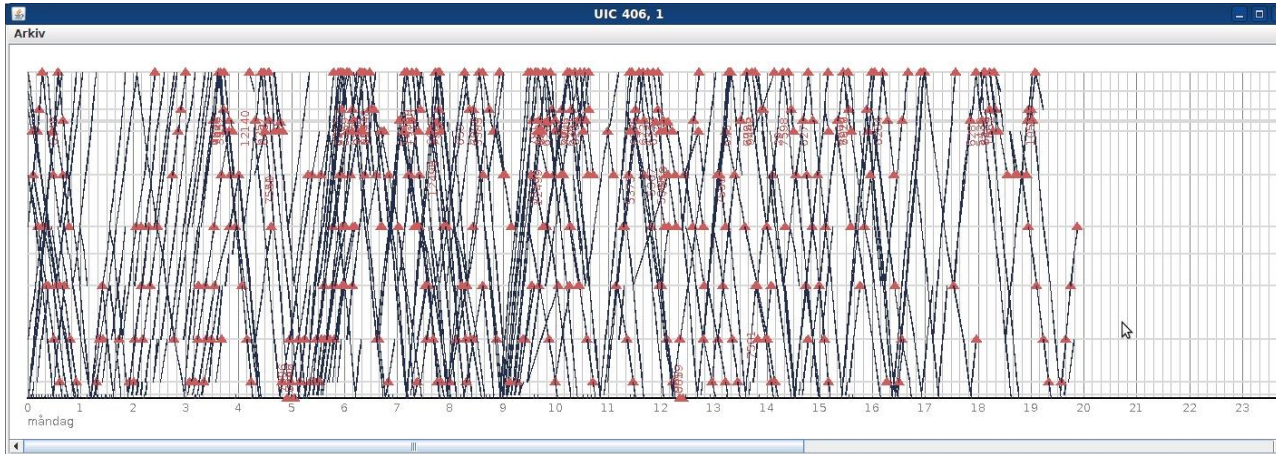
MÅNGA KÖRDAGAR ÄR UNIKA

Område	Unika dagar	Upprepas färre än 5 gånger
Hela Sverige	314	364
Skymossen-Mjölby	46	114

Från T14 vid fastställelse.

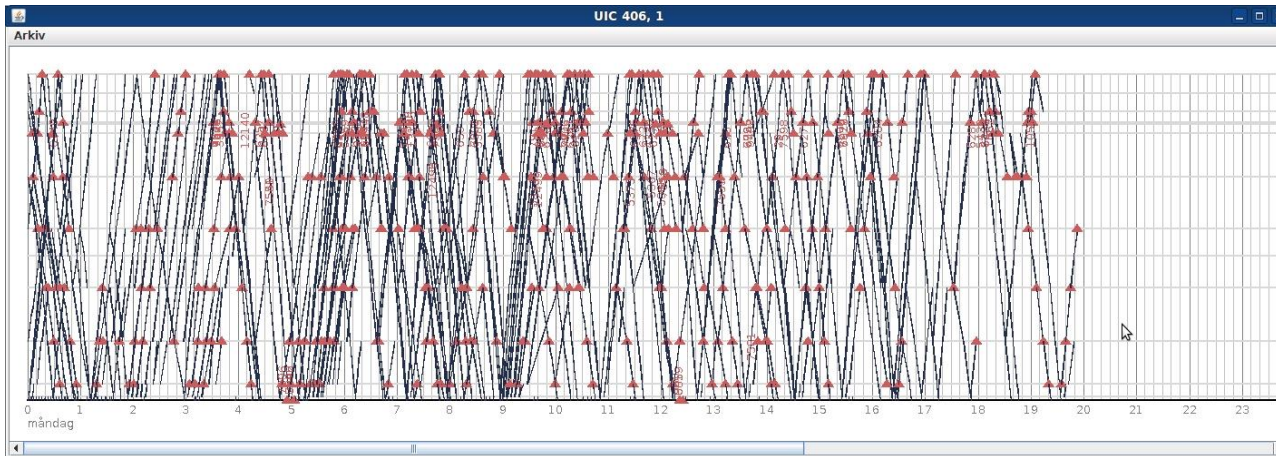
AVTALSTID - SKILLNAD

- Basic UIC406 på fastställd tågplan

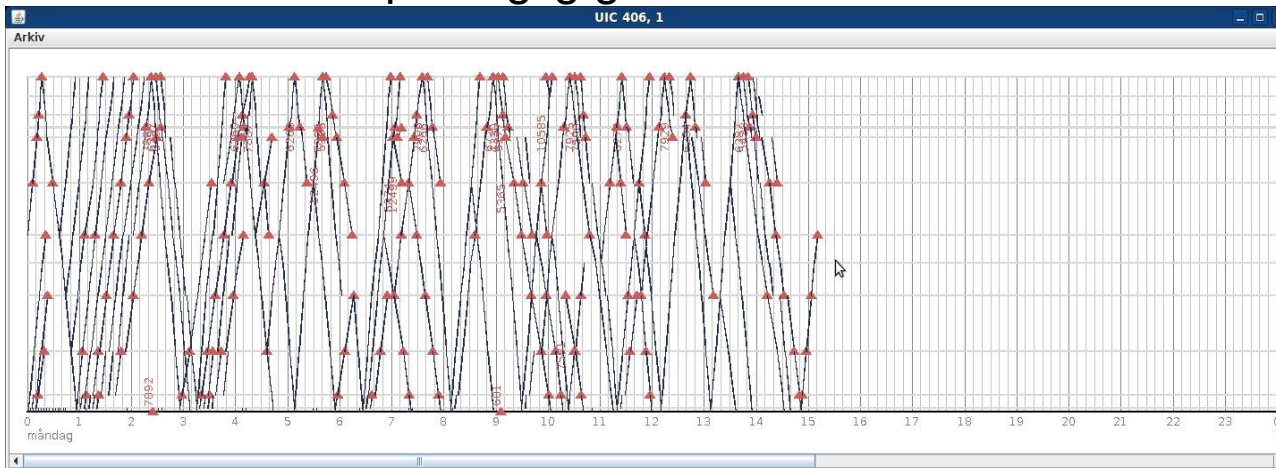


AVTALSTID - SKILLNAD

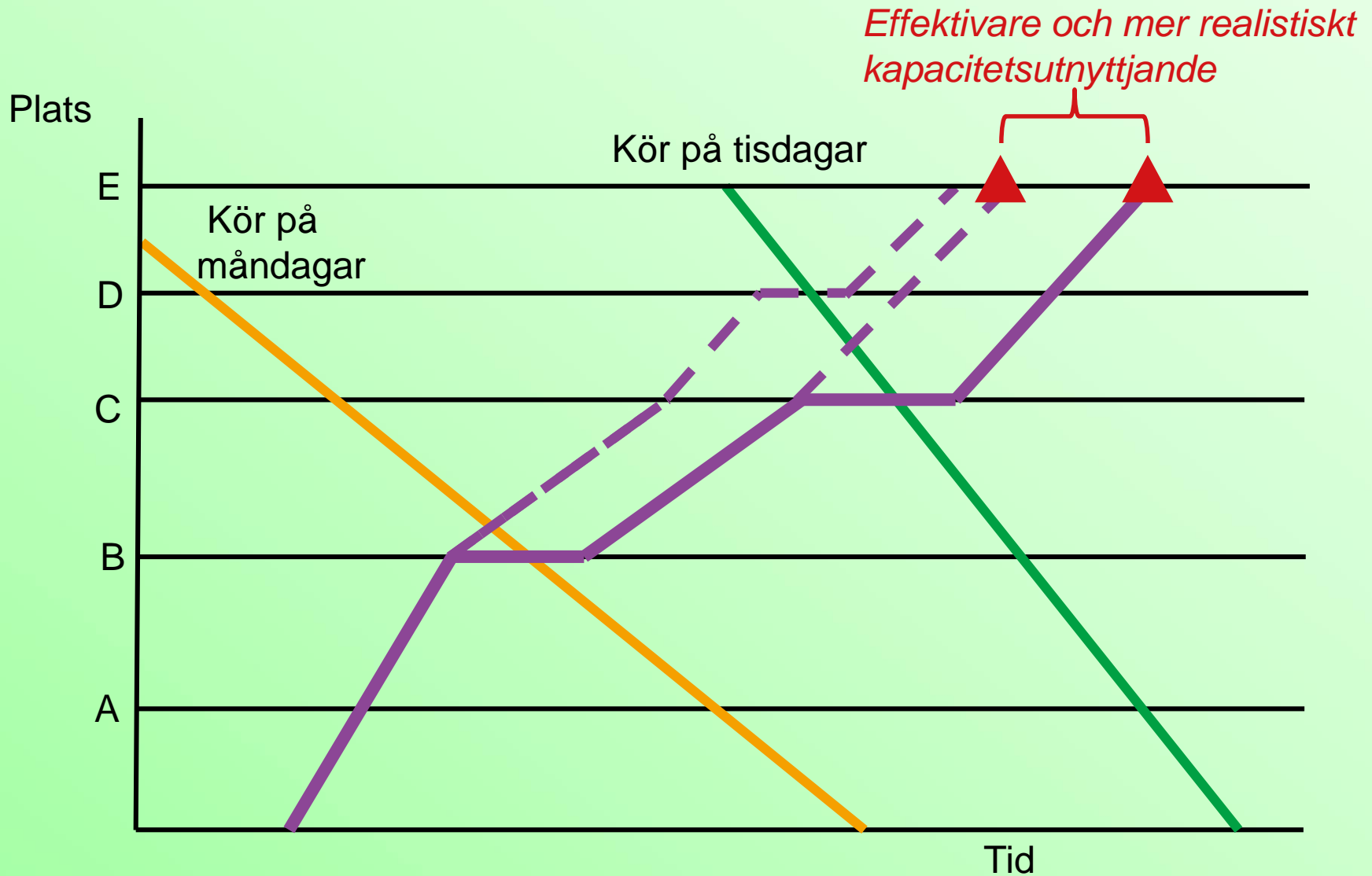
- Basic UIC406 på fastställd tågplan



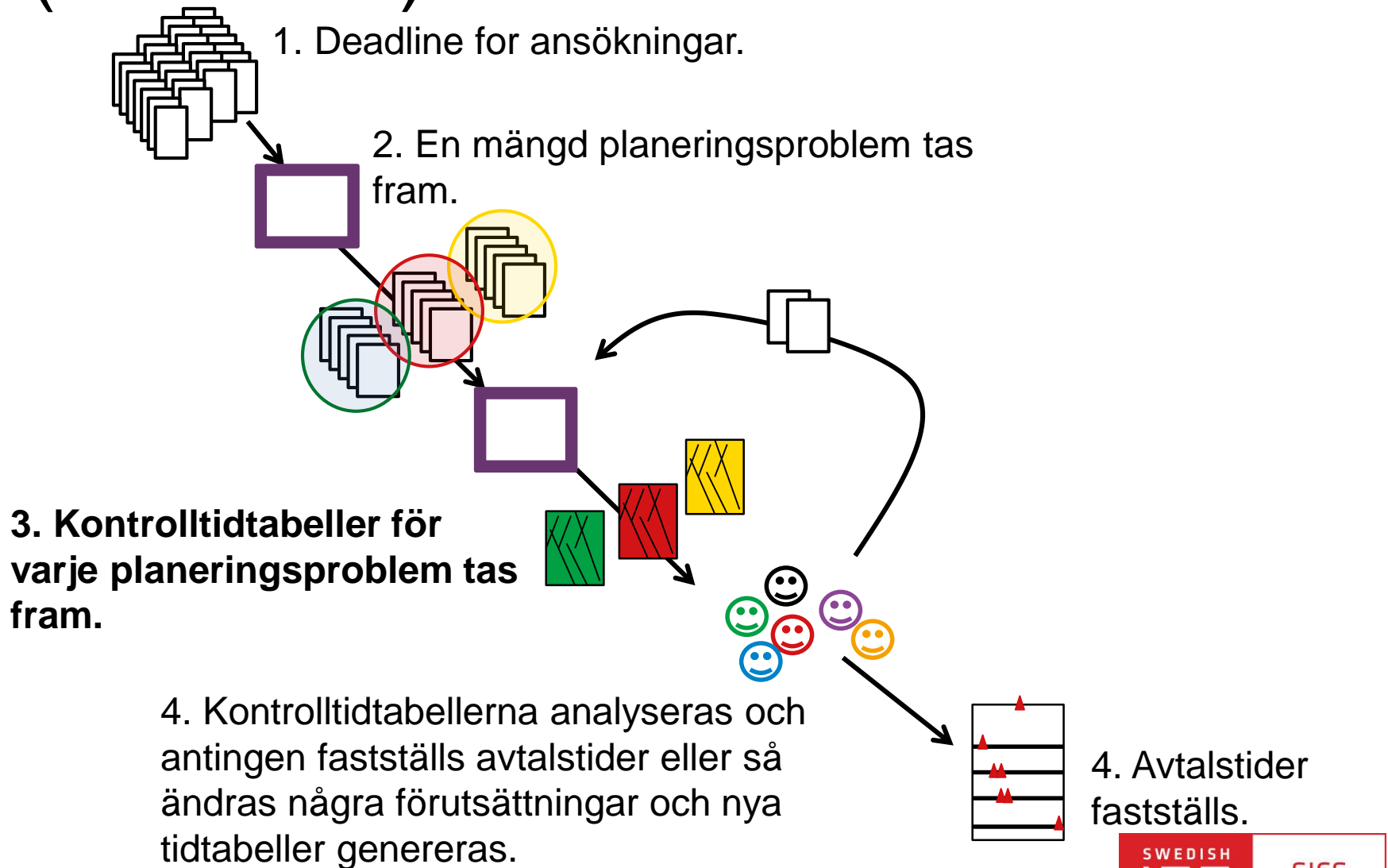
- Basic UIC406 på daglig graf



AVTALSTID - SKILLNAD



FRAMTIDENS PROCESS (KANSKE)



MATEMATISK MODELLERING

$$t_{v(d+1,j)} - t_{v(d,i)} \geq M (y_d^{ij} - 1) \quad (ij) \in K_P, d \in D(ij) \quad (17)$$

$$t_{v(d+1,i)} - t_{v(d,j)} \geq M (y_d^{ij} - 1) \quad (ij) \in K_P, d \in D(ij) \quad (18)$$

For trains travelling in opposite directions: no interaction

$$t_{v(j,p_s^j)} - t_{v(i,p_f^i)} \geq M (d^{ij} - 1) \quad (i, j) \in K_P^D \quad (19)$$

For trains travelling in the same direction: find station overlap (o_s^{ij}), order on links and stations (x_k^{ij}), and where overtaking occur (y_s^{ij}).

$$t_{v(s+1,i)} - t_{v(s,j)} \leq M p_s^{ij} \quad (ij) \in K_M^D, s \in S(ij) \quad (20)$$

$$t_{v(s,j)} - t_{v(s+1,i)} \leq M (1 - p_s^{ij}) \quad (ij) \in K_M^D, s \in S(ij) \quad (21)$$

$$p_s^{ij} + p_s^{ji} \leq o_s^{ij} + 1 + z_{ij} \quad (ij) \in K_M, s \in S(ij) \quad (22)$$

MATEMATISK MODELL

- Blandning av Marackasen¹ och en modell från Mannino²/Lamorgese³ fast med nya variabler för att välja interaktionsplatser.
- Rullande horisont planering.

¹ Forsgren, M. , Aronsson, M. , & Gestrelus, S. (2013). Maintaining tracks and traffic flow at the same time. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 3(3), 111-123.

² Mannino, C. (2011). Real-time traffic control in railway systems. In *OASICS-OpenAccess Series in Informatics* (Vol. 20). Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik.

³ Lamorgese, L. and Mannino, C. (2015) An exact decomposition approach for the real-time train dispatching problem. *Operations Research*, published online.

MODELLEN FÖR AVTALSTIDER

- Välj interaktionspunkter som i Mannino¹/Lamorgese² men inkludera tågordning i de binära variablerna också.
- Använd domäner som i Marackasen³.
- Enkel och dubbelspår, körtider beror på stoppmönster, tidsintervall mellan ankomster och avgångar (stoppmönsterberoende), respektera stationskapacitet, tåg tvingas stanna vid möte/omkörning.

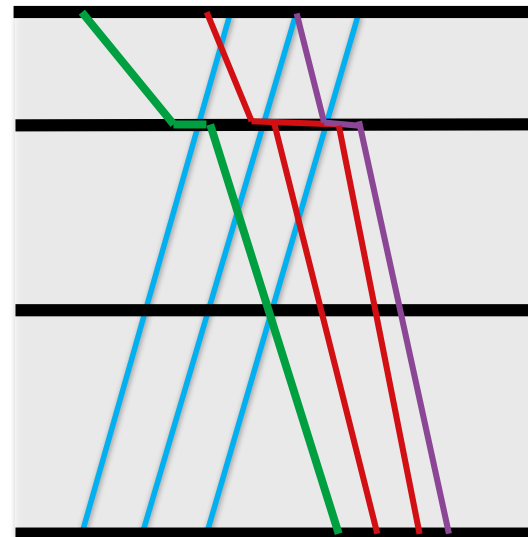
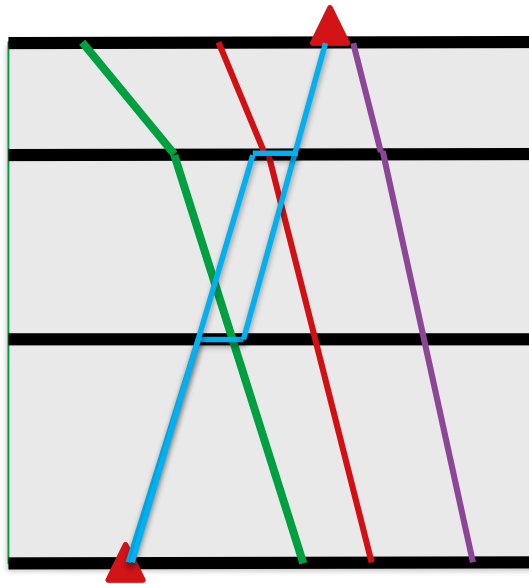
¹ Mannino, C. (2011). Real-time traffic control in railway systems. In *OASlcs-OpenAccess Series in Informatics* (Vol. 20). Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik.

² Lamorgese, L. and Mannino, C. (2015) An exact decomposition approach for the real-time train dispatching problem. *Operations Research*, published online.

³ Forsgren, M. , Aronsson, M. , & Gestrelus, S. (2013). Maintaining tracks and traffic flow at the same time. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 3(3), 111-123.

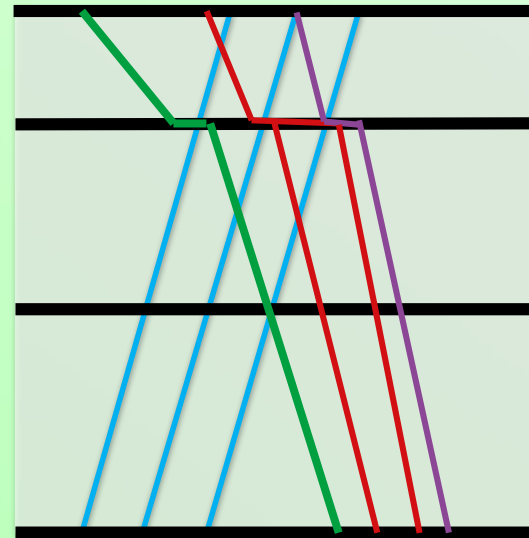
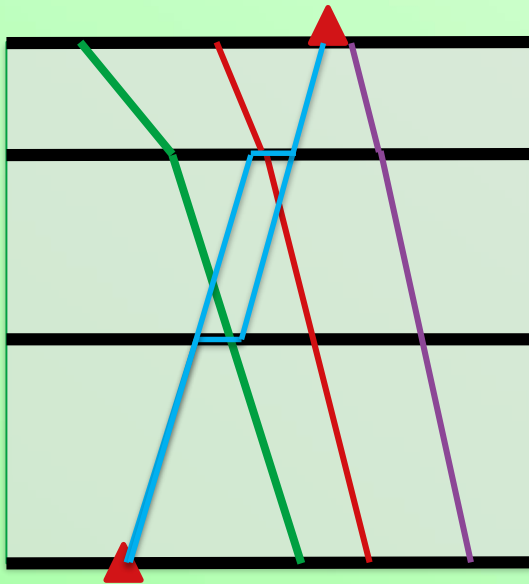
MÅLFUNKTION

- Två olika tågtyper
 - 1) Prioriterar önskade ankomst/avgångstider
 - 2) Prioriterar kort total körtid.

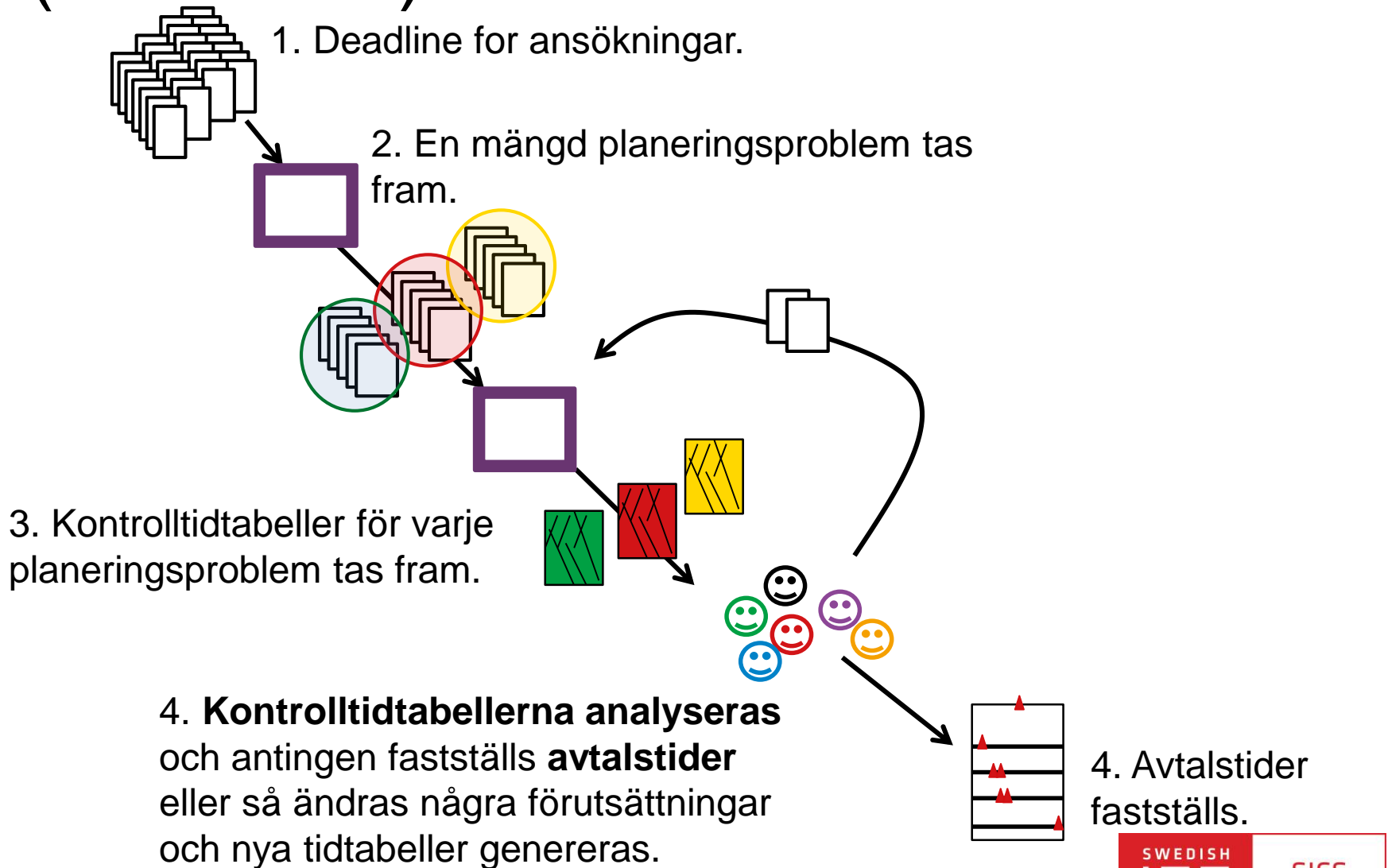


MÅLFUNKTION

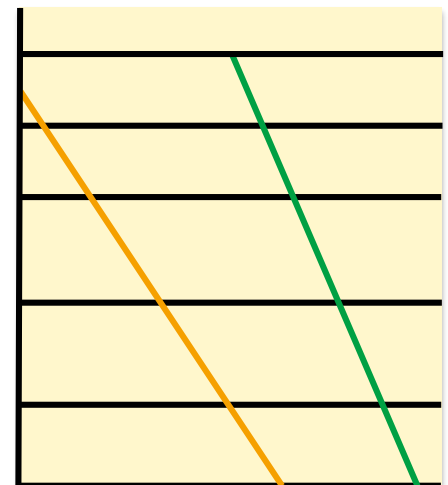
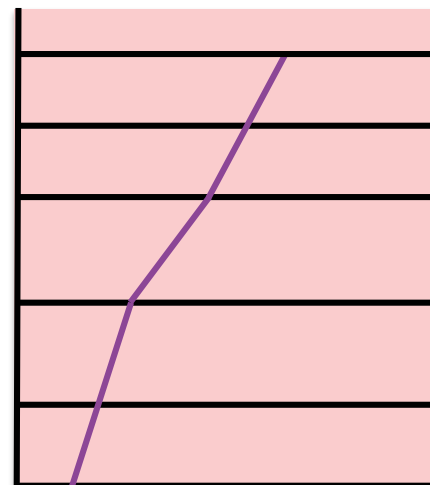
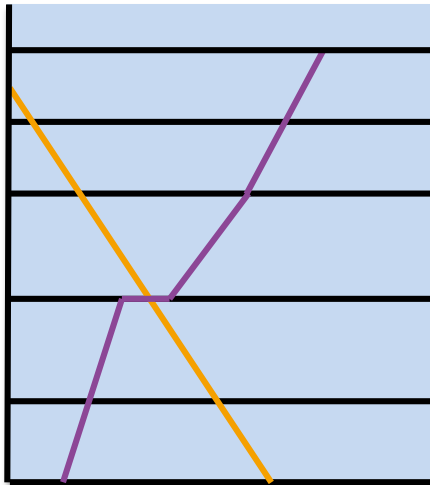
- Två olika tågtyper
 - 1) Prioriterar önskade ankomst/avgångstider
 - 2) Prioriterar kort total körtid.



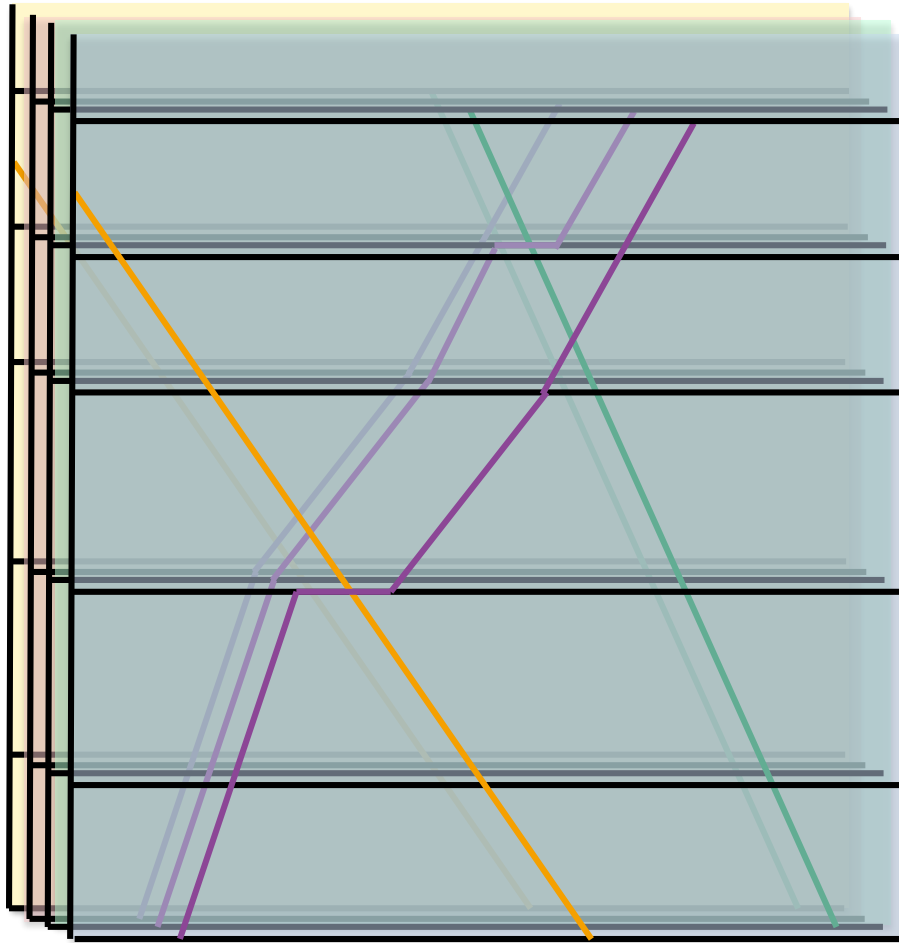
FRAMTIDENS PROCESS (KANSKE)



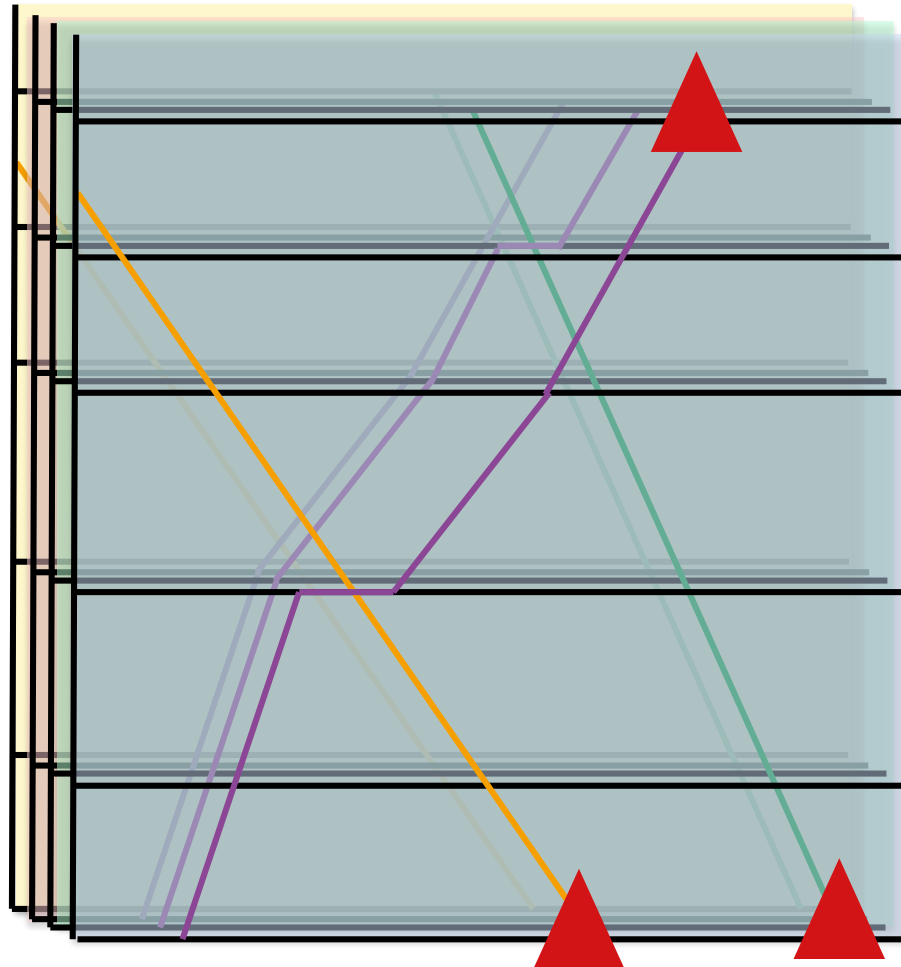
AVTALSTIDER FRÅN FLERA KONTROLLTÅGLÄGEN



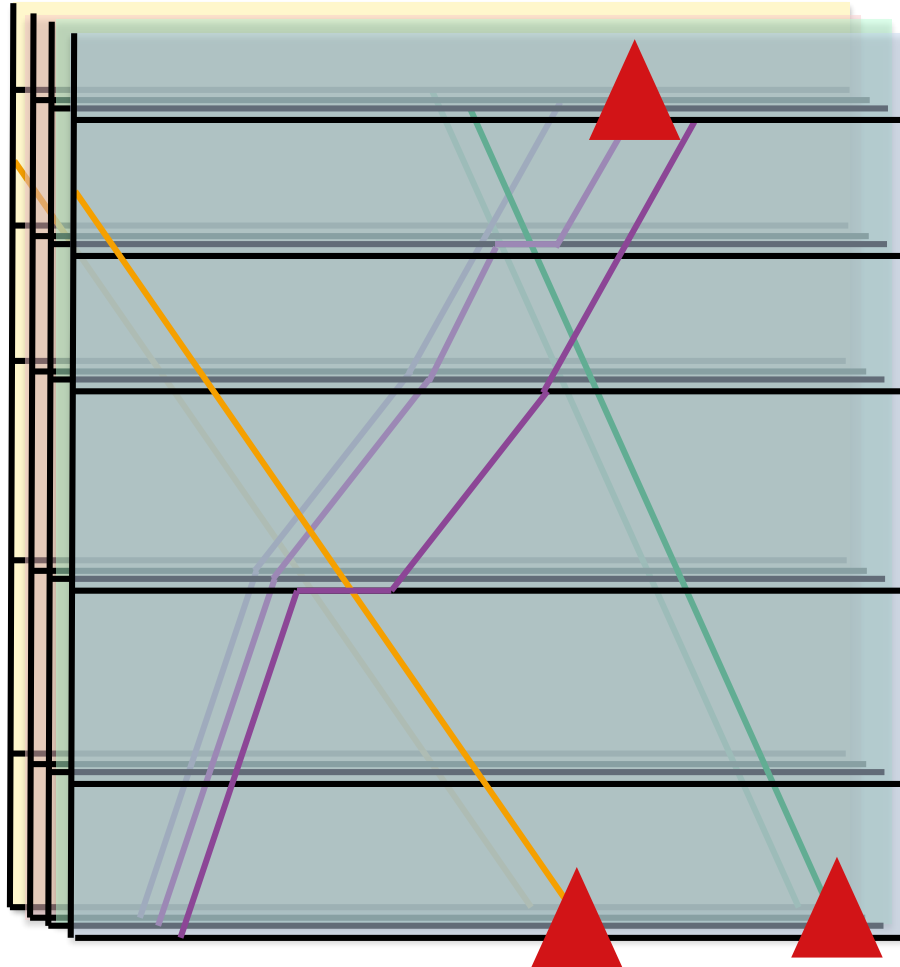
AVTALSTIDER FRÅN FLERA KONTROLLTÅGLÄGEN



AVTALSTIDER FRÅN FLERA KONTROLLTÅGLÄGEN

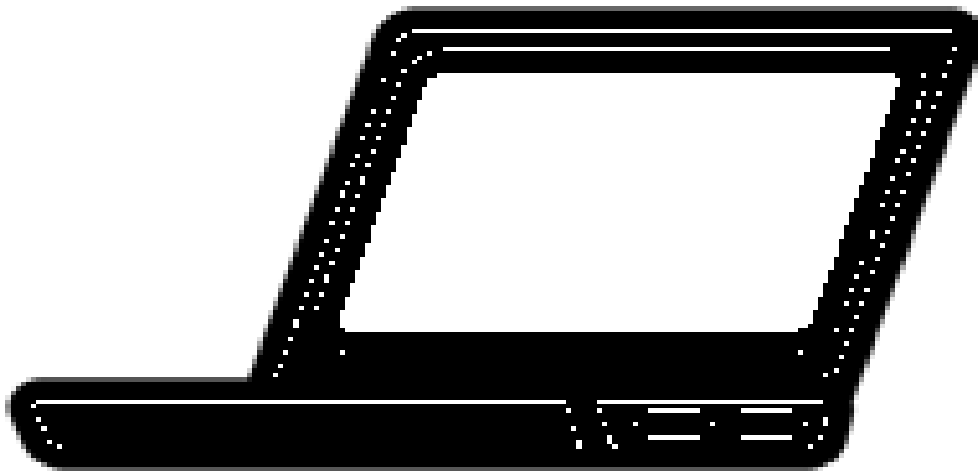


AVTALSTIDER FRÅN FLERA KONTROLLTÅGLÄGEN

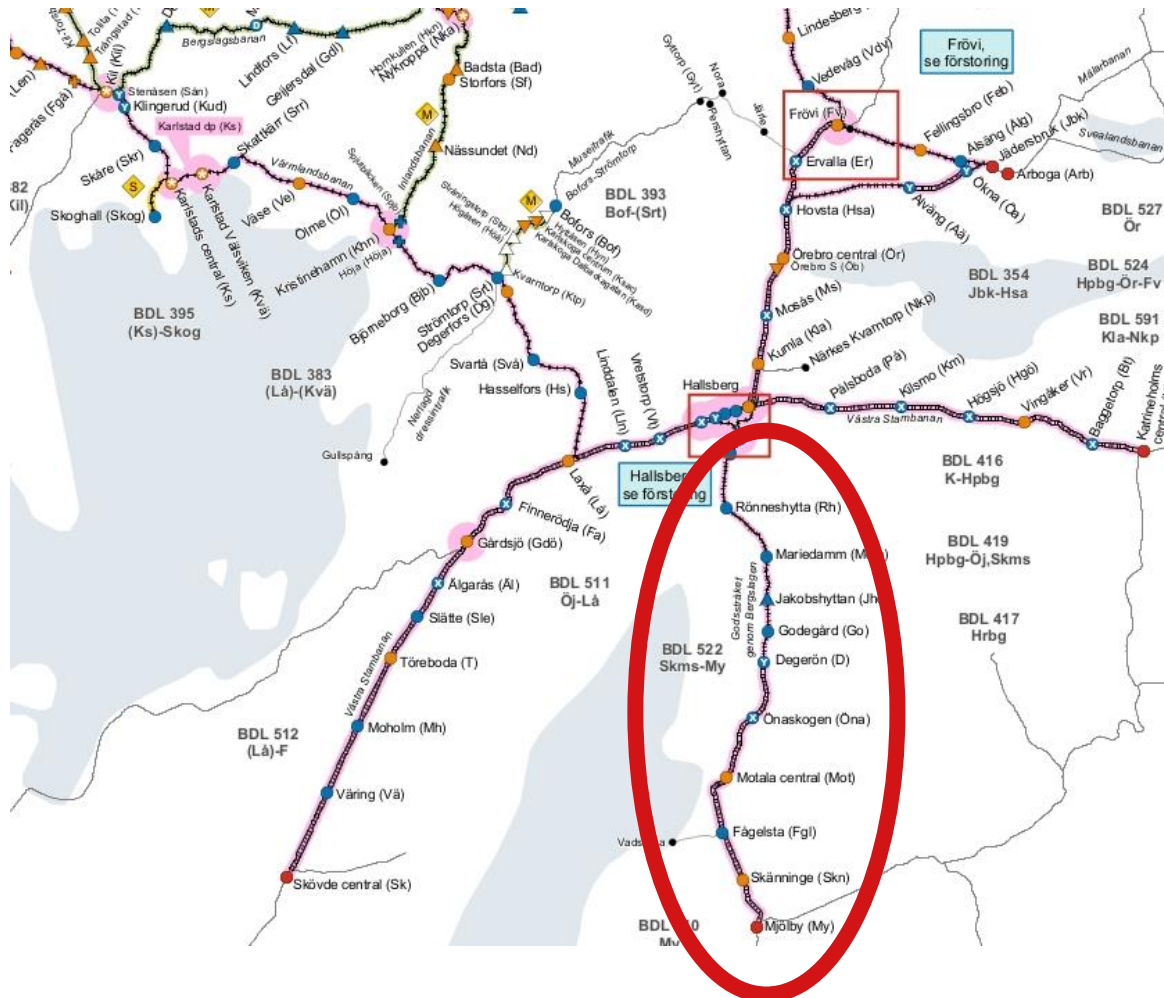


Uppfyllnadsgrad: Hur pass många av det totala antalet kördagar som Trafikverket lovar att upprätthålla leveransåtagandet.

EXEMPELFALL

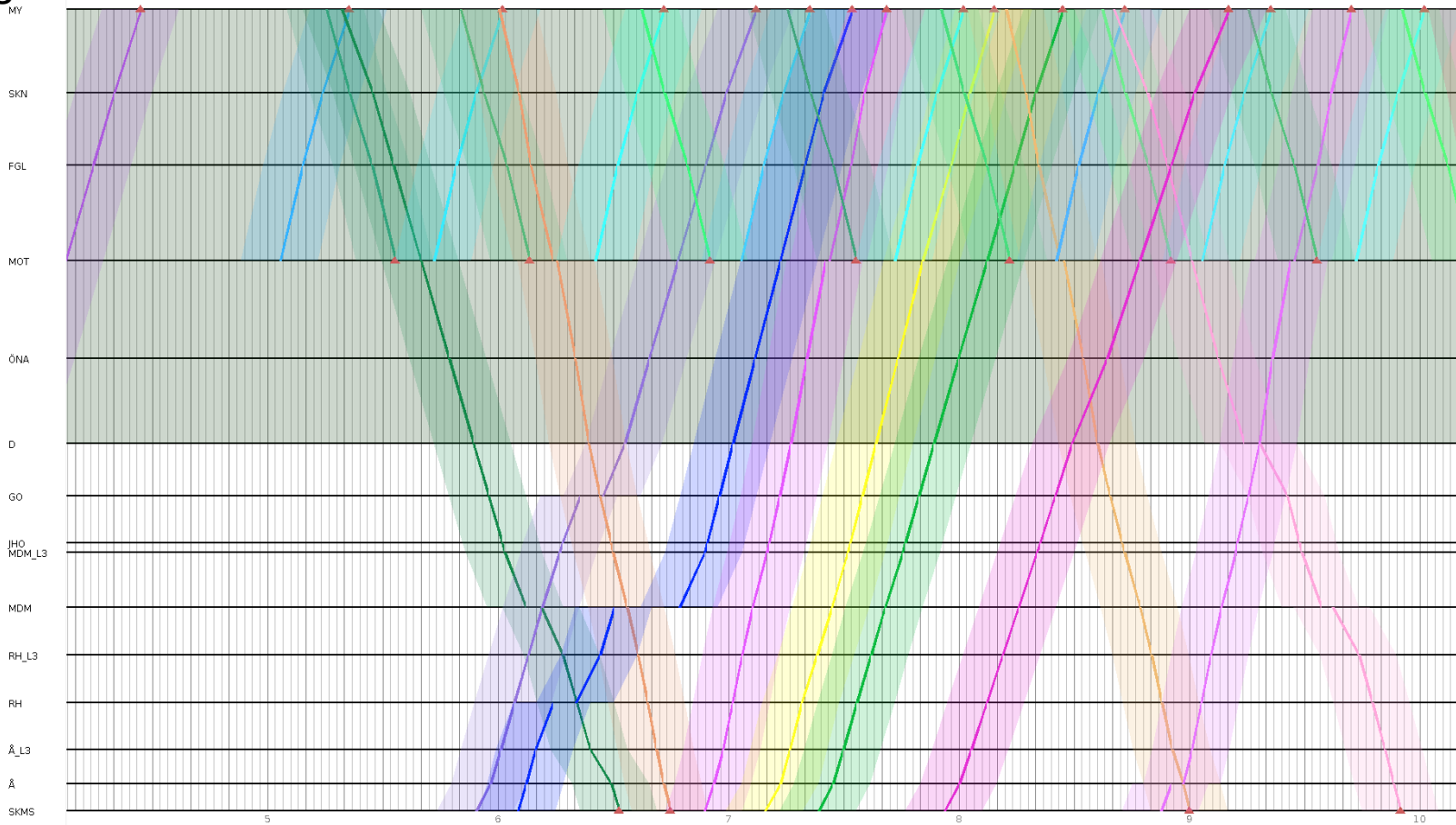


EXEMPEL: SKYMOSSEN- MJÖLBY



SKYMOSSSEN-MJÖLBY (SKMS-MY)

Plats



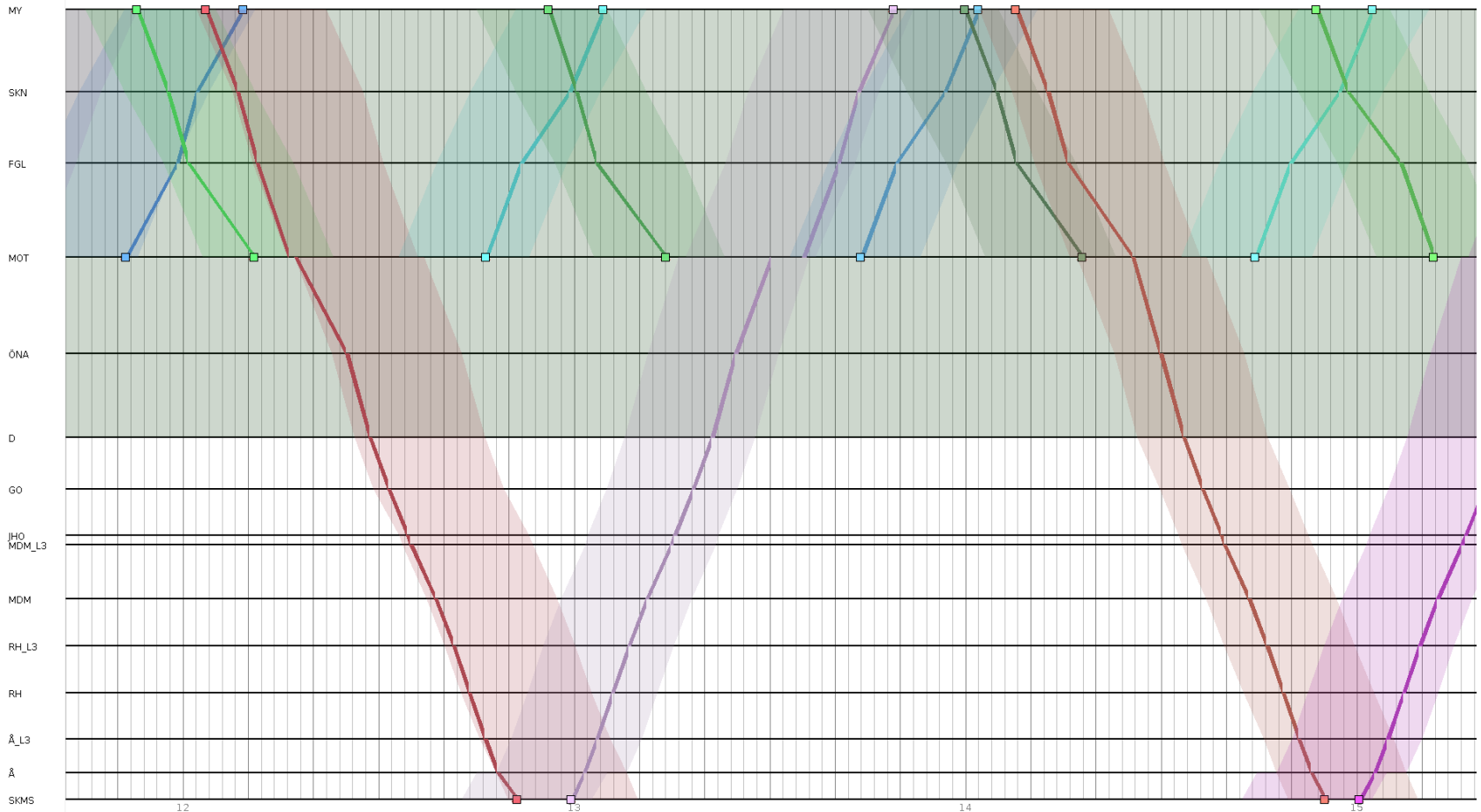
Tid

EXEMPEL

- Undersök
 - Spridning av körtider.
 - *Vinner vi något på att planera för varje enskild dag?*
 - Spridning av ankomsttider till avtalspunkter
 - *Vinner vi något på att planera för varje enskild dag?*
 - *Blir det för förvirrande?*
 - Exekveringstider
 - *Hur lång tid tar det?*
- Baserat på:
 - Tåglägen ur T14 (vid fastställelse) ± 15 min
 - Riktig data för körtider, geografi etc.
 - Lös för 347 dagar, 1 dags horisont, 12 timmars steg.
 - Önskat tågläge slumpmässigt valt inom ± 10 min domänen från ovan.

SLUMPADE TÅGLÄGEN

Plats



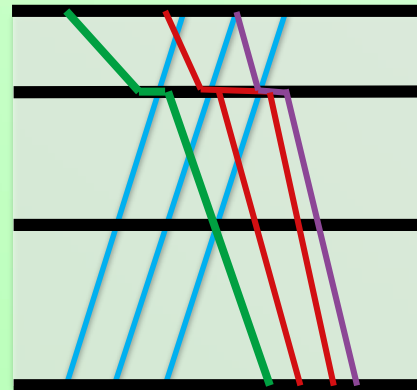
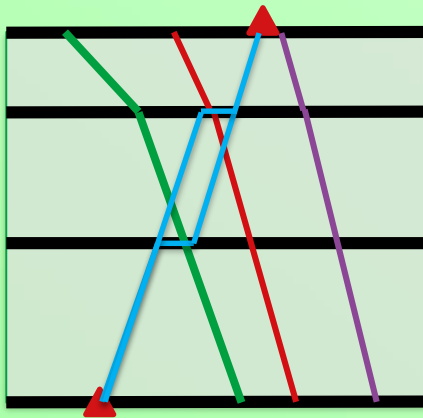
Tid

PRELIMINÄRA RESULTAT

Från: Gestrelius, S., Aronsson, M., Bohlin, M. (2013) On the uniqueness of operation days and delivery commitment generation for train timetables.
Submitted to: 6th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis - RailTokyo2015, 23-26 March 2015, Tokyo, Japan.

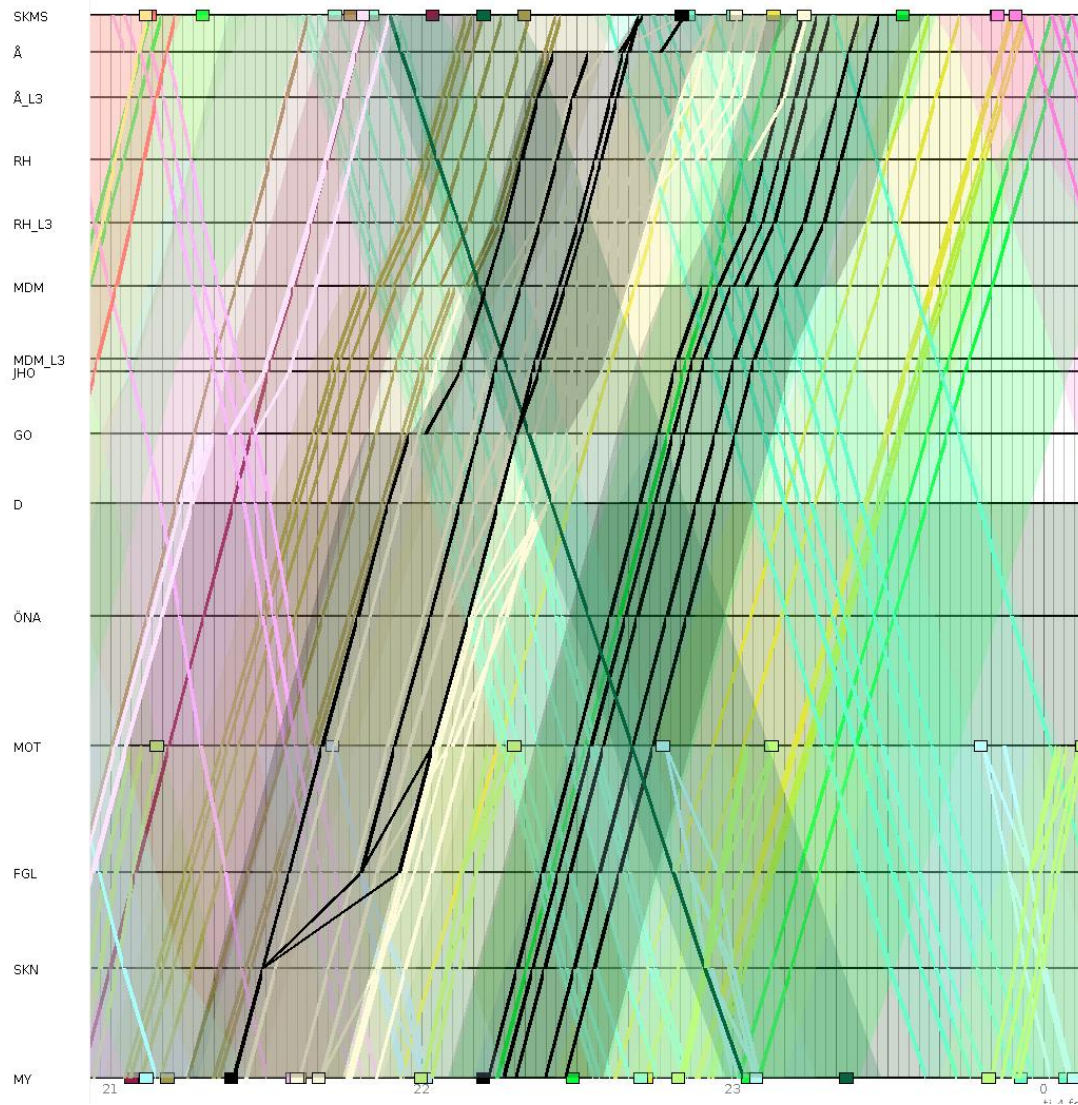
RESULTAT: MÅLFUNKTION

- Två olika tågtyper
 - 1) Prioriterar att komma rätt i förhållande till önskade ankomst/avgångstider
 - 2) Prioriterar kort total körtid.
- Uppfyllnadsgrad: Hur pass många av det totala antalet kördagar som vi lovar att upprätthålla leveransåtagandet.



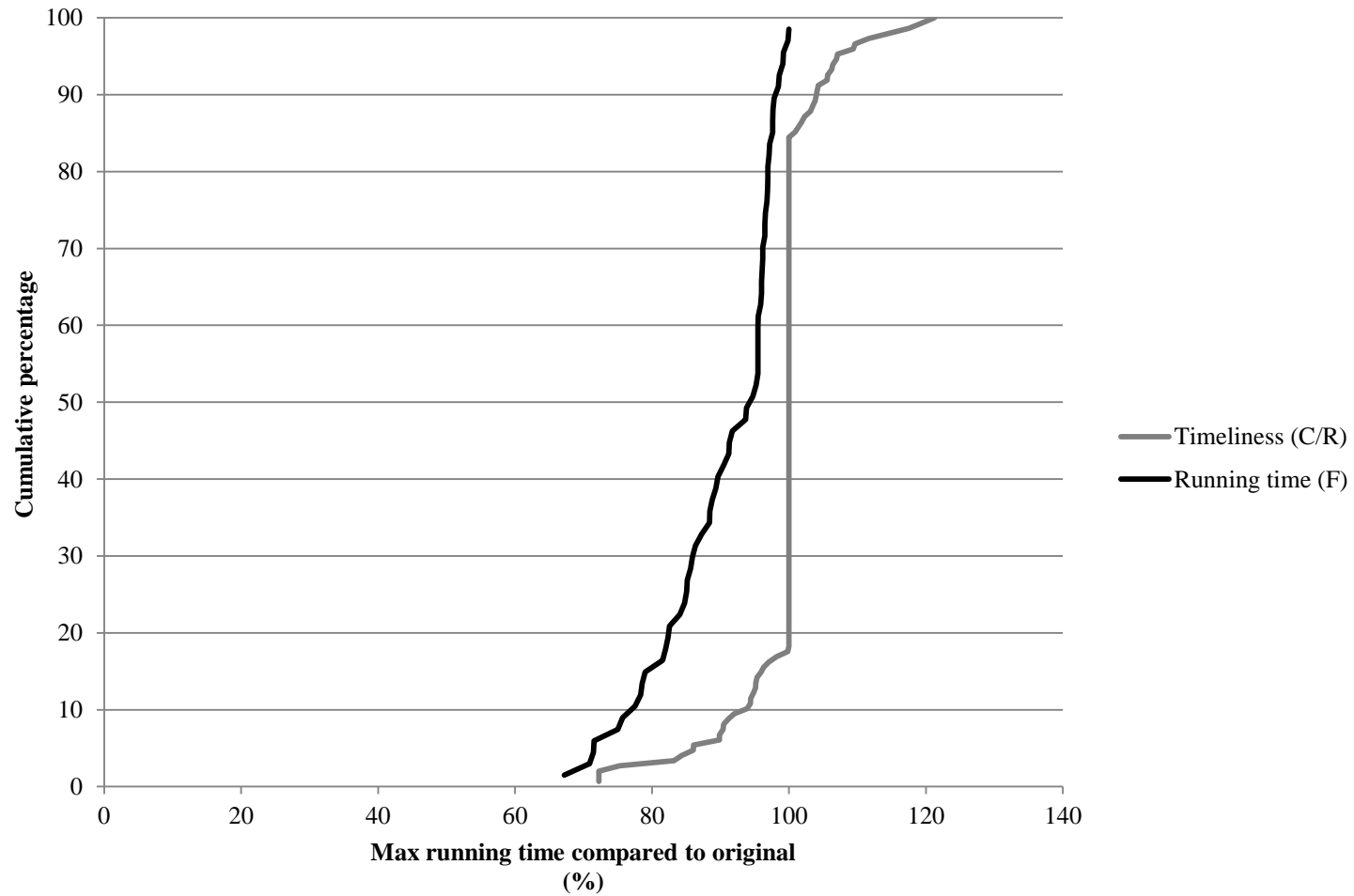
HUR DET SER UT

Plats

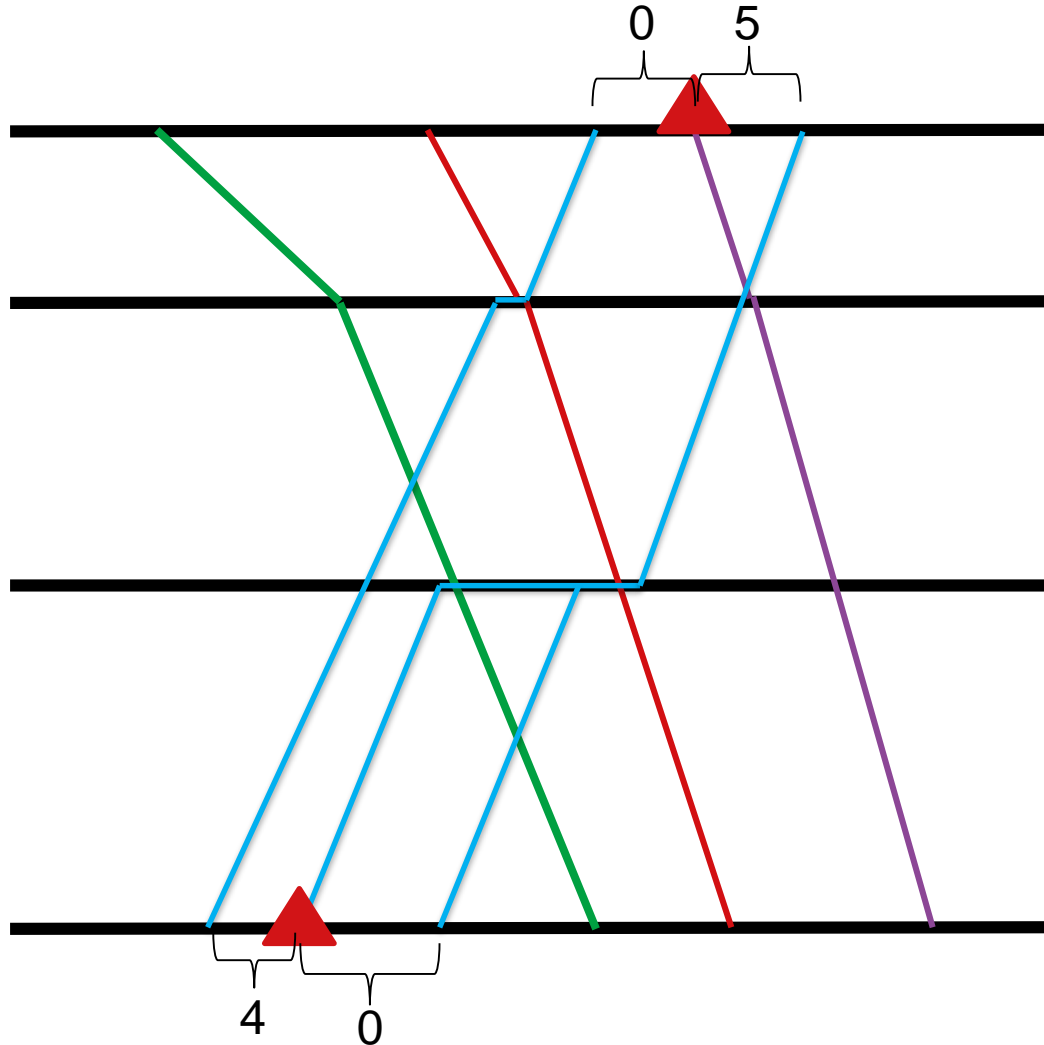


Tid

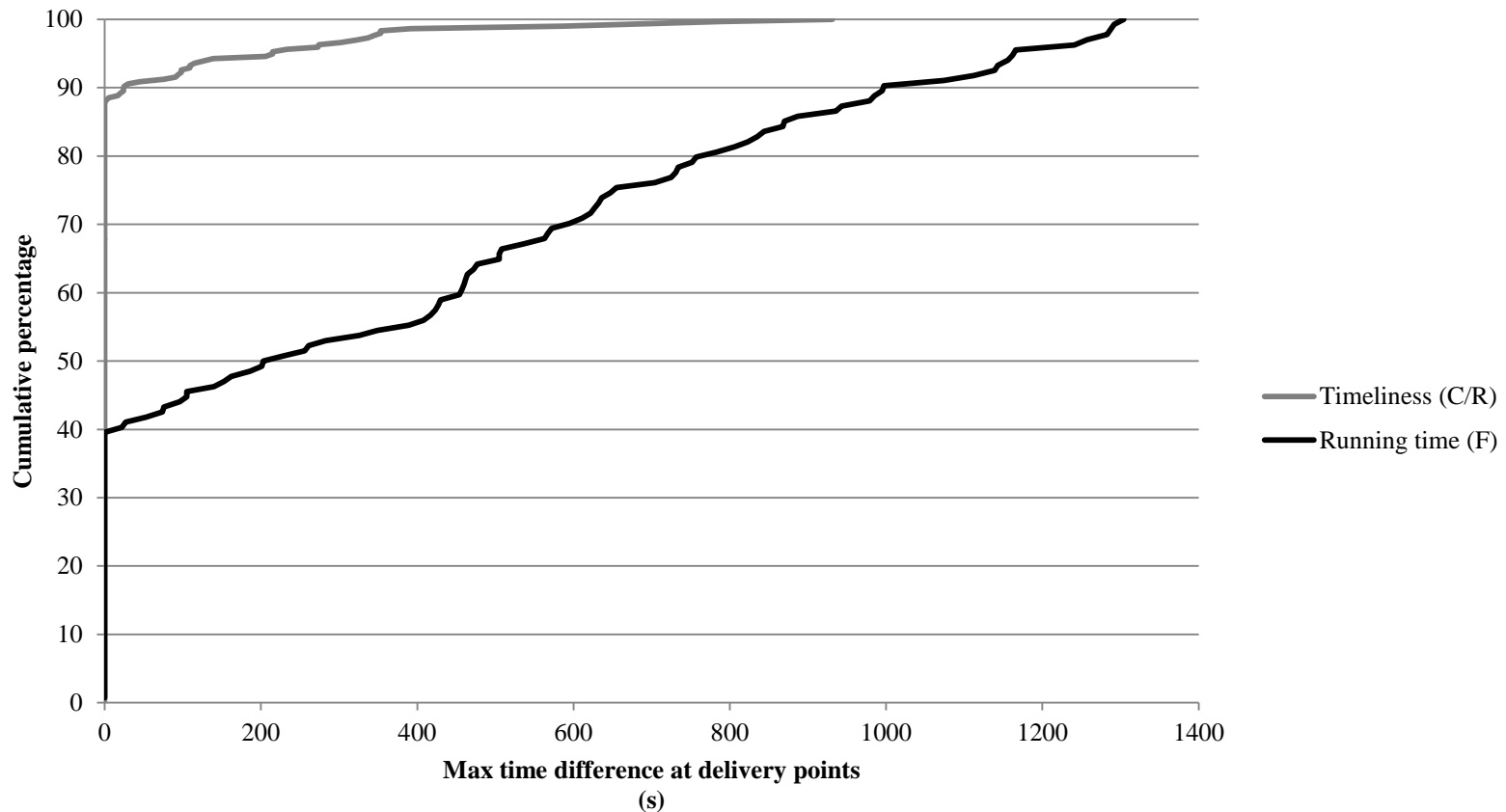
TOTAL KÖRTID



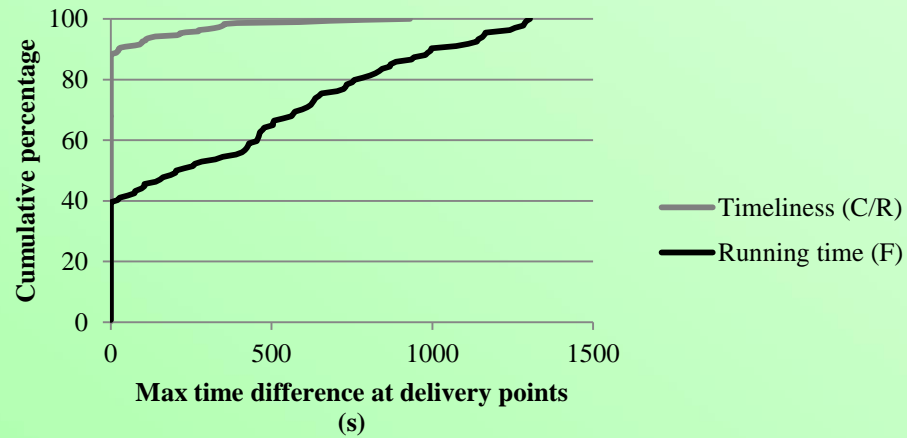
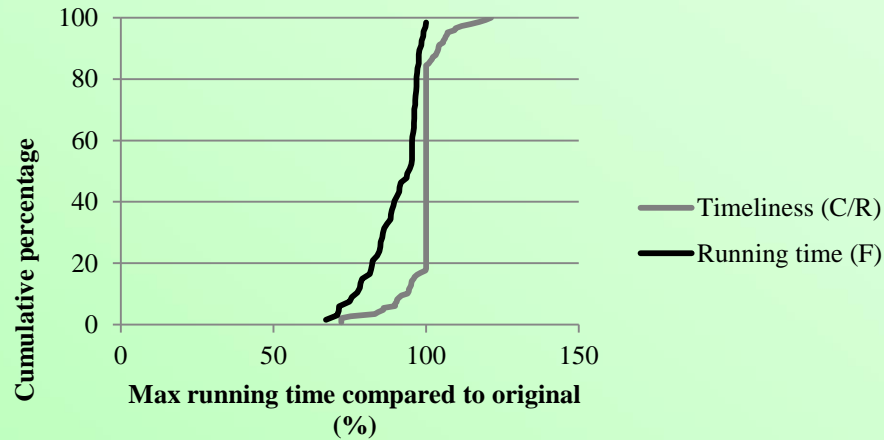
FELTID (INACCURACY TIME)



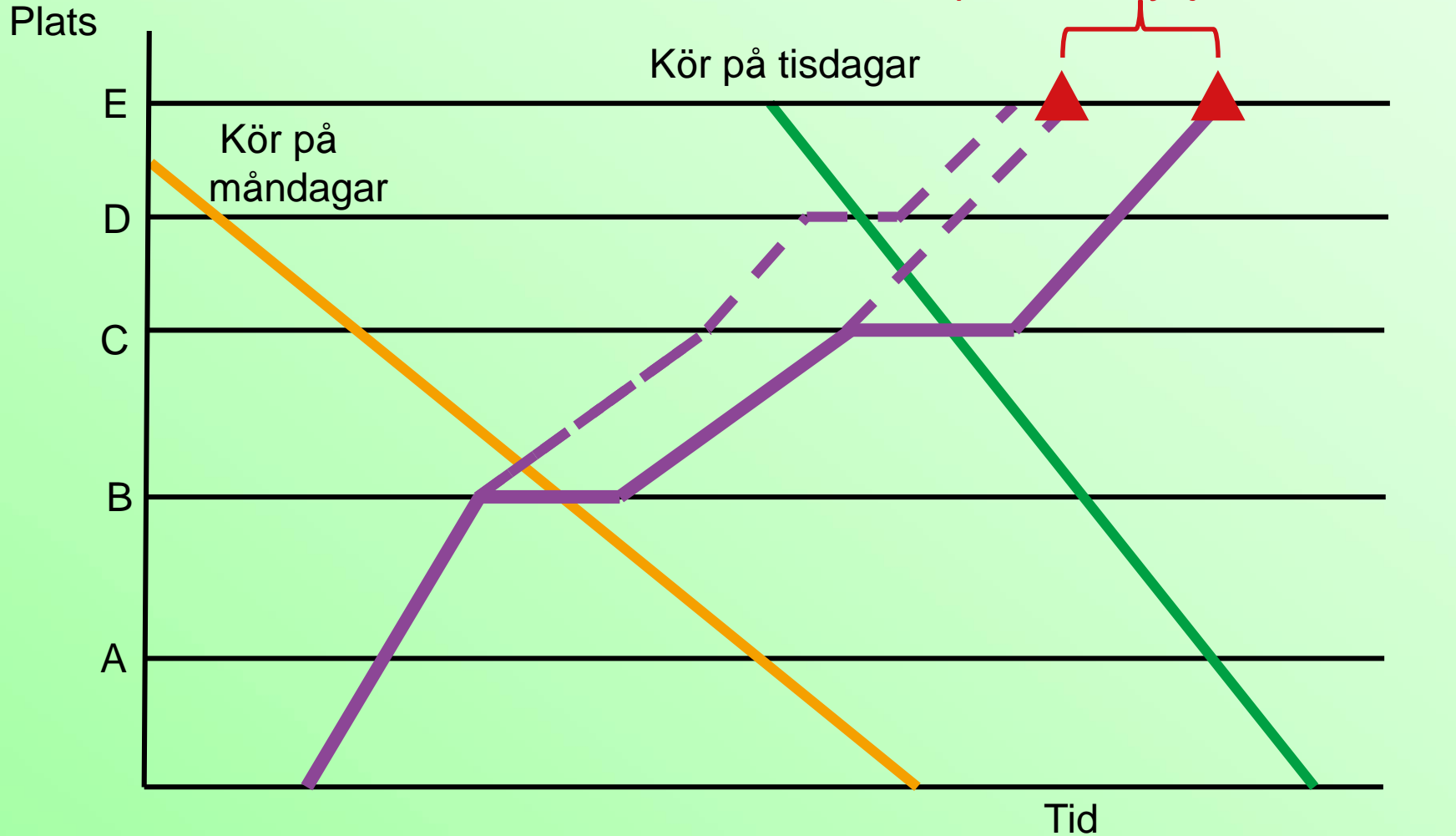
ANKOMST/AVGÅNGSTIDS ÖNSKNINGAR



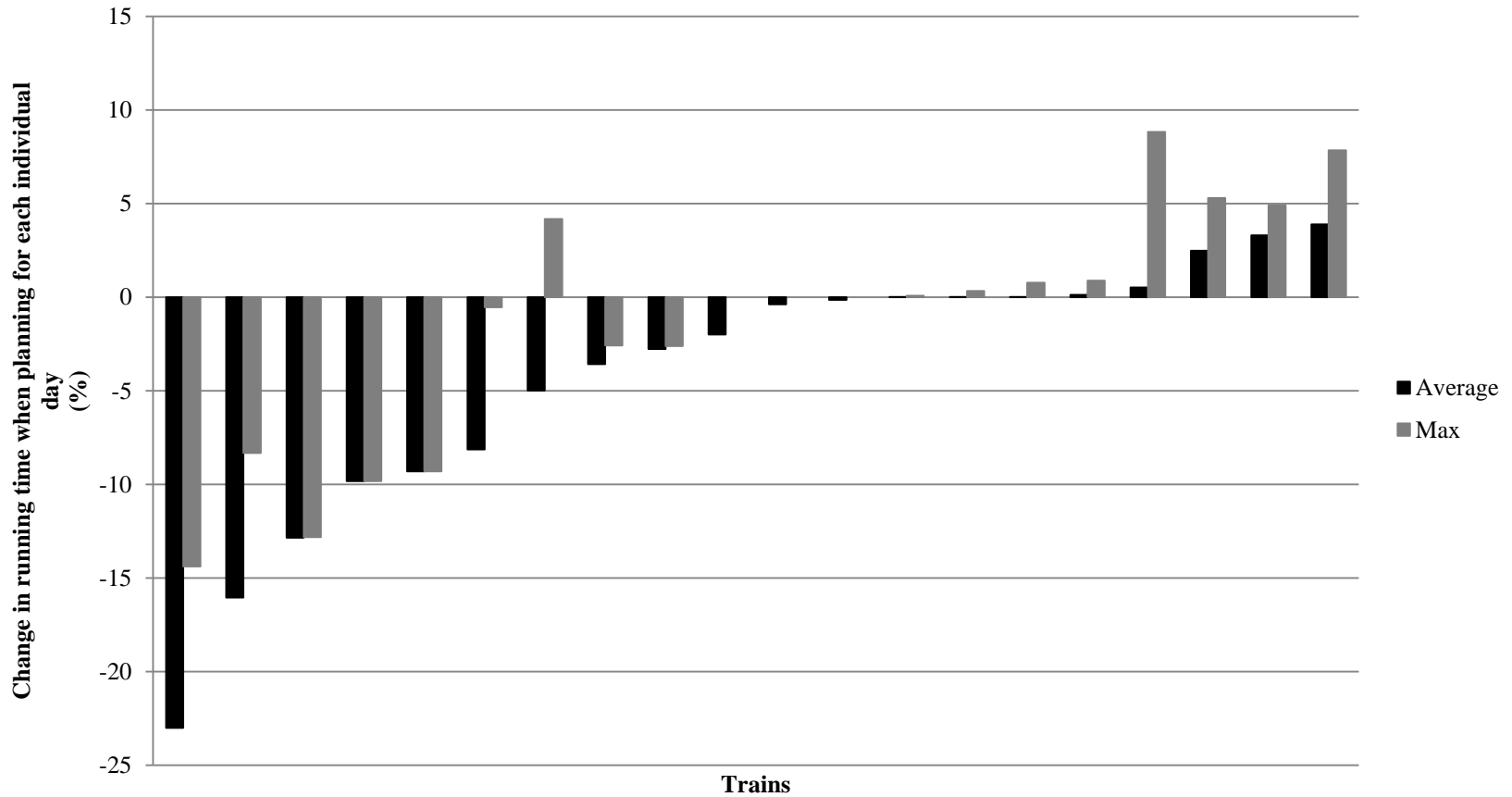
RESULTAT: MÅLFUNKTION



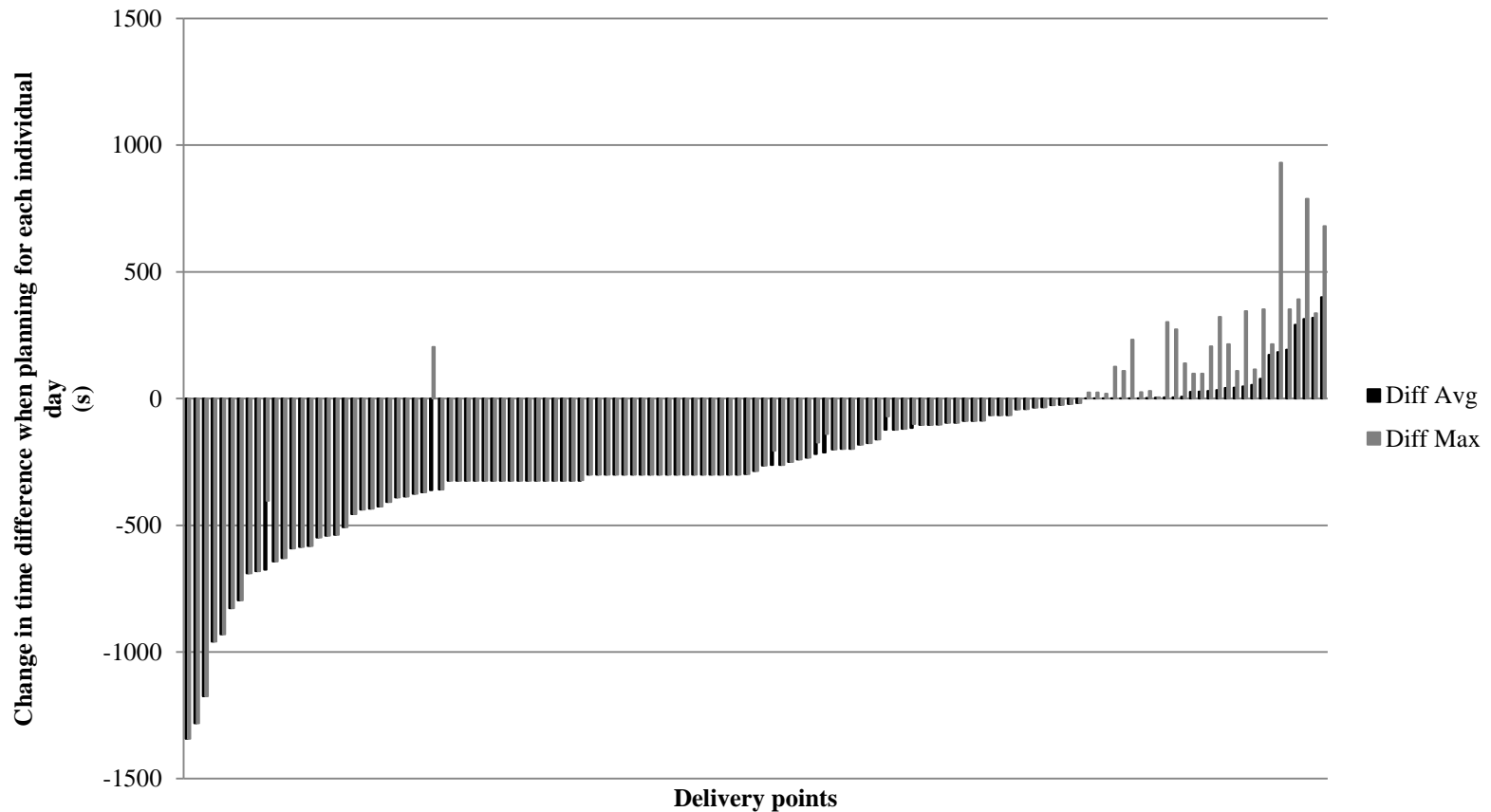
RESULTAT: INFRASTRUKTUR- UTNYTTJANDE



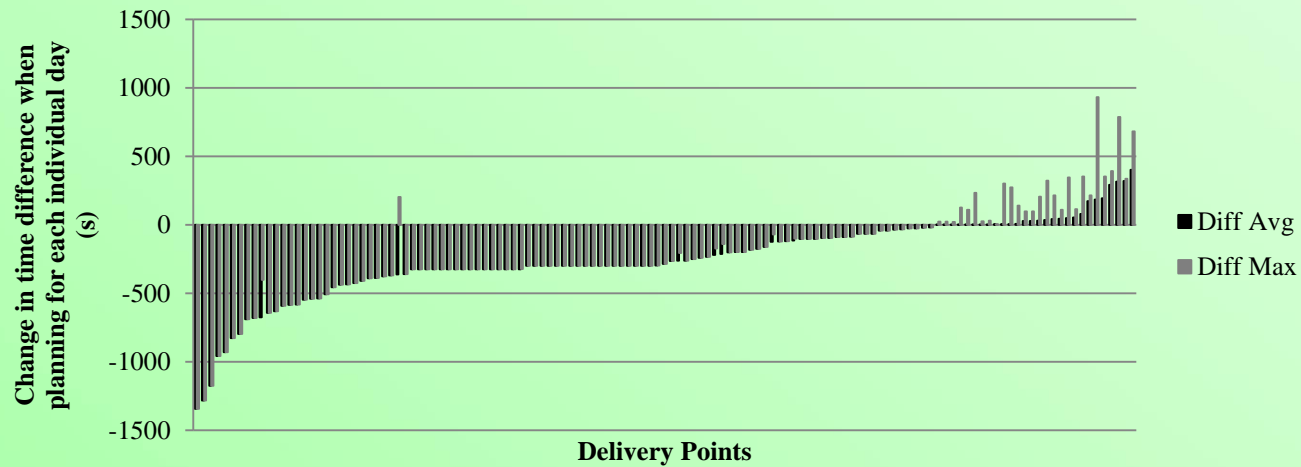
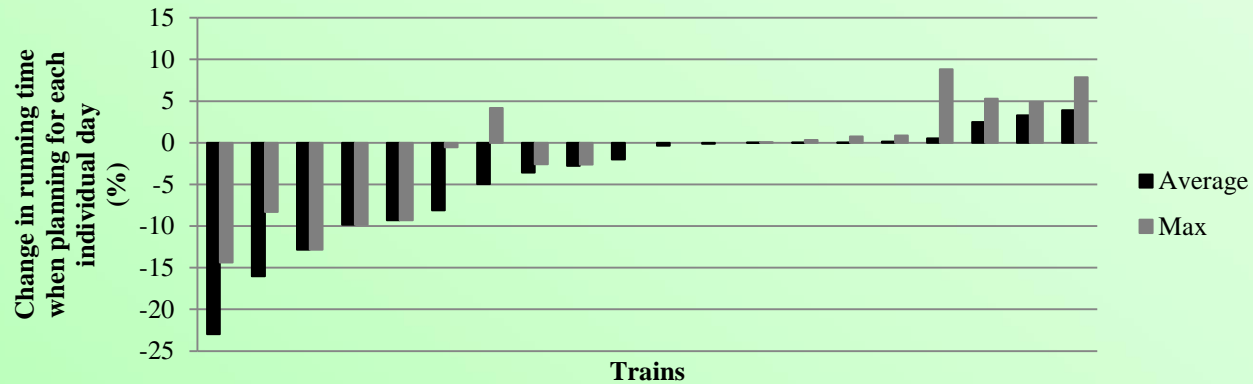
KÖRTIDSFÖRBÄTTRINGAR



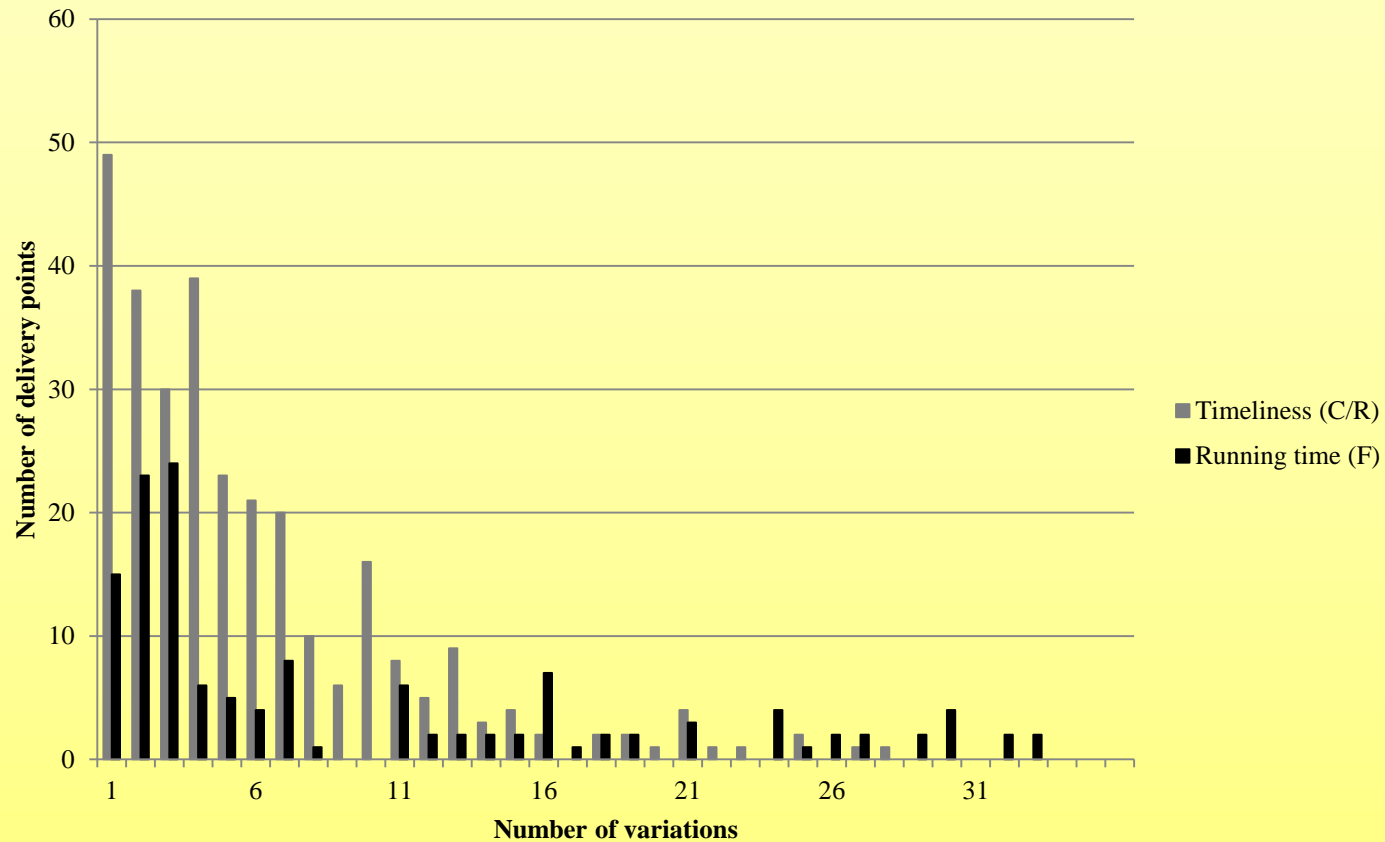
ANKOMST/AVGÅNGS TIDS FÖRÄNDRINGAR



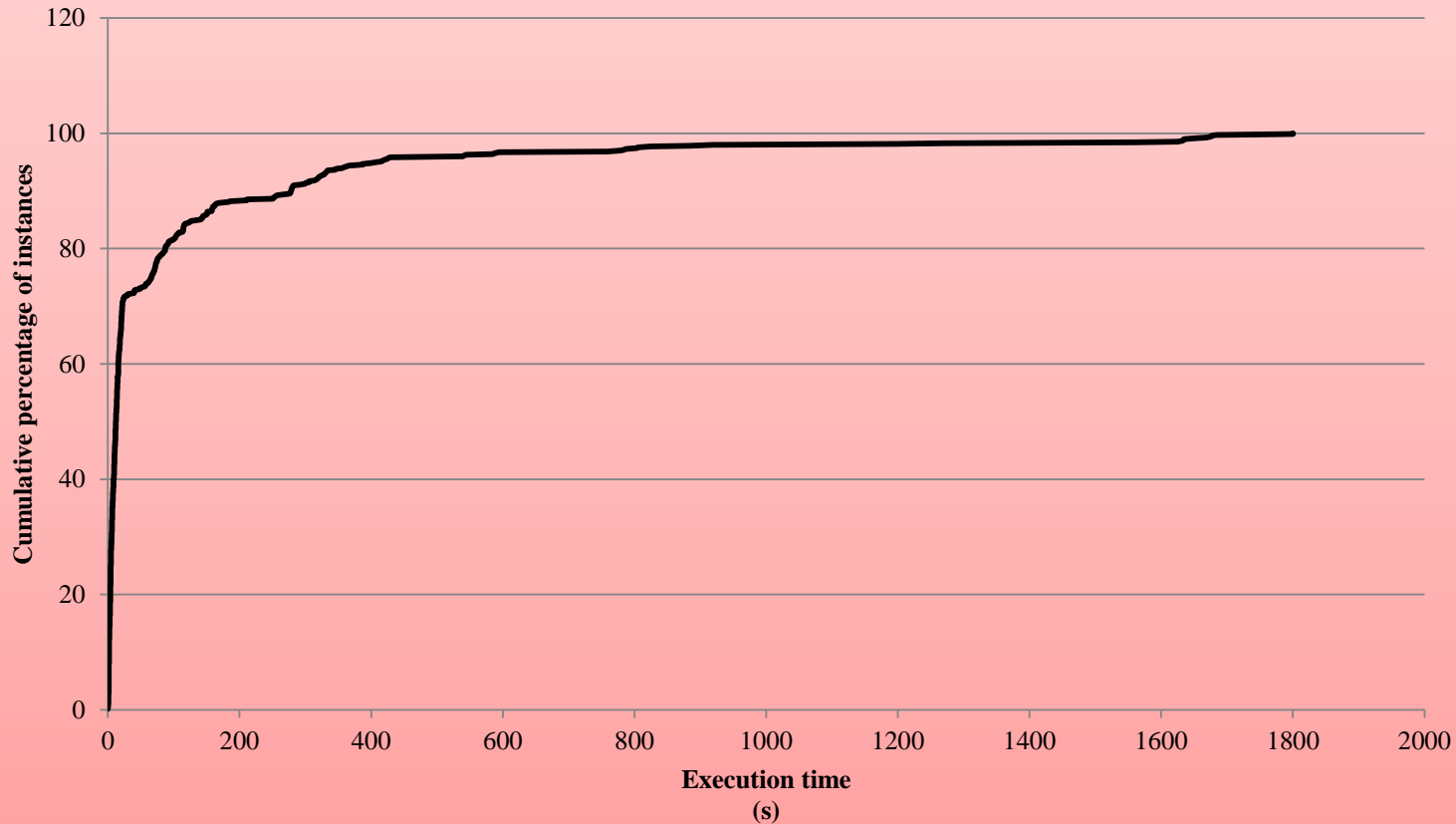
RESULTAT: INFRASTRUKTUR- UTNYTTJANDE



HUR MÅNGA ANKOMST/AVGÅNGS- TIDER HAR TÅG PÅ AVTALSPUNKTER



EXEKVERINGSTIDER



90% av problemen hittar optimal lösning inom 280s. För två av de 695 delproblemen hittas inte den optimala lösningen inom 30 min (optimalitetsgap på 0.01% och 0.24%).

SAMMANFATTNING

För att ta fram avtalstider:

1. Planera för varje dag: Bättre kapacitetsurnyttjande.
2. Kontrolltidtabell : MIP + rullande planering.
3. Analysera och extrahera avtalstider från kontrolltidtabellen.

SAMMANFATTNING

För att ta fram avtalstider:

1. Planera för varje dag: Bättre kapacitetsurnyttjande.
2. Kontrolltidtabell : MIP + rullande planering.
3. Analysera och extrahera avtalstider från kontrolltidtabellen.

Resultat:

1. Vi kan optimera olika tåglägesegenskaper för olika operatörer.
2. Vi förbättrar oftast medelvärde och wost-case värden när vi planerar för varje enskild dag.
3. Exekveringstiderna är långa.

SAMMANFATTNING

För att ta fram avtalstider:

1. Planera för varje dag: Bättre kapacitetsurnyttjande.
2. Kontrolltidtabell : MIP + rullande planering.
3. Analysera och extrahera avtalstider från kontrolltidtabellen.

Resultat:

1. Vi kan optimera olika tåglägesegenskaper för olika operatörer.
2. Vi förbättrar oftast medelvärde och wost-case värden när vi planerar för varje enskild dag.
3. Exekveringstiderna är långa.

Framtiden

1. Lös för större geografier (arbeta med exekveringstider/heuristiker).
2. Fortsätt arbeta med målfunktionen.

TACK!

WWW.SICS.SE