

Vad innebär flexiblare malmtrafik?

Sara Gestrelius, RISE

Martin Joborn, RISE

KAJT höstseminarium, 2022-10-20

- LKAB vill köra sina tåg flexiblare.
 - Hur flexibelt arbetar man idag?
 - Hur påverkas trafiken av olika grader av flexibilitet?



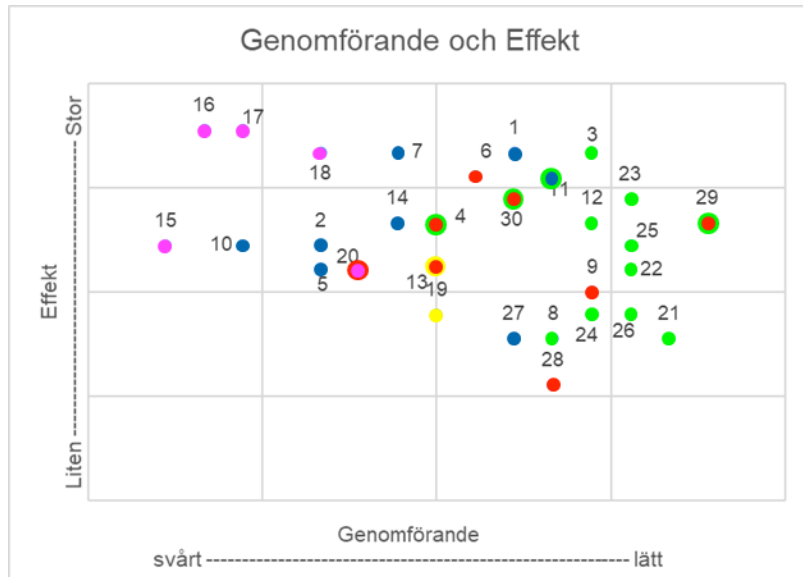
Metod

- Intervjuer av sakkunniga (projektmöten, intervjuer, referensgruppsmöten).
- Analys av trafikdata.
- Generering och analys av optimerade (nya) tidtabeller.



Vad är flexibilitet?

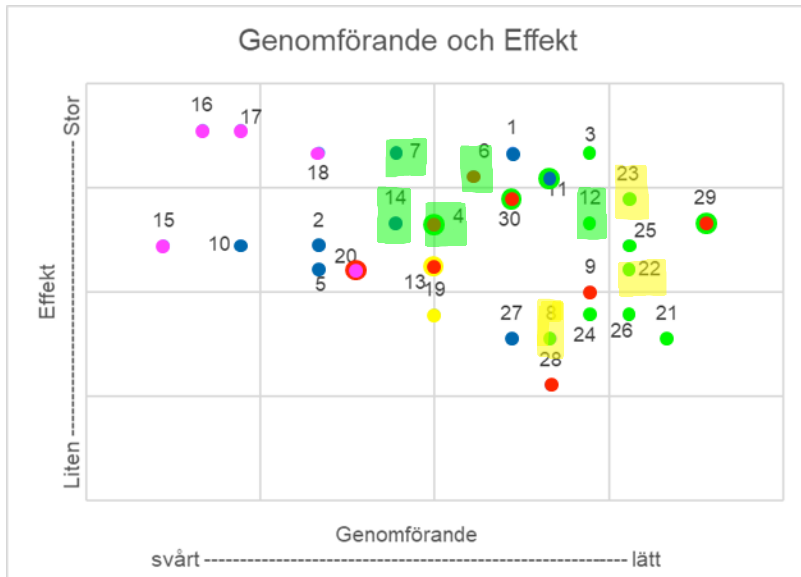
Åtgärder för flexibilitet



- Kommunikation
- Infrastruktur (utbyggnad)
- Ändrade processer/regelverk
- Bättre beslutsstöd
- (Bredd-)införande av existerande teknik

1. Identifiera mest tillgängliga åtgärder som kan bidra till att förbättra rätt infopartnerskapsrelationer
2. Införa "garantier" om mängd åtgärder som ska kunna göras varje vecka
3. Titta in om bättre vid framställning av slyg tidtabell
4. Tydliggöra flexibiliteten hos måltägen så att de kan få bättre möjliga kopplingar
5. Kunna ha icke-100% knuffligt åtgärdat tåg i tidtabellen
6. Bättre metoder och system för nya tåg i del av planeringen
7. Titta på att åtgärder justeras underlägsna i längd man håller i stället för
8. Kommunikationer om tåg i tidtabellen kan bli en del av tåg
9. Säkerställ bättre ledning för tågmetoder för tidtabellplanering
10. Att man i planeringsskedet kan göra större flygningar av bannarbeten
11. Att man i operativt skede kommunicerar om ett planerat bannarbete knuffligt ut ett mindre tidsintervall
12. Bättre kommunikation om alternativa möjligheter knuffligt ut t.ex. kan tåg starta tidigare, senare, kan tåg köras på natten i stället för på dagen?
13. Införa C-ADSS i alla lok och i uppföljning
14. Flexibla prioritering vid tågmetoder för att kunna ta hänsyn till helheten, kunna banta från prioriteringskriterier, se på de kvalitetsaspekter
15. Fler tågprioriteringar
16. Längre väntetider på driftplatser
17. Partitilläddubbelkör
18. Sannolikhetsinför på flera stationer
19. Införa ERTMS
20. Bättre möjlighet att ta hänsyn till på terminalerna. Se över spåranslutningarna
21. Kommunikation om plats på terminalerna
22. Bättre kommunikation TRMTC Öppen och tätare dialog
23. Strukturera information utbytet om tågs behov, prioritering, tidfönster, etc. Etablerad dialog om alternativa lösningar vid problem eller
24. Sätta ett i en i varandra situationer t.ex. STEG skärms MTC
25. Kunna specificera förutsättningar/konflikter i tidtabellen t.ex. om det är viktigt att det kommer fram i tid
26. Mer informationsutbyte mellan tillverkare
27. Utvärdera inledning mellan operatörer - vem kan lämpas bäst?
28. Bättre beslutstöd för tillverkare t.ex. väntetider, tågbeskrivningar, uppkoppling av anknäpningar
29. Att till bättre ska kunna se och ta hänsyn till kopplingar mellan tåg t.ex. hur anknäpningar och resgående tåg hänger ihop
30. Låta att i STEG kunna se risker för "stora problem" t.ex. som anknäpningar, besöksutgående eller omläpp som bryter

Åtgärder för flexibilitet



1. Identifiera mest tillgängliga taglagens behov för olika taglag för att prioritera rätt infrastrukturstärkningar
2. Införa "garanterad" mängd taglagen som ska kunna boka varje vecka
3. Tillsammans boka vid framställan av en lag tidtabell
4. **Tagggen i bredd betonas och underlättas så att de kan få bättre utnyttning**
5. Kanon har i ca 100% kapacitet taglade tag i tidtabellen
6. **Bättre metoder och system för nya tag och planering**
7. **Tillåta att taglagen justeras underlättas så länge man håller utsläppen**
8. **Kommunicera hur tag i tidtabellen kan bli en del i tag**
9. Säkerställ bokningstider för tagmetoder för tidtabellplanering
10. Att man i planeringsskedet kan göra större flyttningar av bannarbeten
11. Att man i operativskedet kommunicerar om att i planerat bannarbete kan flyttas ett mindre tidsintervall
12. **Bättre kommunikation i alternativen utgående från deklarerat tidsintervall som tag starta tidigare eller senare än vad som står i taggen**
13. **Införa CPDAS i alla lok och tillfälligt**
14. **Planeringsprioritering vid taggen för att kunna ta hänsyn till behållna bannarbeteplaneringssystem och andra bannarbeteplaneringssystem**
15. Fler transportalternativ
16. Längre väntetider på driftplaner
17. Partitillägg på driftplaner
18. Särskilda infopointer för flera stationer
19. Införa ERTMS
20. Bättre möjlighet att ta ut fler tag på terminalerna. Se över spåranslutningarna
21. Kommunikation om plats på terminalerna
22. **Bättre kommunikation TRMTC. Öppen och tätare dialog**
23. **Strukturerat informationsutbyte om taggen i bredd - prioritering, tidplaner etc. Etablerad dialog om alternativen löningar vid problem eller utveckling**
24. Sätta ett i sin vardags situationer t.ex. STEG skärms MTC
25. Kanon specificera förutställningar i kapacitet för alla tag gällande t.ex. om det är viktigt att det kommer fram i tid
26. Mer informationsutbyte mellan till och från
27. Utvärdera inledning mellan operatörer - vem kan lösa problem när?
28. Bättre beslutstöd för till och från t.ex. väntetider, järntid, bokningar, uppkoppling av anknäpningar
29. Att till bättre ska kunna se och ta hänsyn till bopplingar mellan tag t.ex. hur anknäpningar och utgående tag hänger ihop
30. Lätta att i STEG kunna se rekommendationer för "stora problem" t.ex. om rekommendationer för utgående eller inkommande tag som bryter

- Kommunikation
- Infrastruktur (utbyggnad)
- Ändrade processer/regelverk
- Bättre beslutsstöd
- (Bredd-)införande av existerande teknik

Hur flexibelt arbetar man idag?

Hur flexibelt arbetar man idag?

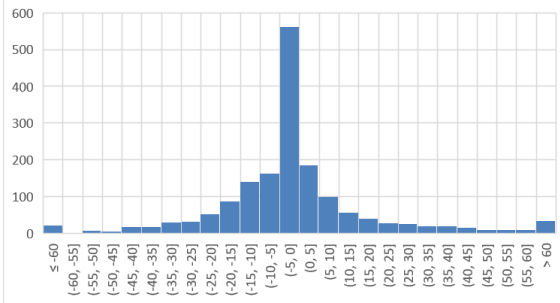
Studier av trafikdata (2020)

- A) Hur mycket avviker man från tidtabell?
Hur förändras avvikelser under resan?

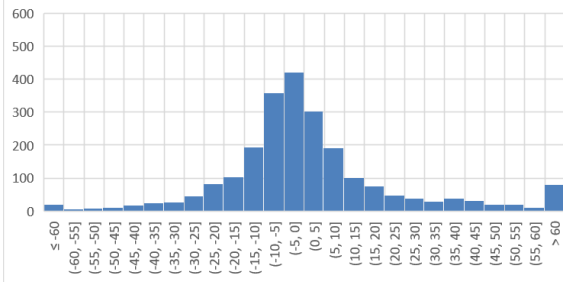
- B) Hur väl följer tågen "tidtabellens struktur"?
Hur mycket förändras platser för möten?

Ökning av tidsavvikelser

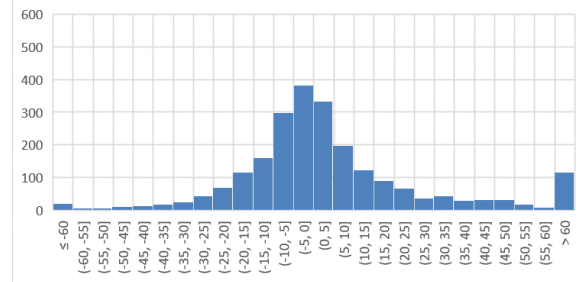
Avgångstid avvikelse KMB norrgrående



Avgångstid avvikelse TNK norrgrående



Avgångstid avvikelse AK norrgrående

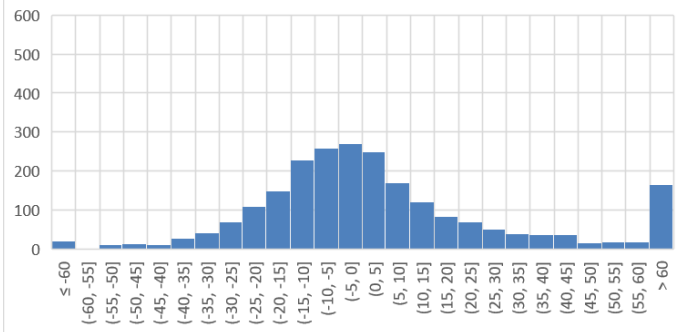


Vid avgång (median: 0; medelavvikelse: 13 min)

Efter 25% av färd (-1; 17)

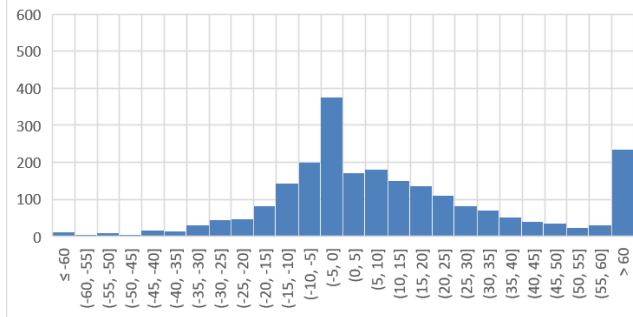
Efter 50% av färd (0; 21)

Ankomsttid avvikelse BJJ norrgrående



Efter 75% av färd (-1; 27)

Ankomsttid avvikelse LKAB i Narvik norrgrående
(OBS! Annan datakälla)



Vid ankomst (5; 32)

Slutsats avvikelser

Slutsats:

- Avvikelse från tidtabell ökar under resans gång
- I median är tåg ganska så i tid
- Antal tidiga och grad av tidighet växer under resans gång
- Antal sena deras försening växer under resans gång

Hur väl följer man "tidtabellens struktur"?

- Mötesanalys: studera hur möten flyttas operativt från mötesplatsen som är specificerad i tidtabellen

Nr	Delsträcka
1	Luleå-Boden
2	Boden-Gällivare
3	Gällivare-Kiruna
4	Kiruna-Vassijaure

Klassificering i 4 grupper:

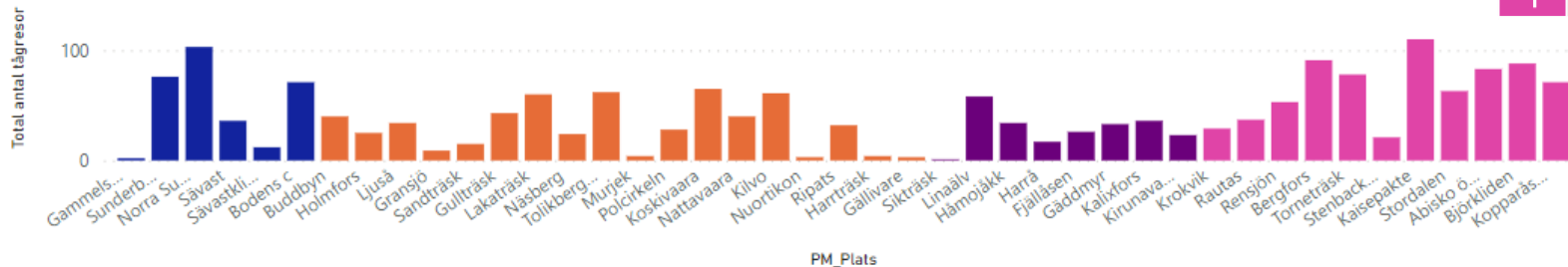
1. Flyttat: Möten som tas på annan plats än tidtabell
2. Icke flyttat: Möten som tas på samma plats om i tidtabell
3. Ej planerat: Tågmötet finns inte i tidtabellen (t.ex. sent tåg möter tåg det annars inte skulle mött)
4. Ej utfört: Möte finns i tidtabellen, men har ej utförts (t.ex. för att tidigt tåg hunnit fram)

Notera: ej planerat/ej utfört beror inte på att tåg ställts in. Vårt data innehåller endast tåg som körts.

Hur väl följer man "tidtabellens struktur"?

Planerad mötesplats

Delsträcka ● 1 ● 2 ● 3 ● 4

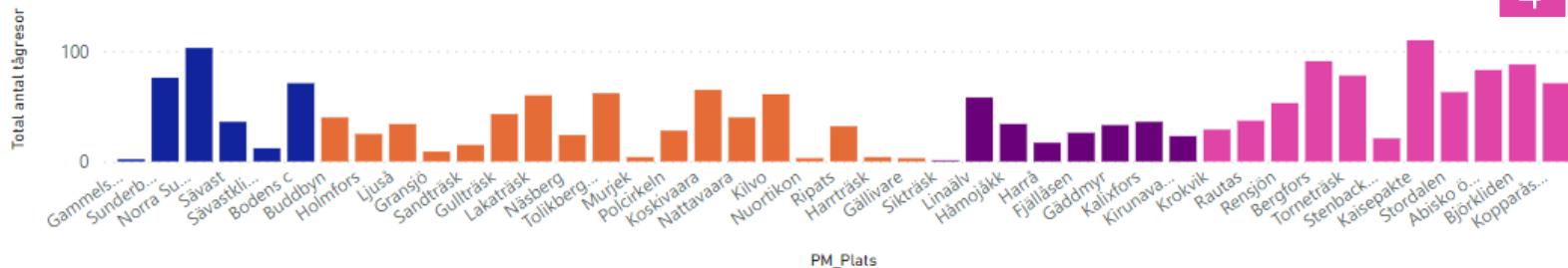


Nr	Delsträcka
1	Luleå-Boden
2	Boden-Gällivare
3	Gällivare-Kiruna
4	Kiruna-Vassijaure

Hur väl följer man "tidtabellens struktur"?

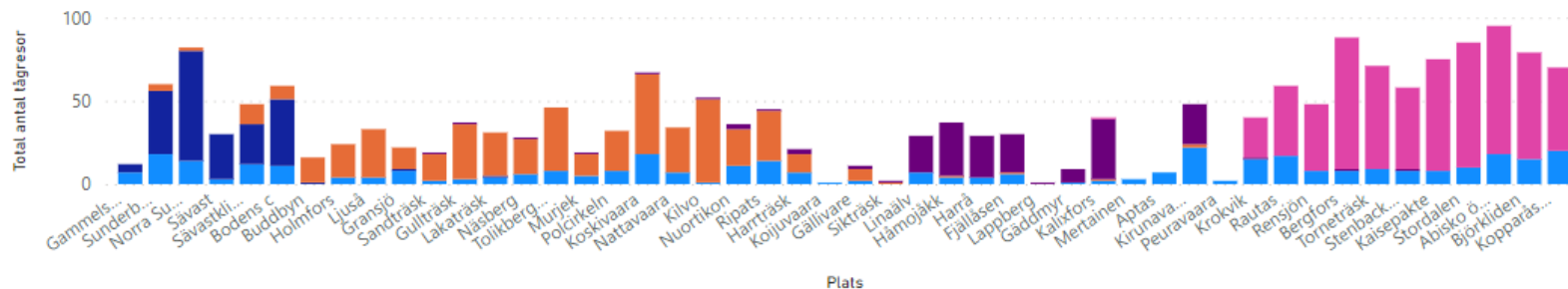
Planerad mötesplats

Delsträcka ● 1 ● 2 ● 3 ● 4



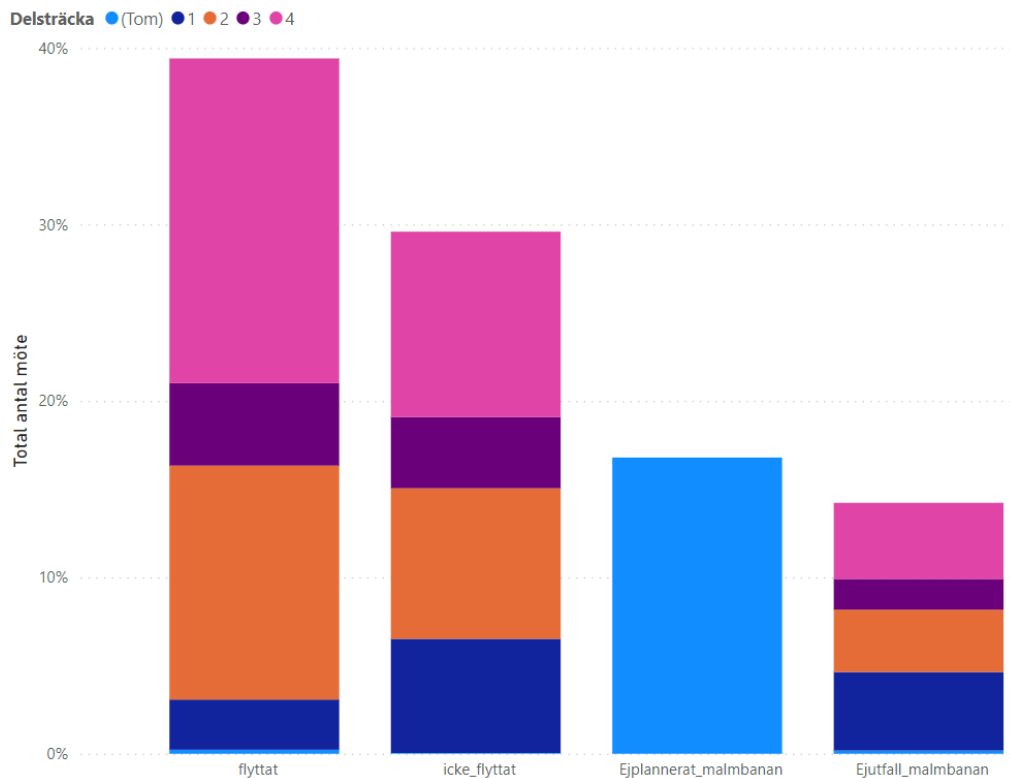
utfall mötesplats

Delsträcka ● (Tom) ● 1 ● 2 ● 3 ● 4



Nr	Delsträcka
1	Luleå-Boden
2	Boden-Gällivare
3	Gällivare-Kiruna
4	Kiruna-Vassijaure

Hur väl följer man "tidtabellens struktur"?



Slutsatser mötesanalys

- Mellan Kiruna – Vassijaure görs endast 27% möten som planerat i tidtabell. (Övriga sträckor: 39%, 28%, 32%)
- Vissa platser har i tidtabell väldigt få byten, men i praktiken mycket fler (t.ex. Stenbacken, Kirunavaara).

Hur flexibelt arbetar man idag?

Slutsatser:

- Liten andel av trafiken körs helt enligt tidtabell.
- Mycket av trafiken omplaneras mer eller mindre.
- Trafikledning verkar ha kompetens att hantera avvikelser.
- Inte: "Man måste köra som tidtabellen annars fungerar det inte"
Utan: "Hur strukturerar vi processer och för att fånga upp flexibilitetsbehov och hanterar konsekvenser?"

Hur påverkas trafiken av olika grader av flexibilitet?

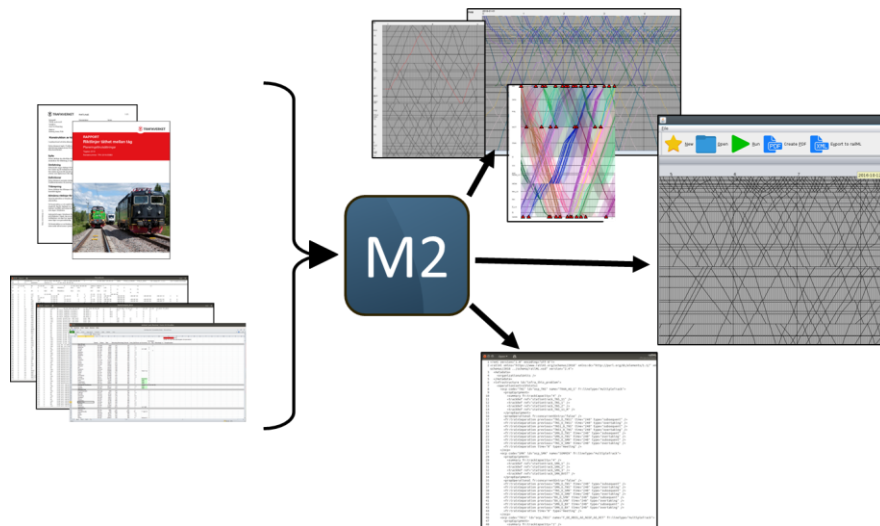
Hur påverkas trafiken av flexibilitet?

Tidtabellsanalys (2020)

- A) Hur påverkas det flexibla/flyttade tåget av olika grader av flexibilitet?
- B) Hur påverkas annan trafik av flexibiliteten?

M2 experiment

- M2 är en forskningskod som använder optimering för att generera tidtabeller.
- För Norge saknades data – gångtidsmallar och geografi (+utökade förbigångsspår) från 2014 användes.

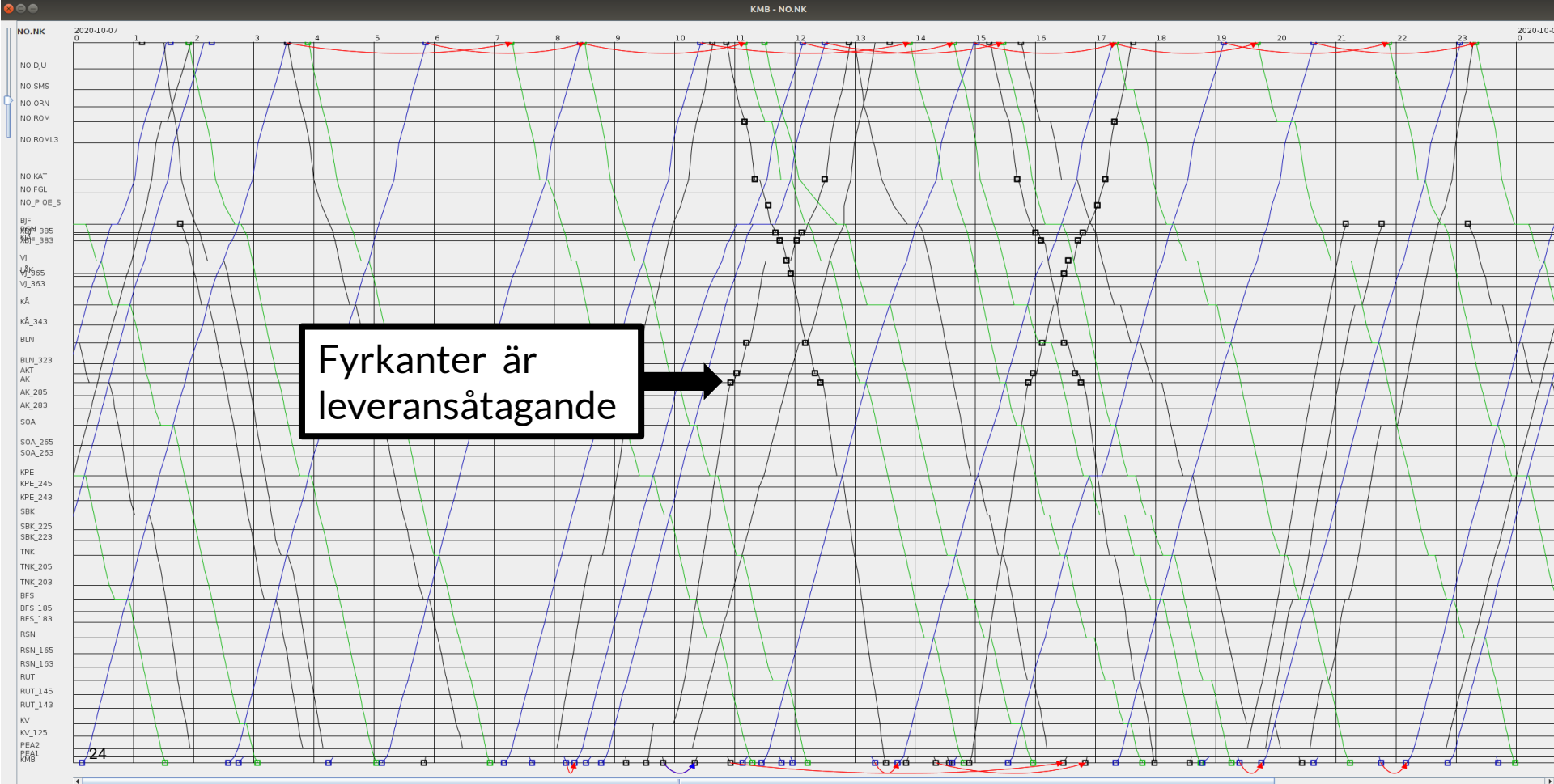


M2 experiment

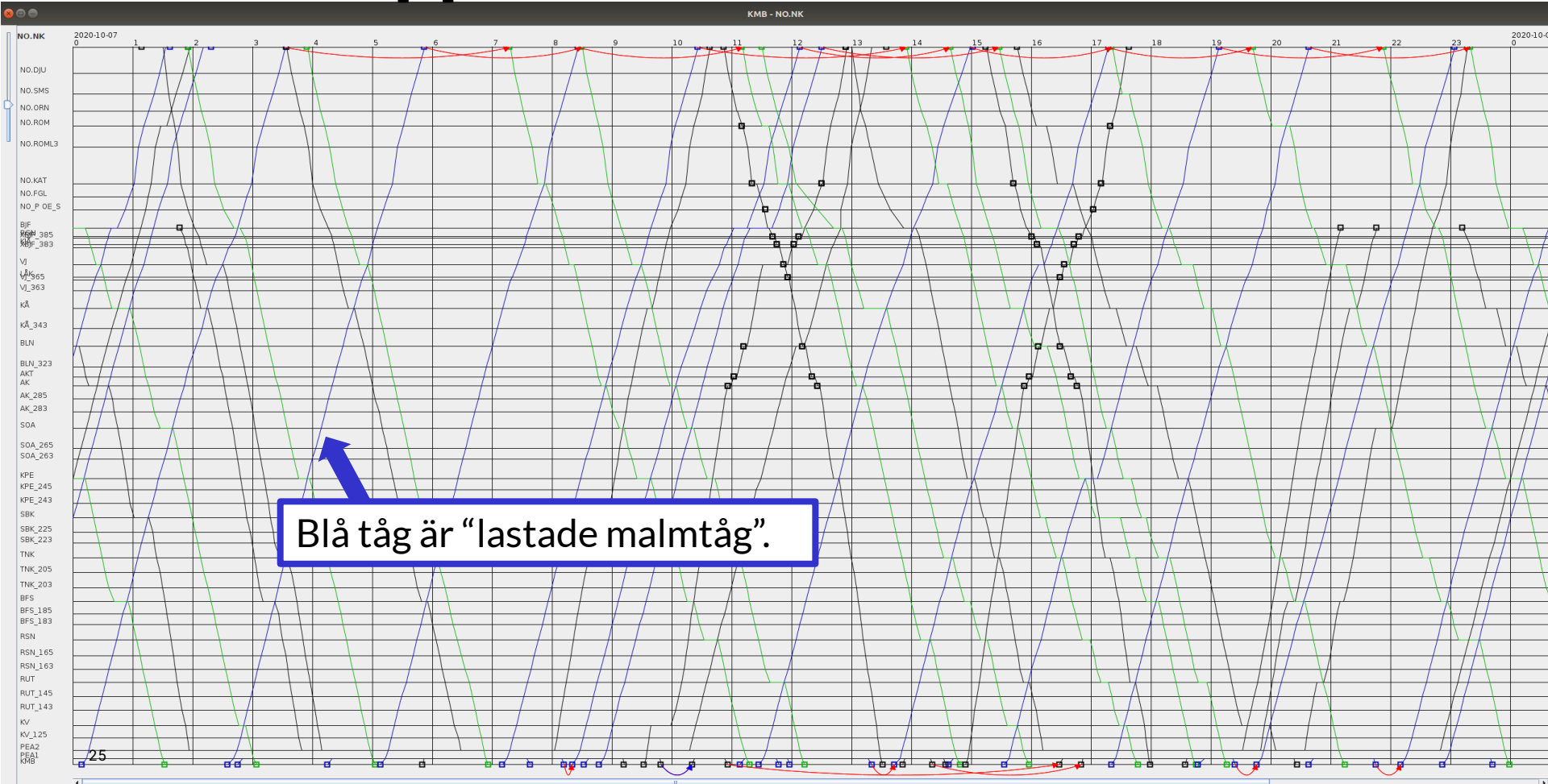
- Narvik till Luleå.
- 7 oktober 2020 (150 tåg)
- Jämförelsetidtabell: konfliktfri, nära fastställd tågplan.



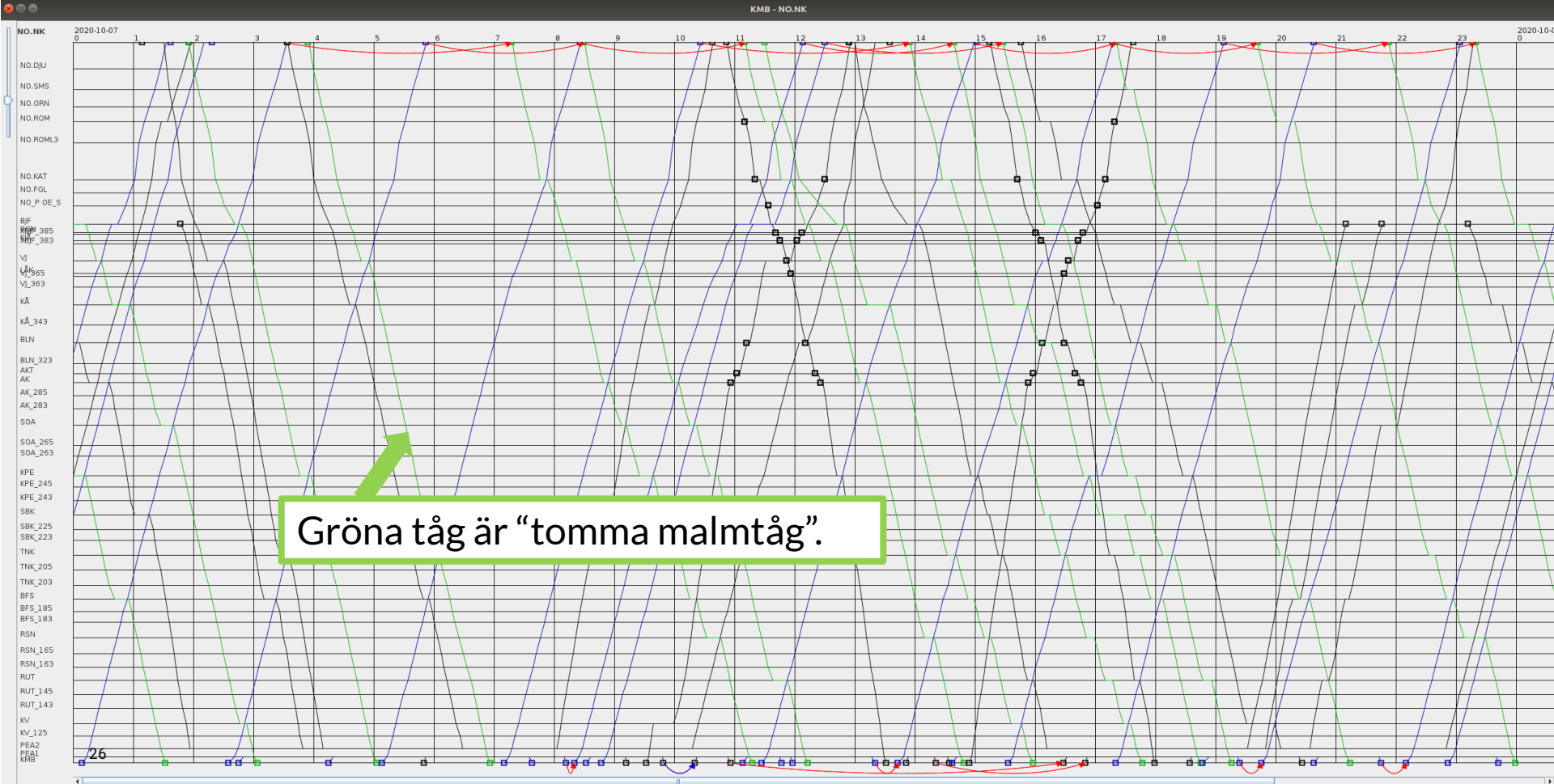
Norra omloppet



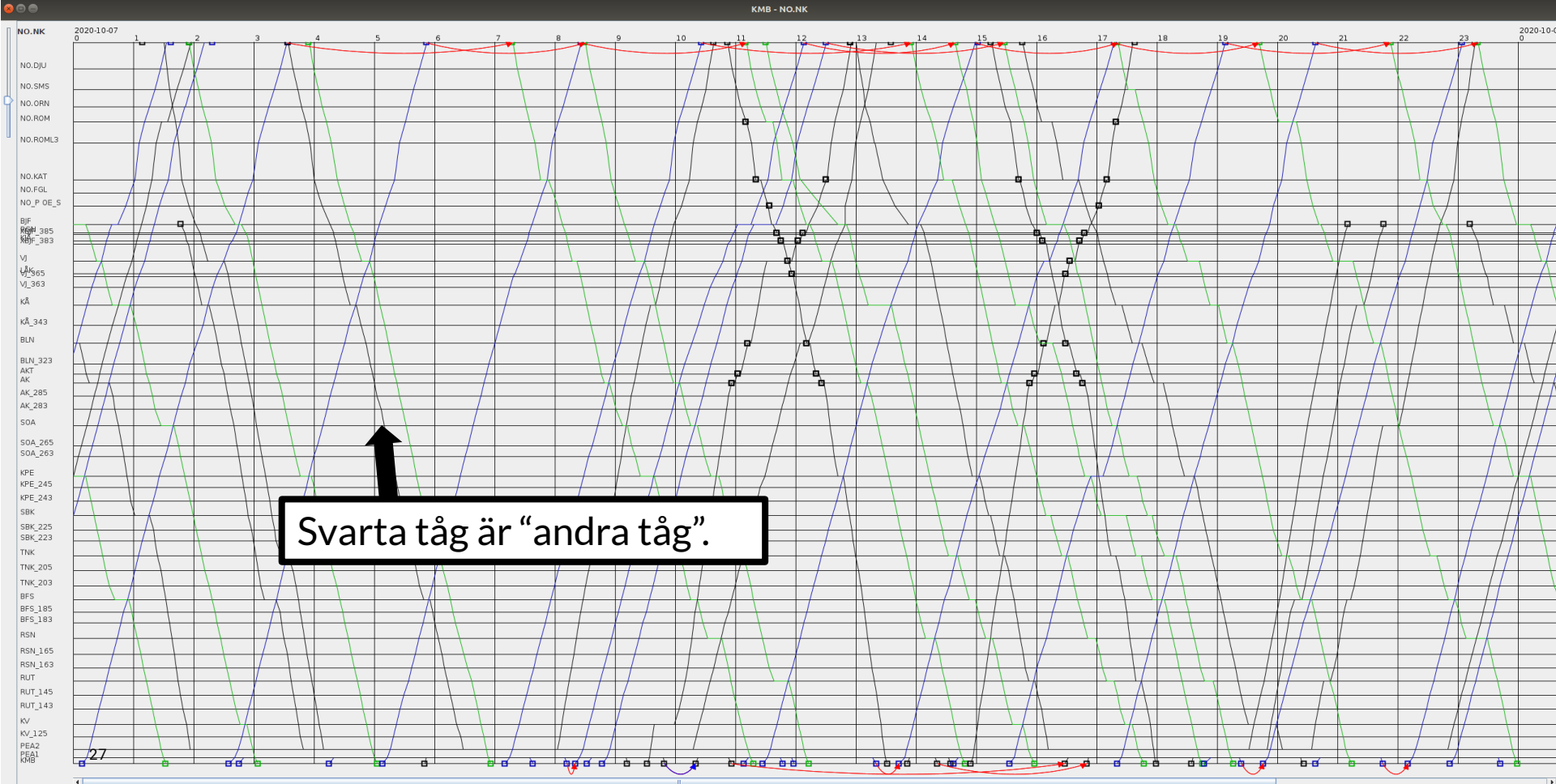
Norra omloppet



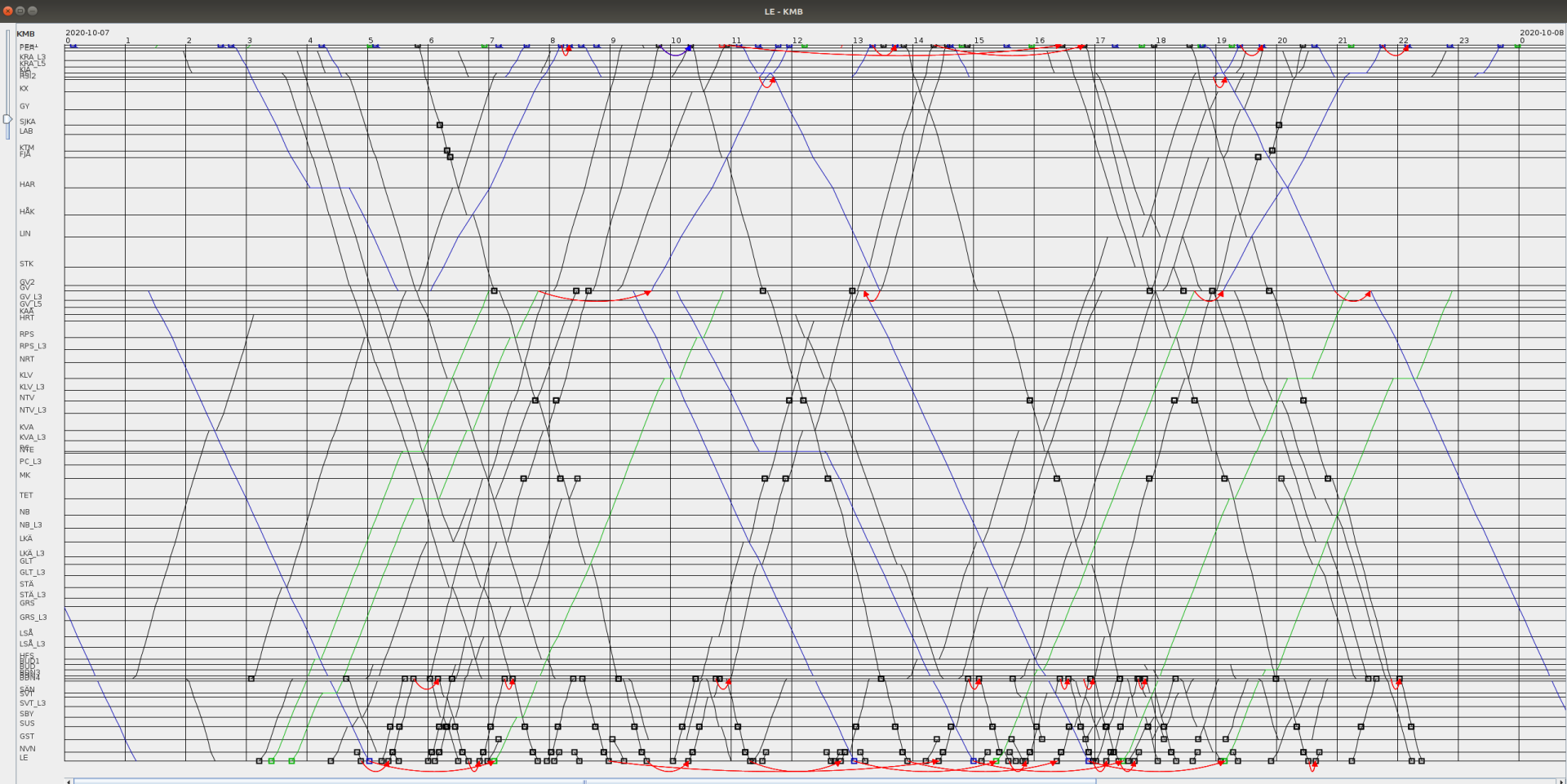
Norra omloppet



Norra omloppet



Södra omloppet



Flexibilitet i det operativa skedet

- Tidig avgång från Kiruna.
- I slutrapporten: sen avgång från Narvik.

Tidig avgång från Kiruna

Idag kommer vi bli klara snabbare än vanligt.



- Lastat tåg redo att avgå från KMB 60 minuter tidigt.
- Hitta ett tågläge som går mellan 50 och 70 minuter före planerad avgångstid.

Tidig avgång från Kiruna

Idag kommer vi bli klara snabbare än vanligt.



- Lastat tåg redo att avgå från KMB 60 minuter tidigt.
- Hitta ett tågläge som går mellan 50 och 70 minuter före planerad avgångstid.
- Krav: Tåg som inte har operatör MTAB får inte flyttas på leveransåtaganden.
- Krav: Associationer får inte bli sämre än i fastställd tågplan.

Tidig avgång från Kiruna

Idag kommer vi bli klara snabbare än vanligt.



- Lastat tåg redo att avgå från KMB 60 minuter tidigt.
- Hitta ett tågläge som går mellan 50 och 70 minuter före planerad avgångstid.
- Krav: Tåg som inte har operatör MTAB får inte flyttas på leveransåtaganden.
- Krav: Associationer får inte bli sämre än i fastställd tågplan.
- Planera om för tåget i bastidtabellen med olika flexibilitetsgrader.
- Minimera körtid för tidigt tåg, och avstånd till leveransåtagande för andra MTAB tåg.

Tidig avgång från Kiruna

Idag kommer vi bli klara snabbare än vanligt.



- Lastat tåg redo att avgå från KMB 60 minuter tidigt.
- Hitta ett tågläge som går mellan 50 och 70 minuter före planerad avgångstid.
- Krav: Tåg som inte har operatör MTAB får inte flyttas på leveransåtaganden.
- Krav: Associationer får inte bli sämre än i fastställd tågplan.
- Planera om för tåget i bastidtabellen med olika flexibilitetsgrader.
- Minimera körtid för tidigt tåg, och avstånd till leveransåtagande för andra MTB tåg.

- 1) Övriga tåg får inte flytta på sig alls.
- 2) Övriga tåg får flytta på sig inom +/- 10 minuter.
- 3) Övriga tåg får flytta på sig inom +/- 30 minuter.

Tidig avgång från Kiruna

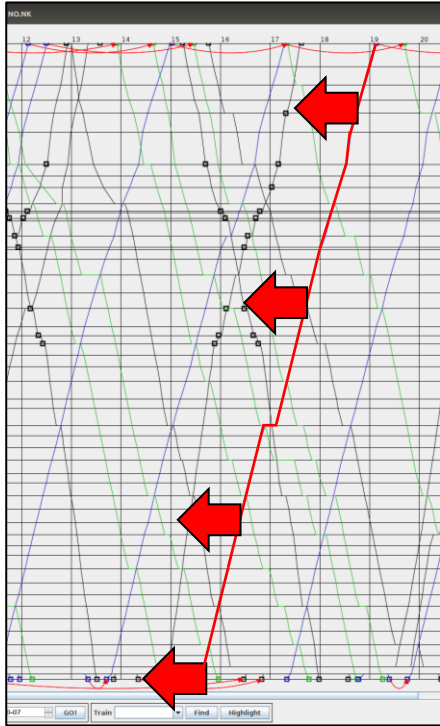
Idag kommer vi bli klara snabbare än vanligt.



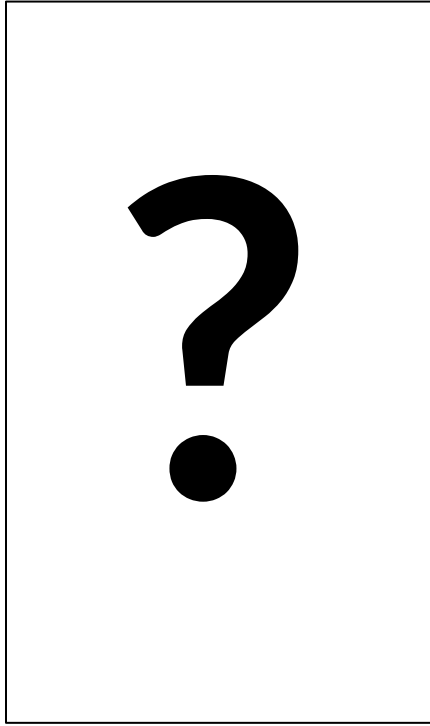
- Lastat tåg redo att avgå från KMB 60 minuter tidigt.
- Hitta ett tågläge som går mellan 50 och 70 minuter före planerad avgångstid.
- Krav: Tåg som inte har operatör MTAB får inte flyttas på leveransåtaganden.
- Krav: Associationer får inte bli sämre än i fastställd tågplan.
- Planera om för tåget i bastidtabellen med olika flexibilitetsgrader.
- Minimera körtid för tidigt tåg, och avstånd till leveransåtagande för andra MTB tåg.

Inte vara ute på spåren allt för länge, inte tappa all tidsvinst.

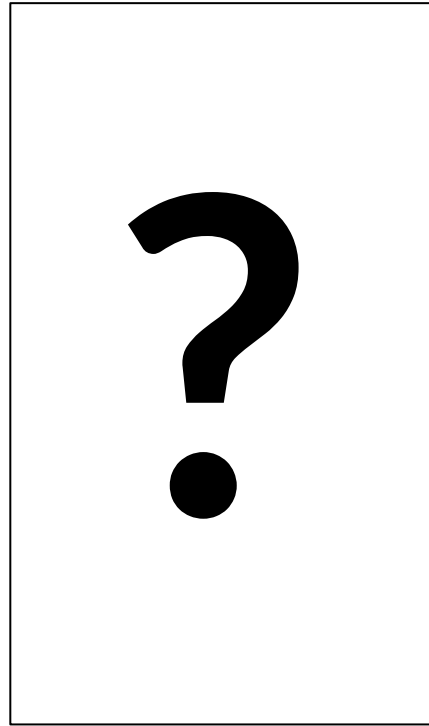
Exempel: Tåg 9916.



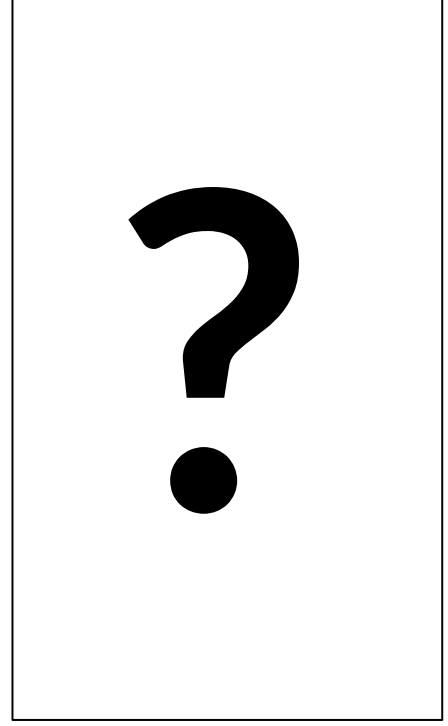
Jämförelsetidtabell



Övriga tåg får flytta på sig
+/- 0 minuter (dvs. inte alls).

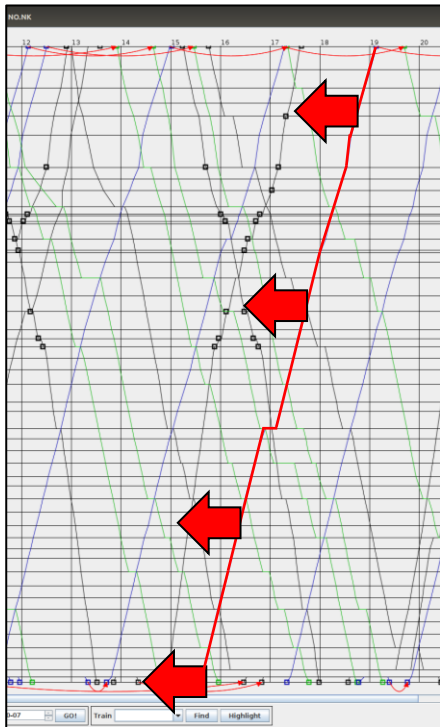


Övriga tåg får flytta på sig
+/- 10 minuter.



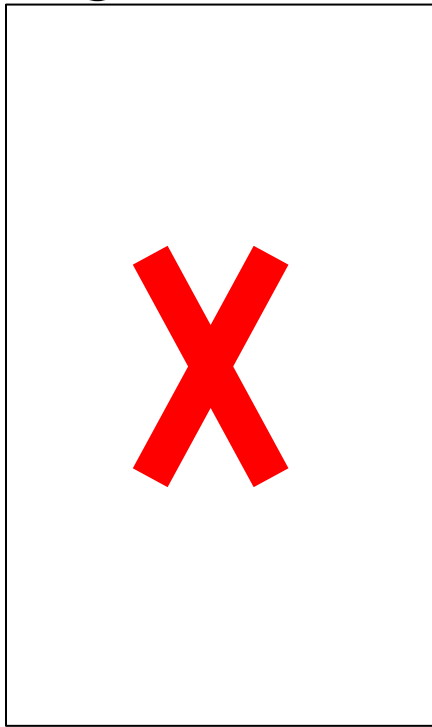
Övriga tåg får flytta på sig
+/- 30 minuter.

Exempel: Tåg 9916



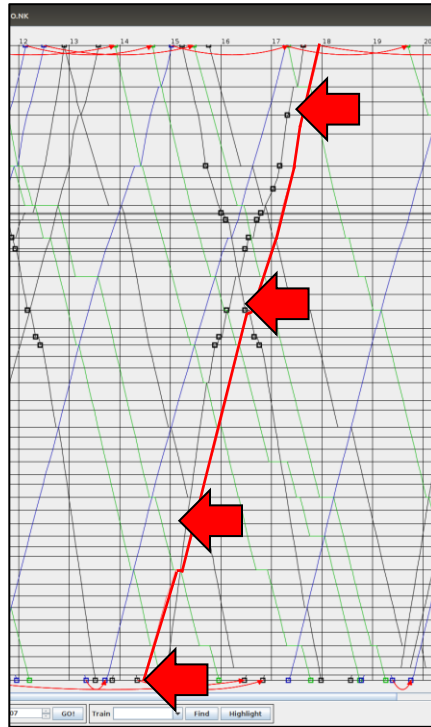
Jämförelsetidtabell

9916 har en körtid på 215 min.



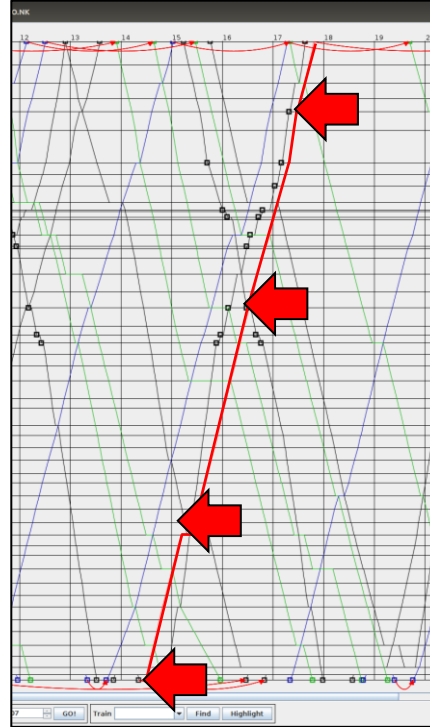
Övriga tåg får flytta på sig +/- 0 minuter (dvs. inte alls).

Går inte att lösa.



Övriga tåg får flytta på sig +/- 10 minuter.

Resultat: 210 min körtid.



Övriga tåg får flytta på sig +/- 30 minuter.

Resultat: 202 min körtid.

Sammanställning flera tidtabeller

- Tidigarelägg MTAB tåg KMB-NK 50-70 min (ett åt gången). Totalt 13 tåg.
- Sammanställ data från alla 13 tidtabeller.

	Jämförelse	Andra tåg får flytta på sig +/-0 min	Andra tåg får flytta på sig +/-10 min	Andra tåg får flytta på sig +/-30 min
Går inte att lösa (#)	NA	2	0	0
Körtid tidigt tåg (medelvärde, minuter)	198.7	277.6	226.9	221.8
Antal tåg i tidtabell som inte uppfyller sina leveransåtagande (ej MTAB) (max, #)	0	0	0	0
Antal tåg i tidtabell som inte uppfyller sina leveransåtagande (MTAB) (max, #)	0	0	2	1
Skillnad från leveransåtagande (MTAB) (max, minuter)	0.0	0.0	3.1	3.7

Flexibilitet i korttiden

- Flexibilitet runt ansökt avgångstid.
- I slutrapporten: Flexibilitet för andra tåg när man lägger in det nya tågläget (successiv tilldelning).

Flexibilitet runt ansökt avgångstid

- Ansökan om nytt tåg som ska trådas in i bastidtabellen.
- Det nya tåget är en kopia av 9904 (avgår 02:35), men med annan, senarelagd önskad avgångstid.

Flexibilitet runt ansökt avgångstid

- Ansökan om nytt tåg som ska trådas in i bastidtabellen.
- Det nya tåget är en kopia av 9904 (avgår 02:35), men med annan, senarelagd önskad avgångstid.
- Krav: Inga andra tåg får ändras (överhuvudtaget).

Flexibilitet runt ansökt avgångstid

- Ansökan om nytt tåg som ska trädas in i bastidtabellen.
- Det nya tåget är en kopia av 9904 (avgår 02:35), men med annan, senarelagd önskad avgångstid.
- Krav: Inga andra tåg får ändras (överhuvudtaget).
- Lägg in tåget i bastidtabellen med olika frihet runt den önskade avgångstiden.
- Minimera körtid för ansökt tåg.

Flexibilitet runt ansökt avgångstid

- Ansökan om nytt tåg som ska trådas in i bastidtabellen.
- Det nya tåget är en kopia av 9904 (avgår 02:35), men med annan, senarelagd önskad avgångstid.
- Krav: Inga andra tåg får ändras (överhuvudtaget).
- Lägg in tåget i bastidtabellen med olika frihet runt den önskade avgångstiden.
- Minimera körtid för ansökt tåg.

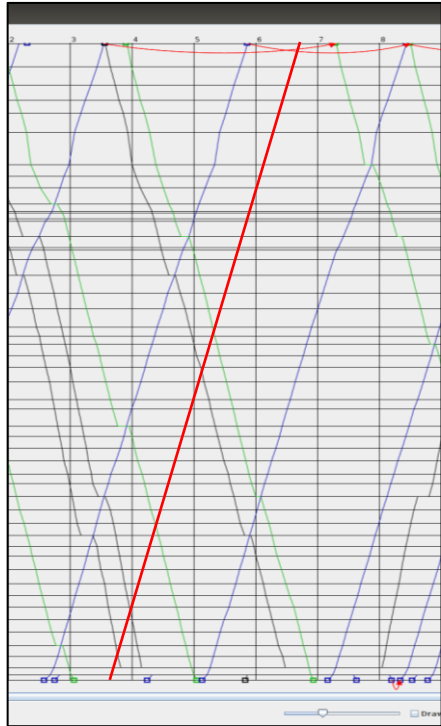
- 1) Får flytta på sig 3 min.
- 2) Får flytta på sig 15 min.
- 3) Får flytta på sig 45 min.

Flexibilitet runt ansökt avgångstid

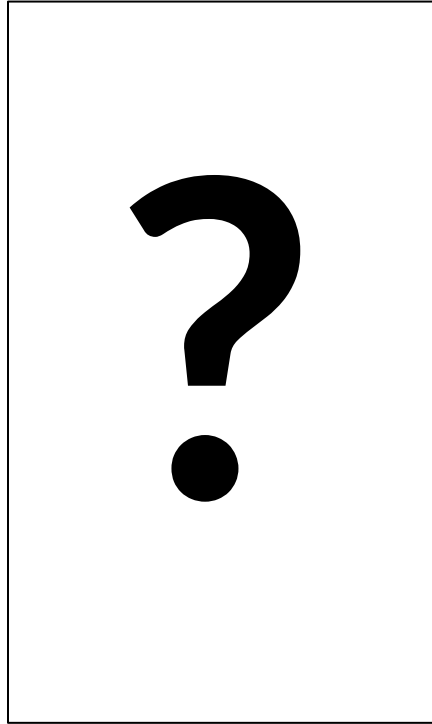
- Ansökan om nytt tåg som ska trådas in i bastidtabellen.
- Det nya tåget är en kopia av 9904 (avgår 02:35), men med annan, senarelagd önskad avgångstid.
- Krav: Inga andra tåg får ändras (överhuvudtaget).
- Lägg in tåget i bastidtabellen med olika frihet runt den önskade avgångstiden.
- Minimera körtid för ansökt tåg.

Antagande att detta är vad som önskas.

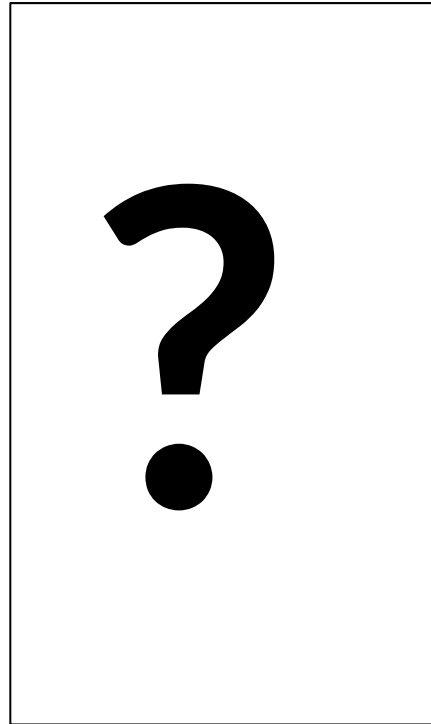
Exempel: 9904+1h.



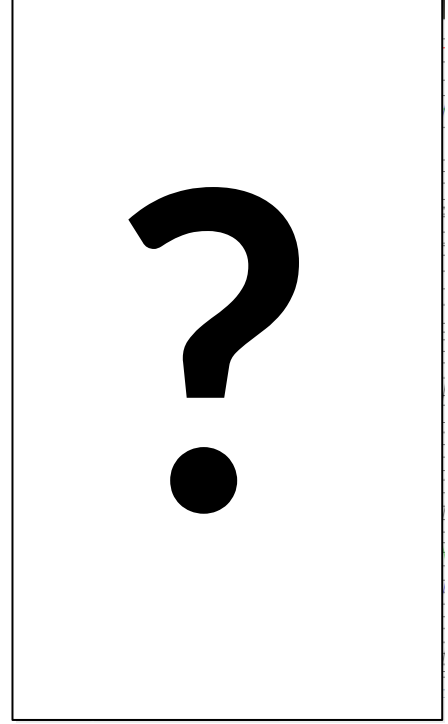
Jämförelsetidtabell



Avgångstid +/- 3 minuter
från önskad.

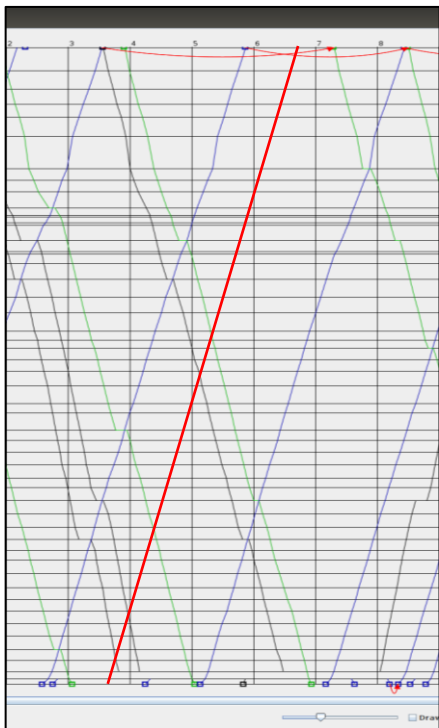


Avgångstid +/- 15 minuter
från önskad.



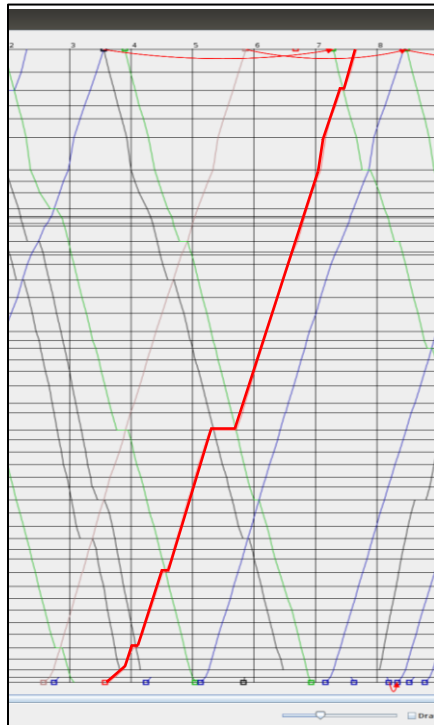
Avgångstid +/- 45 minuter
från önskad.

Exempel: 9904+1h.



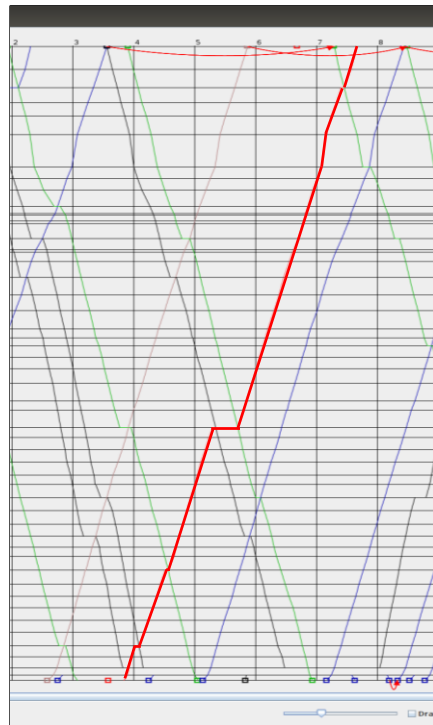
Jämförelsetidtabell

9904 har en körtid på
197 min.



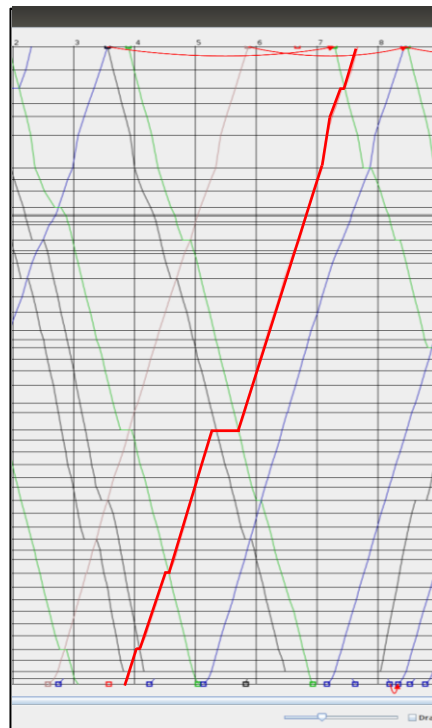
Avgångstid +/- 3 minuter
från önskad.

Resultat: 242 min körtid.



Avgångstid +/- 15 minuter
från önskad.

Resultat: 230 min körtid.



Avgångstid +/- 45 minuter
från önskad.

Resultat: 230 min körtid.

Samanställning flera tidtabeller

- 20 önskade avgångstider inom ett spann på [0, 18h], 19 slumpmässigt genererade, en från exemplet ovan (dvs. 1h).
- Sammanställ data från alla 20 tidtabeller.

	Jämförelse	±3 min	±15 min	±45 min
Går inte att lösa (#)	NA	11	3	0
Körtid inlagt tåg (medelvärde, minuter)	197.0 (körtid tåg 9904)	289.5	282.9	267.1
Antal tåg i tidtabell som inte uppfyller sina leveransåtagande (ej MTAB) (max, #)	0	0	0	0
Antal tåg i tidtabell som inte uppfyller sina leveransåtagande (MTAB) (max, #)	0	0	0	0

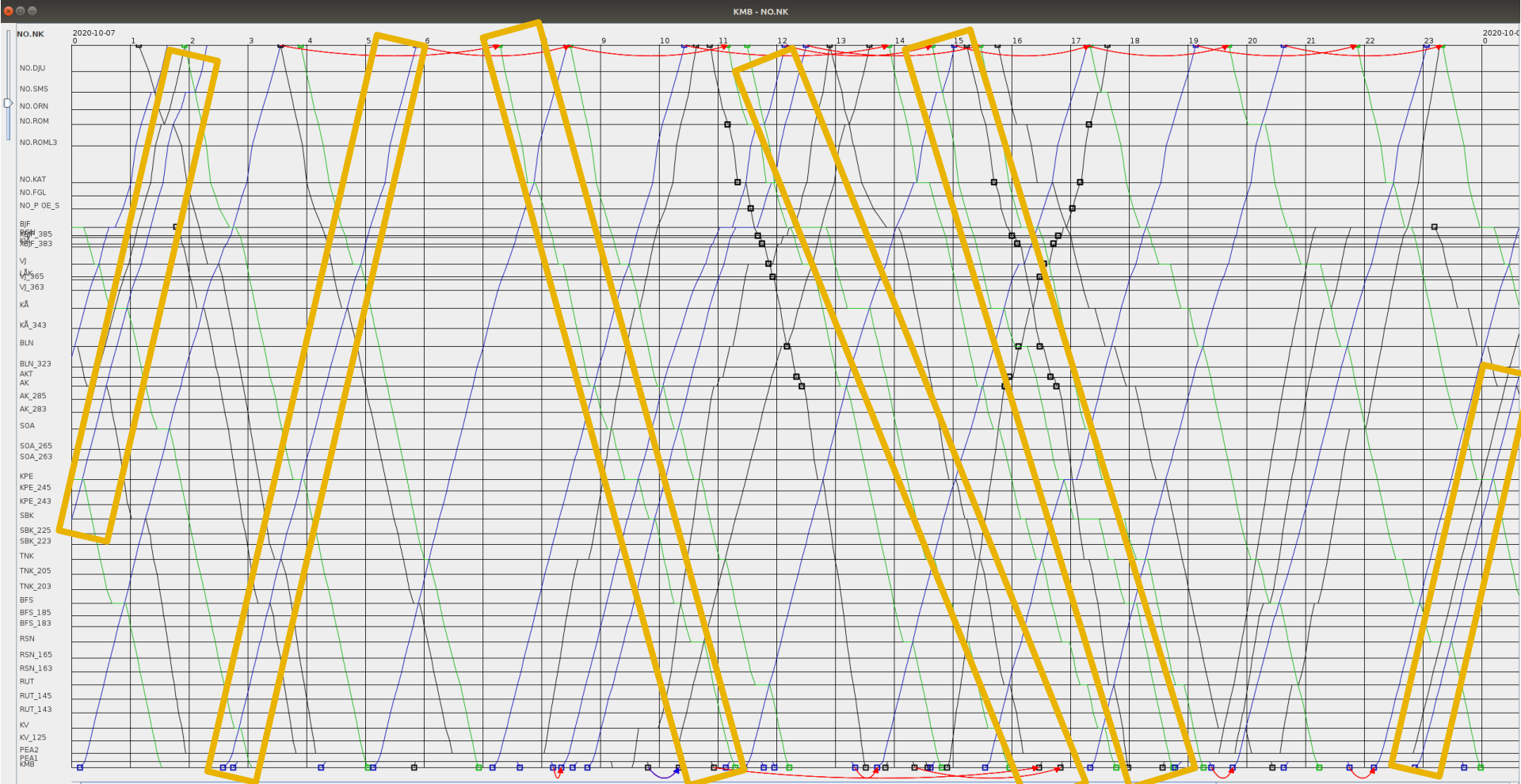
Flexibilitet i långtiden

- Bastidtabell med färre malmtågslägen.
- I slutrapporten: planera enligt successiv tilldelning för att olika stationer stängs.

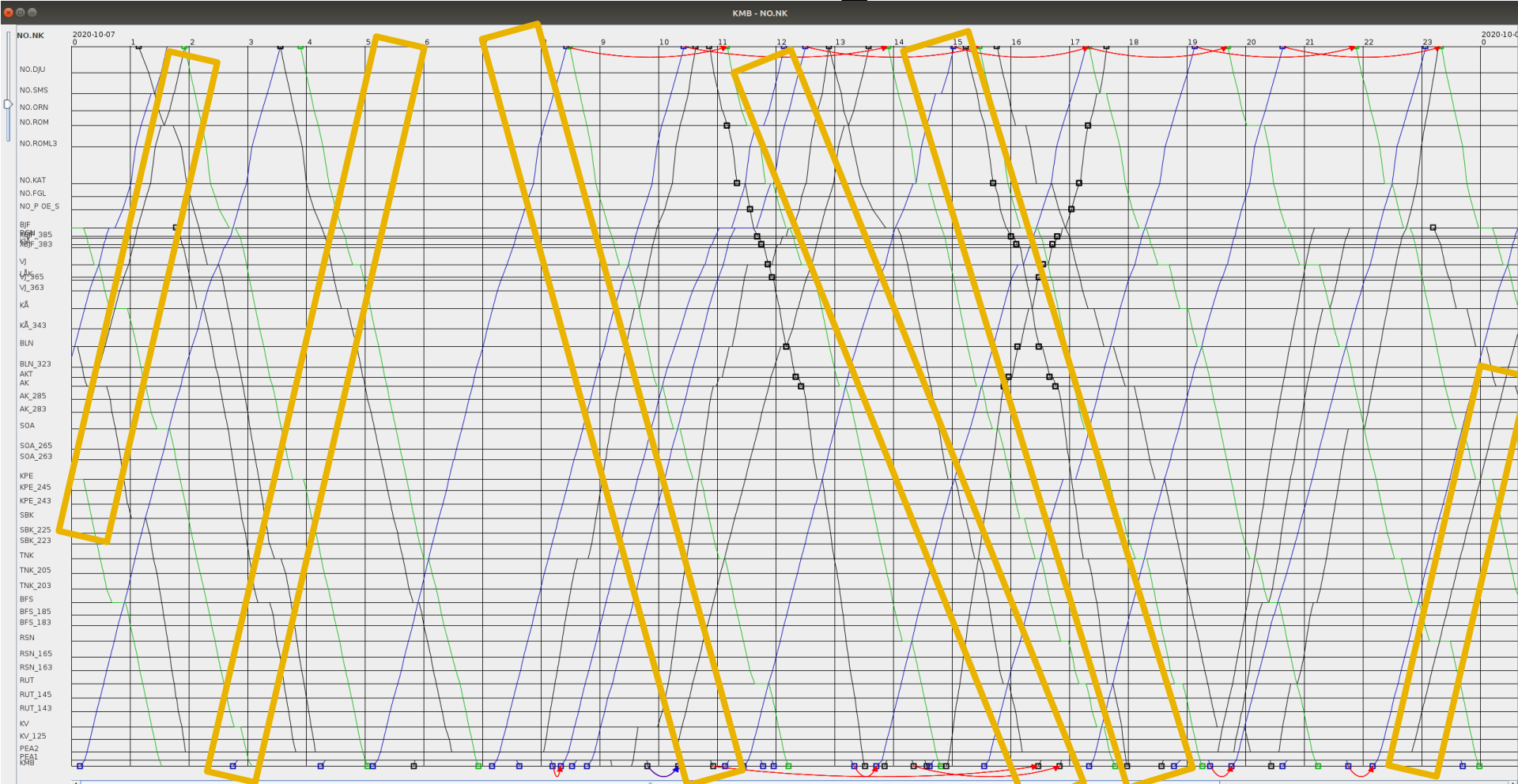
m malmtåg istället för *M*

- Ställ in 9904, 19910, 9924 samt 9905, 19909 19911.
- Minimera körtiden för alla malmtåg.
- Andra tåg (icke MKAB tåg) får inte flytta på sig.

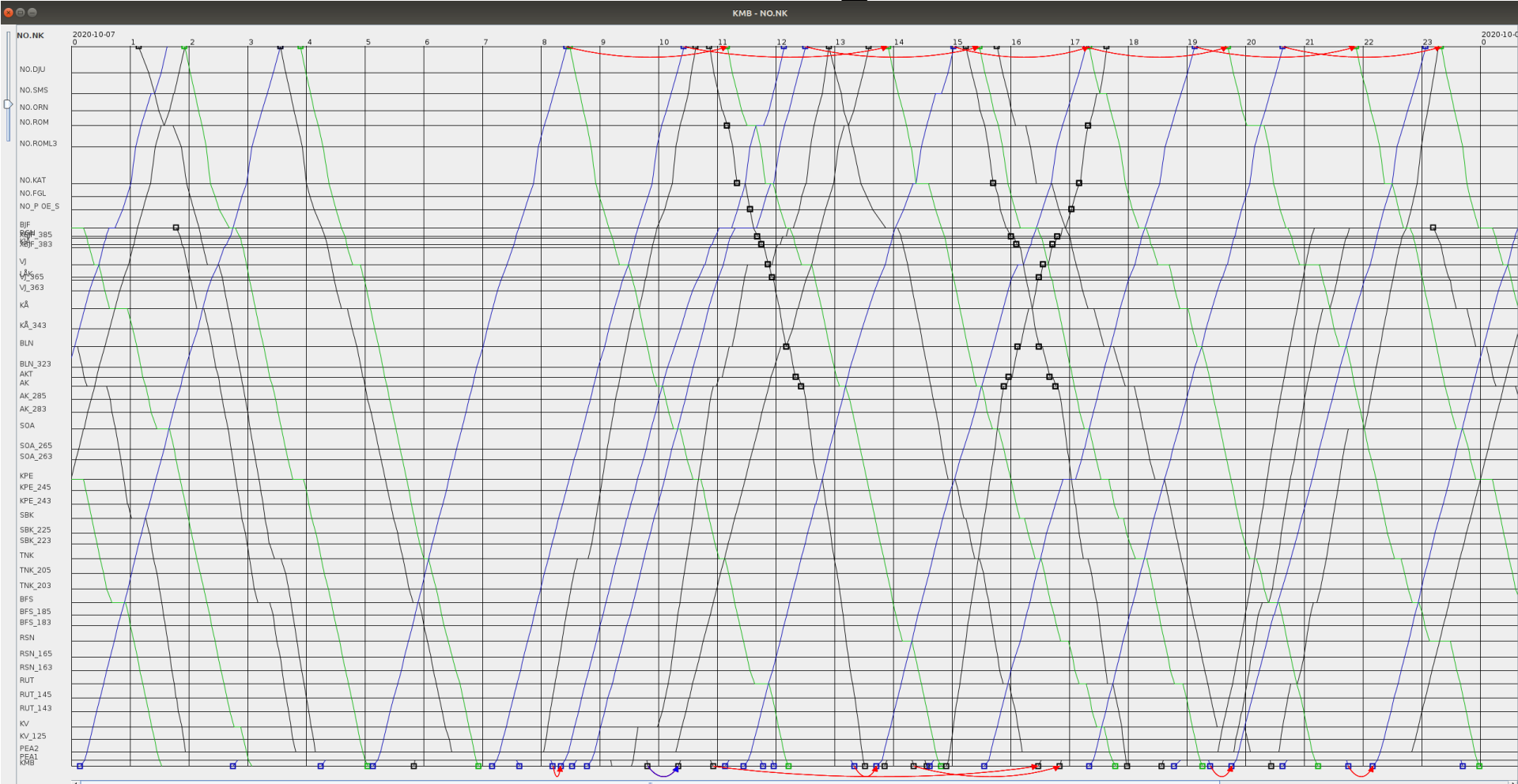
Norra omloppet



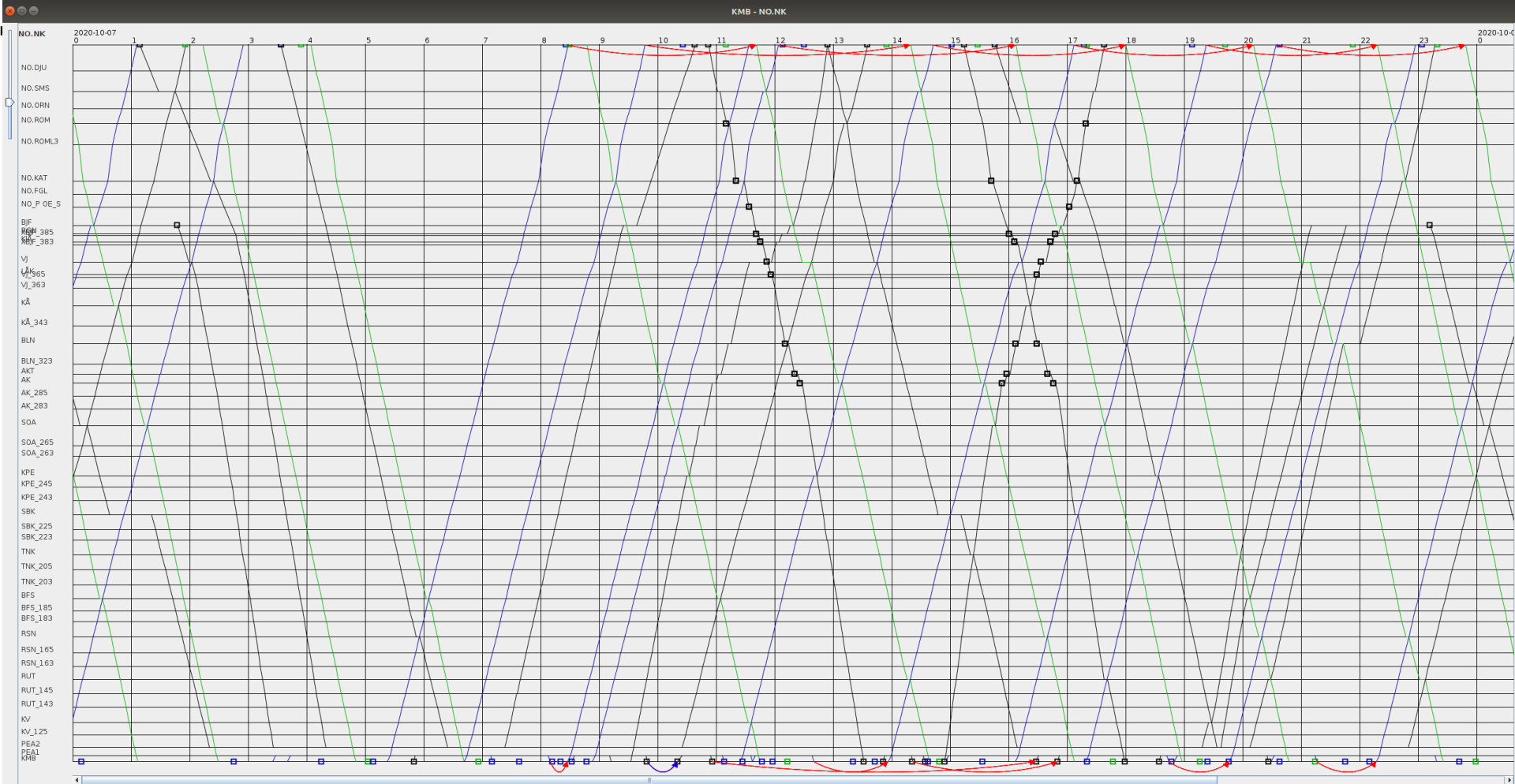
Ny basplan (med färre tåg)



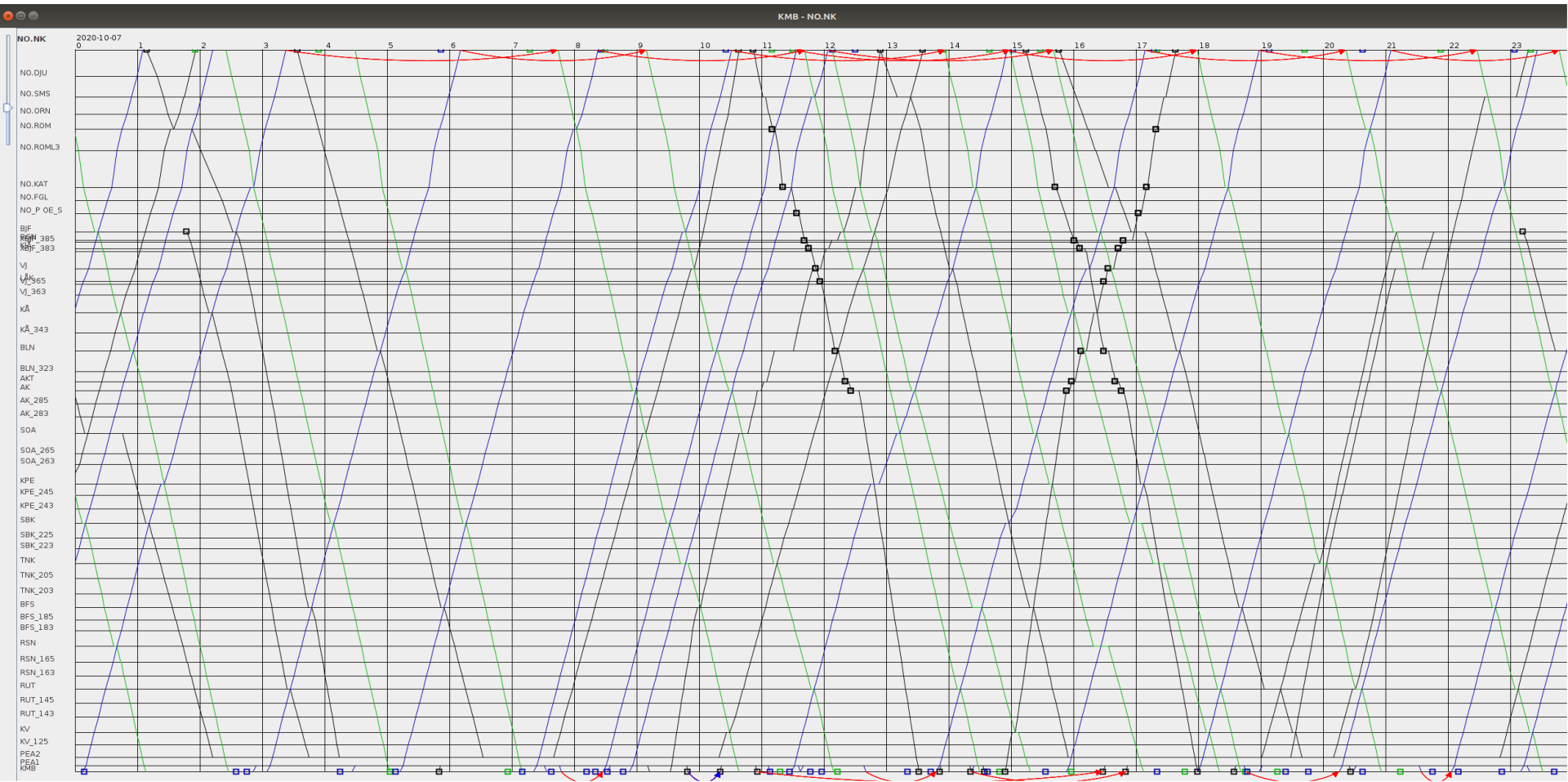
Ny basplan (med färre tåg)



Ny optimerad basplan (med färre



Optimerad jämförelse



Sammanställning

	Jämförelsetidtabell optimerad för körtid	Tågplan med färre tåg optimerad för körtid
Körtid tåg (MTAB, lastade) (medelvärde, min)	147	144
Körtid tåg (MTAB, olastade) (medelvärde, min)	174	169
Antal tåg i tidtabell som inte uppfyller sina leveransåtagande (MTAB)	112	101
Skillnad från leveransåtagande (MTAB) (max, s)	2400	2400
Antal tåg i tidtabell som inte uppfyller sina leveransåtagande (ej MTAB)	0	0

Hur påverkas trafiken av olika grader av flexibilitet?

Slutsatser:

- Ökad flexibilitet är bra för det nya/flyttade/flexibla tåget.
- Den största vinsten verkar finnas i början av flexibilitetsökningen.
- Det går att göra "flexibilitetsvinster" för malmtågen utan att det går ut över andra tåg.

Martin Joborn

`martin.joborn@ri.se`
070-570 99 92

Sara Gestrelius

`sara.gestrelius@ri.se`
076-106 14 52