

## Vägen till Successiv tilldelning och Successiv planering *Innehåll och potential*

Martin Aronsson, Malin Forsgren, Sara Gestrelus

Swedish Institute of Computer Science (SICS)

Box 1263

164 29 KISTA

email: {martin, malin, sarag}@sics.se

*Version 1.1 2011-11-14*

**Sammanfattning:** Detta PM sammanfattar SICS syn på ”vägen till Successiv tilldelning och Successiv planering” och är delvis en detaljering av den i projektet DDTP framtagna ”vägen till den dynamiska tågplanen”. Vidare sammanfattar dokumentet delar av resultaten från olika experiment och tester som utförts inom projekten Tågplan2015 och Marackasen. Dessa resultat underbygger resonemangen i de första momenten på vägen mot Successiv tilldelning och Successiv planering.

### Vägen till Successiv tilldelning och Successiv Planering

Syftet med Successiv Tilldelning (ST) och Successiv Planering (SP) är att utveckla och införa en process baserat på en ny metodik för planering av järnvägskapacitet. Denna metodik skall leda till att befintlig kapacitet och tillgängliga resurser kan användas på ett mer effektivt sätt.

Grundläggande är synen på vad som är ett *åtagande om leverans* och vad som är *produktion*: Ett åtagande definierar vad målet för produktionen är. Med detta som utgångspunkt blir målet för planeringsinsatserna olika beroende på var i tågplaneprocessen och genomförandeprocessen de utförs.

Följande är ett förslag till ett antal steg, eller moment, för att övergå till ST och SP. Dessa moment utgår från antagandet att inte införa för mycket förändringar åt gången eftersom tågplaneprocessen hanterar stora värden och varje förändring måste kvalitetssäkras. Viktig är att alla inblandade skall hinna ta till sig förändringen och därigenom känna sig säkra på sin roll och sina arbetsuppgifter i det som genomförs innan nästa steg genomförs. Momenten är numrerade nedan i den ordning det antas genomföras.

0. Gör åtskillnad på leveransåtagande och produktionsplanering i tågplanen, processen att ta fram tågplanen och arbetet med AdHoc-processen behålls i detta första steg lika som idag.

Genom att definiera vad som är ett leveransåtagande gentemot operatör och entreprenör samt kommunicera leveransåtagandet i stället för tågplanen (framföra allt i TRAV) skapas förutsättningarna för de följande momenten nedan. Detta moment innebär mest en förändring för operatör och andra auktoriserade sökanden (AS) eftersom de i och med detta steg enbart får åtagandet som svar på ansökan/beställning, ej en komplett tågplan som i mångt och mycket idag är en produktionsplan. Viktigt i detta skede är att "få med AS i båten", genom en väl genomförd förankringsprocess.

1. Utgångspunkten är att steg 0 genomförts, d.v.s använd i princip samma process som idag (processen "upprätta tågplan") men istället för att i långtidsplaneringen fastställa produktionsplanen (vilket görs i dagens process) så upprättas och läses nu endast leveransåtagandet. Produktionsplanen läses ej vilket möjliggör fortsatt produktionsplanering och -optimering under hela planerings- och genomförandefasen (AdHoc-processen). Detta leder till att följande förbättringar kan genomföras:
  - a. Inför varje överlämnande till driftledningen så sker en slutoptimering av detta dygns tågplan. Syftet är att överlämna ett så körbart och korrekt material som möjligt. Med korrekt material avser vi följande två aspekter: 1) planen skall motsvara det sätt som driftledningen leder fram tågen om allt går som planerat, och 2) optimerat för att maximera möjligheten att leverera åtagandet även om allt inte går som planerat d.v.s. planen skall vara robust. Detta moment är "bakåtcompatibelt" med dagens process eftersom det material som överlämnas är konfliktreglerat och om ingen optimering görs så har den överlämnade planen samma kvalitet som i moment 0. Detta steg ger således *möjligheten* att optimera men ställer inte som krav att planen är optimerad.
  - b. Dela upp årsplanen i dygnsplaner och börja i AdHoc-planeringen optimera varje dygn separat genom kontinuerlig detaljering och planering. Detta moment innebär att TrV frångår kravet på att årsvisa fastställda produktionståglägen (som ju togs bort i moment 0) inte får flyttas. Nu tillåter vi korttidsplaneringen att flytta dem så länge som leveransåtagandet fortfarande upprätthålls. Dock så bibehåller vi kravet på att varje förändring i produktionstågplanen förväntas avslutas med att tågplanen är fortsatt konfliktfri, detta för att alla i processen skall känna sig säkra på att den fortsatt är genomförbar. Skillnaden gentemot tidigare är att dygnen nu kan ha olika tidtabell för samma tåg (mellan åtagandepunkterna). Detta betyder också att varje förändring lokalt för det dygnet förväntas förbättra planen (annars finns det ingen orsak att förändra den).

Detta moment är riskfritt att införa eftersom om vi inte gör några förändringar i produktionsplaneringen så är vi tillbaka i moment 0, d.v.s. vi kan alltid "falla tillbaka på" det nuvarande sättet att planera och genomföra trafik, vi är "bakåtcompatibla". Vi kan välja att genomföra färre eller fler produktionsoptimeringar under tågplaneperioden.

I detta skede öppnas också möjligheten att skapa en återföringsprocess mellan driftledare och tågplanekonstruktörer eftersom möjligheten att få till förändringar i planen baserat på verkligt utfall blir mycket tydligare. Om det t.ex. visar sig att ett tjänstetåg i praktiken alltid går i ett annat läge än det planerade är det enkelt att flytta det i innevarande tågplaneperiod. Det finns större möjligheter att hela organisationen på ett bättre sätt kan bli "lärande".

- c. Banarbeten tillåts flytta tåglägen så länge som de inte ändrar åtaganden (här avses ej akuta banarbeten). I dagens process tillåts inte banarbeten flytta fastställda tåglägen på något sätt. Då fokus nu istället sätts på att hålla åtagandena (d.v.s. det som nu kontrakteras i TRAV) öppnas möjligheten att optimera även banarbetenas placering

inom ramen för samtliga kontrakterade åtaganden. Detta öppnar för möjligheten att hitta utrymmen för mer sammanhängande banarbeten som dessutom inte stör den genomförda trafiken.

2. Utveckla långtidsplaneringen genom att jobba med varianter, d.v.s. flera realiseringar av ett sökt tåg där varje gångdag ingår i precis en variant. Målet är att få effektivare tåglägen och effektivare banarbeten då sökta tåg realiserar som olika varianter eftersom de olika varianterna kan planeras individuellt och därmed få olika produktionsmönster men med samma leveransåtaganden. Förutom att varianterna kan realiserar effektivare än utan varianter öppnar detta också för effektivare banarbeten.

I sin mest extrema form kan moment 1b ovan betraktas som att varje dygns realisering av ett tåg är en variant. Den finkornigheten är dock idag inte hanterbar i långtidsplaneringen, åtminstone inte under lång tid framöver.

En effektiv hantering av varianter frigör utrymme i tågplanen. Detta utrymme är en dold tillgång idag då den inte framgår av planen, och den utnyttjas ad-hoc av driftledningen lokalt där den uppstår. Genom att frilägga den under långtidsplaneringen kan den användas konstruktivt till att öka leveranssäkerheten för helheten (inte bara där den råkar uppstå), ge effektivare tåglägen, planera in banarbeten effektivare eller göra rum för fler tåg.

Detta steg är även det bakåtkompatibelt eftersom långtidsplaneringen avslutas med en konfliktreglerad tågplan (d.v.s. enbart leveransåtagandet är det som fastställs gentemot sökanden). På samma sätt som tidigare är det så att om vi inte använder möjligheten till varianter så är planeringen tillbaka i dagens planeringsprocess där tågen förväntas gå lika under hela året.

3. Använd samma process som idag ("upprätta tågplan") för att upprätta leveransåtagandet, men vänta med att precis planera och mötesreglera ansökta tåg med stor osäkerhet i långtidsplaneringen till t.ex. 8-12 veckor innan de faktiska tågen driftsätts i korttidsplaneringen. Osäkerheten i underlaget kan t.ex. vara huruvida tåget faktiskt kommer att gå, om tåget har osäkra prestanda (t.ex. vikt och längd) eller av andra orsaker kan förutses gå olika på olika gångdagar. Detta moment samspelar med framför allt godstrafikoperatörerna och deras lok- och personalplanering, men även persontågsmarknaden har ett ökande behov av förändringar t.ex. kvartalsvis eller då de förändrar hur vagnsparken används (revisioner, underhållskrav, förändrade utbud, nya upphandlingar, etc). Detta moment innebär att man frångår kravet på mötes- och förbigångsreglering i samband med långtidsplaneringen och i den plan som ligger till grund för leveransåtagandet.

I och med att leveransåtagandet inte längre baseras på en mötesreglerad plan så blir detta moment det första moment där det inte går att "falla tillbaka" på den gamla processen där långtidsplaneringen tar fram en mötes- och förbigångsreglerad tågplan. I praktiken är det dock tveksamt vilken säkerhet en mötesreglerad fastställd tågplan för ett helt år egentligen ger då antalet förändringar under den s.k. AdHoc-processen är mycket omfattande, framför allt för de tåg där planeringsunderlaget är svagt. Vi föreslår att detta steg skall tas i bruk på ett "mjukt" sätt, t.ex. ett fåtal tåg med ett begränsat antal gångdagar i ett första försök.

Det långsiktiga målet med detta moment är att jämna ut arbetsinsatsen under året genom att ändra kvaliteten på planen i de tidiga skedena så att kvaliteten motsvarar underlaget i beställningen. Syftet är att, så långt möjligt, se till så att enbart värdeskapande arbete utförs i planeringen, och det är inte värdeskapande att planera in tåg som med stor

säkerhet kommer att bete sig annorlunda vid genomförandet än då de söks, eller kanske inte ens kommer att realiseras. I dagens process ägnas alldeles för stor energi åt att planera en produktion (tågplanen) som aldrig blir av på det sätt den planeras. Eftersom detaljeringen dessutom sker alldeles för tidigt klarar inte processen av att ”ta omtag” på produktionsplanen då förändringarna från operatörerna börjar strömma in i AdHoc-planeringen.

Skede två ovan med planering i varianter ger organisationen den erfarenhet som behövs för att våga planera utan att alltid ha mötesreglerat alla möten. Genom att olika varianter har olika mötesbilder och därigenom realiseras på olika sätt, fast med samma leveransåtagande, kan planering med alternativa konfliktlösningsmetoder (t.ex. påslag) ses som en generalisering av att planera med varianter. T.ex. kan två varianter undersökas under långtidsplaneringen för att ta reda på leveransåtagandets begränsningar, men istället för att den fastställda tågplanen vilar på två namngivna varianter vilar den på en plan där den faktiska uppdelningen i varianter inte finns med och ersatts med ett påslag som skapar motsvarande rum som för mötes- och förbigångsregleringen. I produktionsplaneringen kan sedan dessa varianter användas om situationen då är lik den situation som fanns under långtidsplaneringen. Annars, om förändringarna i planen har blivit mer omfattande, kan tåget komma att realiseras annorlunda (inom ramen för leveransåtagandet).

Observera dock att allt sedan moment 0 har de olika momenten inte inneburit någon större skillnad för operatörerna. Operatörerna får som tidigare svar på beställning/ansökan genom ett fastställt leveransåtagande. TrV har dock inte detaljplanerat samtliga tågs tidtabeller i den långa processen utan den arbetsinsatsen genomförs först då tågen med säkerhet blir av och deras prestanda är mer kända.

Detta moment är inte bakåtkompatibelt på samma sätt som de tidigare, eftersom vi fastställer ett leveransåtagande som inte har en mötes- och förbigångsreglerad plan som grund utan möjligen en annan konfliktlösningsmetod. Således finns det inte någon garanti att det finns en genomförbar mötes- och förbigångsreglerad tågplan från det fastställda leveransåtagandet (om man inte gjort en bakomliggande detaljering i t.ex. varianter som beskrivits ovan). Forskning visar att en alternativ metod för konfliktreglering skulle kunna vara att ge ett tidspåslag till ett eller båda tågen som ligger i konflikt med varandra som möjliggör mötesreglering senare, men hur stora dessa påslag skall vara eller hur de skall samverka med varandra om flera tåg är inblandade i en resurskonflikt är inte klarlagt, ytterligare forskning behövs.

4. Inför en ny planeringsmetod för leveransplaneringen i långtidsprocessen. Syftet är att ta fram leveransåtagandet och kunna säkerställa *att* produktionen kan ske, inte *hur* den skall ske (d.v.s. detaljeringen görs inte). Denna planeringsmetod motsvarar i industrin den planering som försäljningsorganisationen ofta gör för att lova ett leveransdatum för den försålda varan, och i industrin baseras detta ofta på mätetal och nyckeltal av olika slag samt beläggningen i ”fabriken” (antal meter vägg som ett lag kan gjuta per vecka, hur lång tid en viss typ av bilservice tar i genomsnitt, hur många ton stål ett valsverk kan producera, etc). Poängen med detta sätt att planera ligger i att denna planering är mycket mindre arbetsintensiv men ändå räcker för att kunna utlova leverans till kund. Detaljeringen görs först då produktionen närmar sig och/eller kontrakt är skrivet samt öppnar möjligheter för löpande underhåll.

Observera dock att planeringen utförs då underlaget till planen är säkert, poängen är att inte lägga mer arbete än nödvändigt i varje skede för att slippa riva upp planer och göra om dem. Om man måste riva upp tidigare planering så har ju tidigare arbetsinsatser inte

varit värdeskapande. Genom att leveransplaneringen är mindre arbetsintensiv kan den göras av färre personer, därmed minskar behovet av att tåg hanteras av flera planerare och problemet med tåg som går över flera konstruktionsområden minskar. Däremot kan insatsen öka i senare skeden istället, men då är den värdeskapande eftersom detaljeringen då bygger på säkrare planeringsunderlag.

Observera även att produktionsplanen inte är offentlig, det är tillverkaren som gör den för att på bästa sätt driva anläggningen och upprätthålla utlovade leveranser med så effektivt utnyttjande av sina resurser som möjligt, inbegripande underhållsinsatser.

Hur den mest effektiva planeringsmetoden för detta moment skall utformas är föremål för forskning: det kan vara en kombination av mötesreglerande metoder och påslagsmetoder, eller någon annan ännu ej ”upptäckt” metod. Men eftersom snart sagt alla andra industrisegment har metoder för detta moment är det förvånande om det inte finns en lämplig ”offertplaneringsmetod” för TrV och tågplanen.

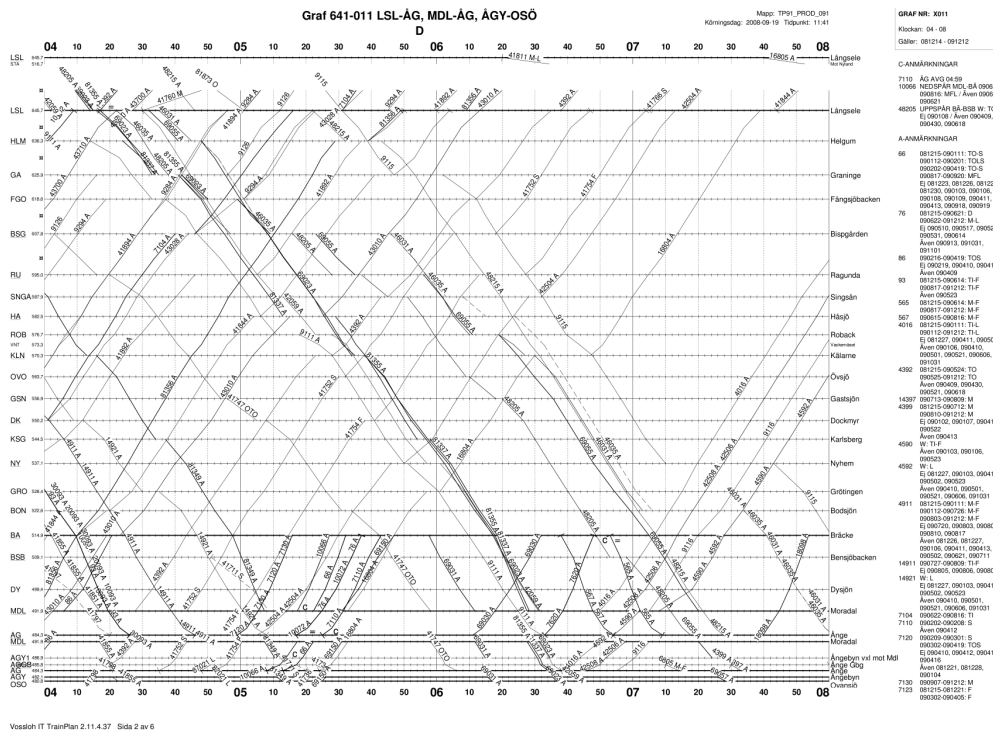
5. Marknadsanpassad tåglägesansökan, tåg kan ansökas med både lång giltighet (annonserade) och kort (”on demand”) och realiserar effektivt både i plan och i verklighet eftersom rätt ”försäljning” och rätt planering utförs rätt i tiden: rätt beslut fattas vid rätt tillfälle, rätt plats och av rätt person. Detta är det sista momentet i Vägen till Successiv Planering. Processen karakteriseras av att enbart värdeskapande arbete utförs, att efterfrågan styr det arbete som läggs ned, att arbetet är utjämnat över året (inga arbetstoppar), att alla i de olika informationskedjorna levererar rätt kvalitet till efterföljande planeringsled i rätt tid, även mellan de olika inblandade aktörerna (TrV, operatörer, trafikhuvudmän m.fl.). Genom att beslut och planering sker nära ökar möjligheterna för återkoppling, reflektion och förbättring. Processen från järnvägsföretagens ansökan till genomförd trafik utgår från valda delar av Toyotas berömda modell för effektiv och arbetssnål produktion.

## Vinster i moment 0 och 1

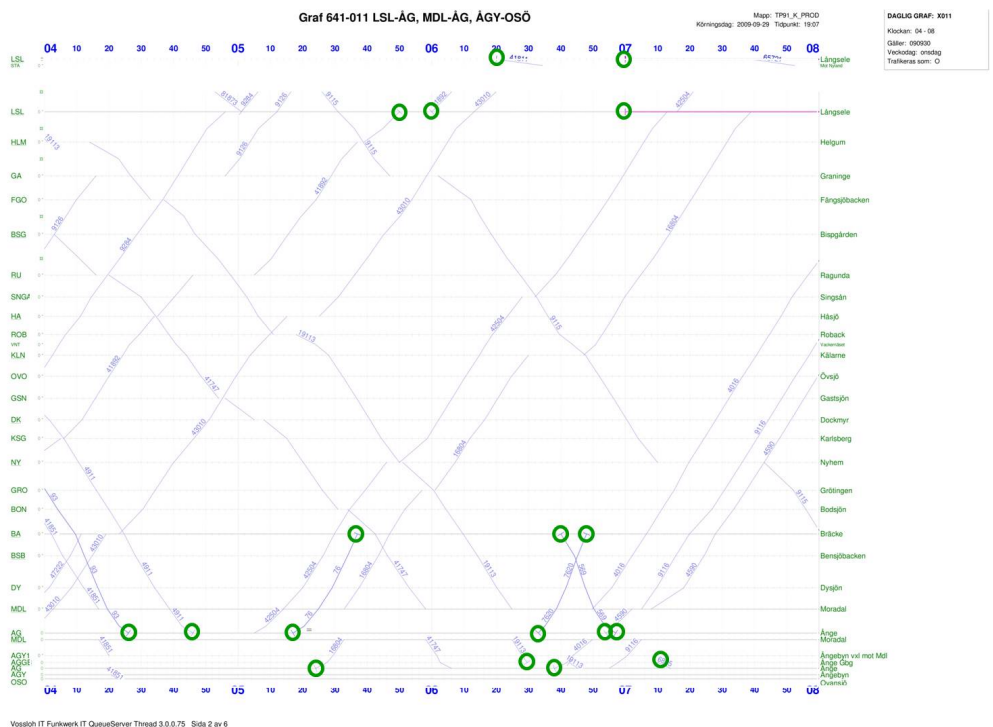
Följande stycken beskriver en delmängd av de tester och prov som utförts inom forskningsprojekten Tågplan2015 och Marackasen. De koncentreras till moment 0 och 1 ovan, då dessa moment ligger närmast i tiden att realiserar. Inom projektet Den Dynamiska Tågplanen (DDTP), som föregick Tågplan2015 och Marackasen, gjordes även en del grundläggande prov inom moment 2 och 3. Utgående från DDTP skapades ”Vägen till den dynamiska tågplanen” som bildar grunden för den i detta dokument mer utvecklade ”Vägen till Successiv tilldelning och Successiv Planering”.

### **Moment 0**

Detta moment förflyttar fokus från *realiseringar* av tågplanen till de *resultat* som tågplanen skall producera, d.v.s. i huvudsak de avgångar och ankomster som betyder något för kunden men även t.ex. maximal gångtid. En viktig vinst här är att de diskussioner som TrV och järnvägsföretagen (AS) har i samband med tågplanens framtagande och de tvister som förhandlas kommer att handla om de *leveranser* som TrV kan komma att utfästa sig till, inte det sätt som tågen/produkterna skall produceras av ”maskinen” d.v.s. banan. Figurerna nedan visar detta. För resenärer, godstransportköpare och entreprenörer är det de tidpunkter som är markerade med gröna ringar som är intressanta. Det är där som operatörer och entreprenörer har utfäst sig att leverera en transportprodukt eller genomföra ett banarbete. Så länge som dessa tidpunkter hålls så spelar det mindre roll hur den faktiska produktionsplanen ser ut (den nedersta figuren).

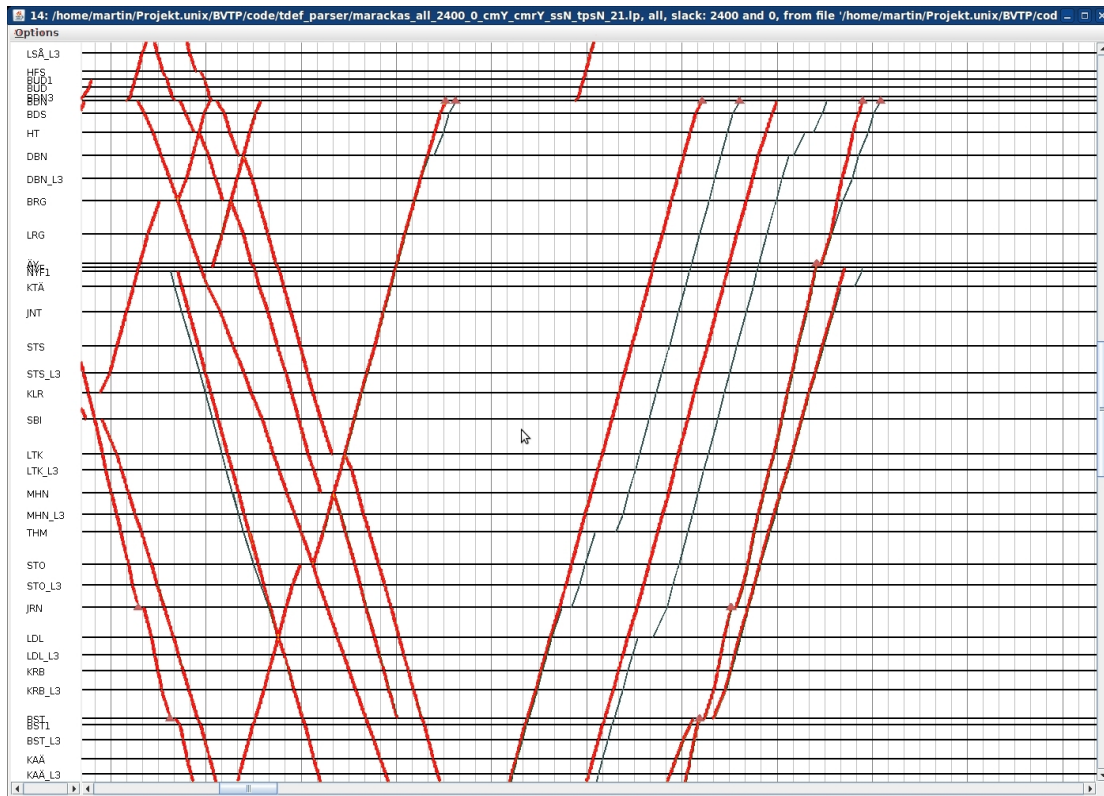


Figur 1 Årsplan



Figur 2 Trafikutbytesaktiviteter, åtaganden, i daglig graf





**Figur 4 Uträtning av knän**

I tabellen nedan finns jämförande data för en enskild dag, dag 200, och för hela tågplanen T10 (tidtabellteknisk tid, i sekunder)

	Dag 200	Hela T10
Original	280 420	89 218 787
Optimerat	246 004	85 347 726
Skillnad	34 416 <b>12 %</b>	3 871 061 <b>4.3 %</b>
<i>Skillnad, inkl. färre accelerationer och decelerationer</i>	<i>38 251</i>	<i>5 146 350</i>
Exekveringstid (laptop)	1,65 sekunder	3,71 sekunder

Att bara mäta den tidtabelltekniska tiden (i princip den tid som tåget står still i vänta på möten och förbigångar) leder till att inte alla vinster i gångtid summeras eftersom tiden för att bromsa och accelerera inte mäts. Av det skälet har vi med även en summering av den tiden.

Att det finns drygt 4,3% i helårsplanen beror på olika faktorer, såsom att konstruktörerna tar hänsyn till faktorer som ett optimeringssystem inte gör i dagsläget och att varje konstruktör suboptimerar på sitt område (en slags motsvarighet till divisionaliseringen inom industrin under 80-talet) vilket leder till att nästa konstruktör skapar en plan med sämre effektivitet. Men skillnaden mellan procentsatserna,  $12-4=8\%$ , beror helt på att de olika dyggen i tågplanen ser olika ut. Dygn 200 ingår som del i helåret, men då vi tillåts optimera på dygn 200 så kan en betydligt effektivare plan för det dygnet framställas.

Observera att vi här har behållit tågordningen mellan de kvarvarande tågen (detta garanterar genomförbarheten i det optimerade resultatet samt ger mycket kortare exekveringstider för Marackasen). Om optimeringen tillåts skjuta möten till andra stationer så ökar procentsiffran ytterligare. Test har visat på att ytterligare lika mycket tid kan frigöras genom att flytta på möten, men om möten flyttas så kan den av Marackasen framtagna lösningens genomförbarhet inte längre garanteras på ett enkelt sätt. T.ex. behöver systemet ta hänsyn till att tågen skall få plats på mötes/förbigångsspåren, att möten och förbigångar tas på "bra" platser, etc. Detta behöver modelleras om en dator skall kunna optimera även detta, vilket inte är omöjligt på något sätt men kräver en initial arbetsinsats för att Marackasen skall ha tillgång till begränsningarna. Vi forskare har inte kunnat genomföra detta arbete då vi inte har den nödvändiga lokalkännedomen för varje station.

Observera också att det inte nödvändigtvis är kortare gångtider som är det slutliga målet för dygnoptimeringen. Genom att "räta ut knäna" på tåglägena så fås en plan som stämmer bättre överens med hur trafiken faktiskt kommer att utföras. Då vi börjar skjuta möten till andra stationer är vi i slutoptimeringsskedet framför allt ute efter att höja robustheten hos dygnsplanen, så att vi maximerar genomförbarheten.

### Effektivare långtidsplanering

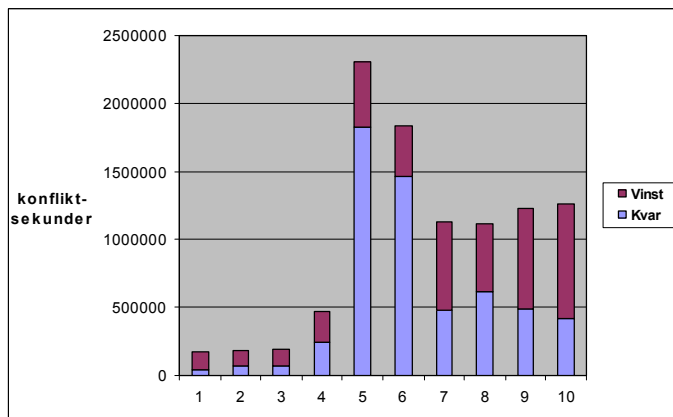
Sommaren 2010 genomfördes ett test Marackasen som tänkt hjälpmedel i långtidsplaneringen. Under maj och juni erhöll vi ungefär 20 stycken ögonblicksbilder från den pågående konstruktionen, samtliga tåg som ingick i en av konstruktörernas område. Varje sådant utsnitt utgjorde ett exempel på det arbetsmaterial som denne konstruktör arbetade med. Varje konstruktör för också bok över vilka tåg som denne arbetar med just nu och vilka tåg som denne har lämnat vidare till näste konstruktör. Med detta dokument som underlag kan vi avgöra vilka tåg som är föremål för konstruktion i det aktuella området. Målet var att utnyttja Marackasen för att optimera bort resurskonflikter i arbetsmaterialet och därigenom förenkla för konstruktören.

Vi har prövat två olika inställningar för Marackasen. I det första testet användes en liknande begränsning som den i produktionsoptimeringen ovan, d.v.s. Marackasen tillåts inte ändra en "etablerad" tågordning (två tåg har ej en etablerad tågordning om de ligger i konflikt med varandra på ett linjesegment eller station, annars är ordningen etablerad). I det andra testet tillåts Marackasen ändra redan etablerade tågordningar och därigenom hitta bättre placeringar av möten. Marackasen kan givetvis optimera bort fler konflikter i det andra testet, men det kommer till en kostnad, exekveringstiderna ökar väsentligt. Vidare är det inte säkert att Marackasen skapar bra lösningar då möten och förbigångar av konstruktören placeras ut med mycket bakgrundskunskap, något som Marackasen (ännu) inte tar någon hänsyn till (på samma sätt som i föregående test av produktionsoptimering).

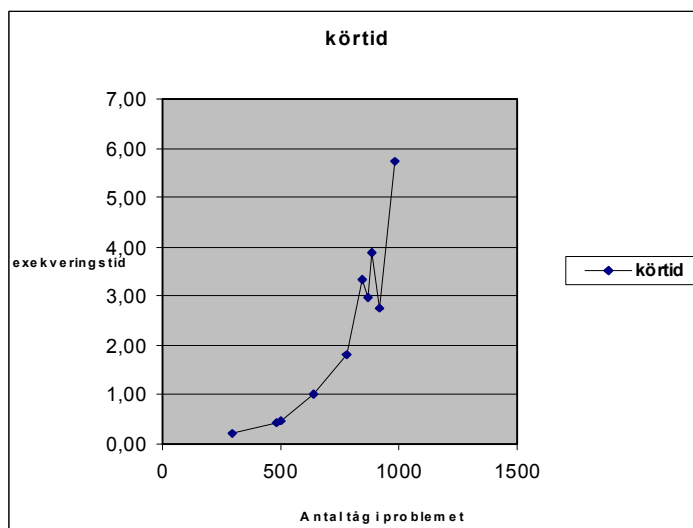
Resultatet visade att Marackasen är användbar och har potential att effektivisera långtidsplaneringen. Sättet som konstruktören skulle komma att arbeta med konstruktionen skulle dock förmodligen komma att skilja sig från dagens arbetssätt. Eftersom Marackasen är mycket snabbare att "städa" bort mindre konfliktsituationer medan konstruktören är en bättre strateg så skulle metodiken snarare bli att konstruktören avgör de mer strategiska mötena och förbigångarna, placerar tågen i ungefär rätt position för att därefter använda Marackasen för att städa upp arbetsmaterialet. Därefter sker en ny cykel med de mer svåra besluten som tas av konstruktören följt av en ny uppstädning av Marackasen.

Diagrammet nedan visar vinsten med att använda Marackasen i termer av s.k. konfliktsekunder. För varje resurskonflikt har de ingående tågen ett antal sekunder som de ligger i konflikt med varandra, d.v.s. det antal sekunder som (minst) behövs för att reglera

konflikten. Summan av dessa konfliktsekunder försöker Marackasen att minimera. ”Vinst” är det antal konfliktsekunder som Marackasen tvättar bort i respektive testfall.

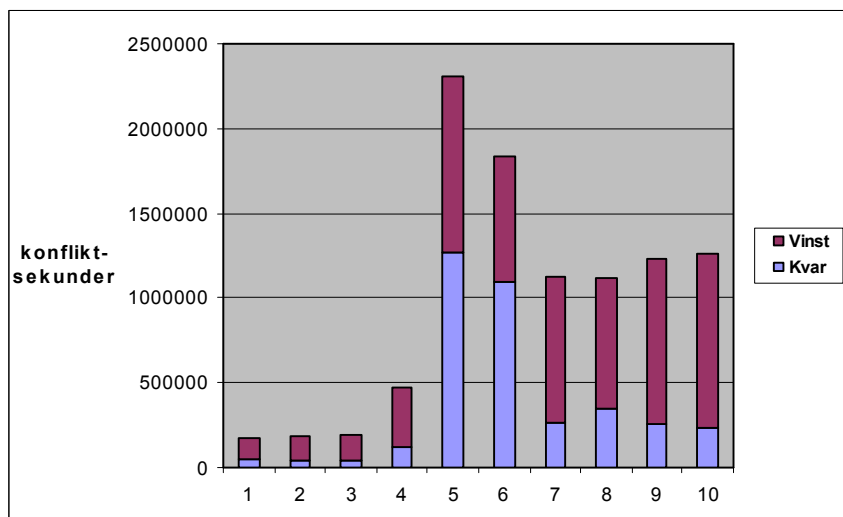


Körtiden, i sekunder, som en funktion av antal tåg i respektive ögonblicksbild visas i nedanstående diagram.

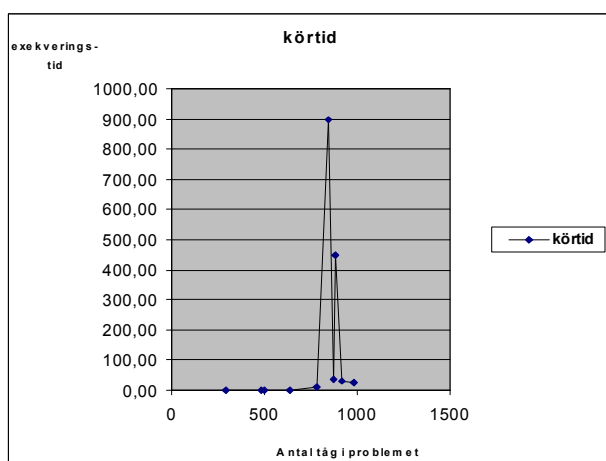


Vi kan se att mellan 4:e och 5:e ögonblicksbilden så händer något, antalet konflikter ökar markant, för att senare sjunka tillbaka igen. Detta berodde på att inget arbete utfördes mellan 4:e och 5:e ögonblicksbilden av konstruktören, antalet tåg som ”anlände” till vår konstruktörs område ökade men inga tåg ”lämnades över” (dennes ”inlager” ökade men inget hamnade i ”utlagret”). Vi kan också se att antalet konfliktsekunder som kan tvättas bort ökar i de efterföljande staplarna. Det visar att Marackasen, som ju i detta test inte fick byta mötesstationer och enbart kan förskjuta tåglägena, inte har tillräckliga ”verktyg” för att kunna reglera många av konflikterna. I efterföljande staplar, då konstruktören har genomfört ett antal taktiska förflyttningar av möten, kan Marackasen ta bort fler sekunder då dels antalet ingående tåg är fler och dels tågen är nära att vara reglerade.

Det andra testet gav följande resultat:



Detta visar att Marackasen kan tvätta bort fler konflikter om man jämför med test 1, om det ges rätt möjligheter. I samtliga fall är den röda stapeln relativt sett större i den andra figuren än i den första.



Exekveringstiderna ökar märkbart för att finna optimum (dvs tjäna så många konfliktsekunder som möjligt), och körtiderna är mycket mer oförutsägbara. I test 1 är körtiden i princip en funktion av antalet ingående tåg medan i test 2 är det mer en funktion av hur svårt problemet är (syns i stapeldiagrammet på staplarnas höjd), något som vi först vet då optimeringen är klar och inte i förväg. Notera också att Marackasen kan göra ett bättre jobb, framför allt syns detta från ögonblicksbild 5 och framåt. Marackasen har i detta test fler ”verktyg” att använda då det får förflytta möten till andra stationer, vilket leder till att fler konflikter kan tvättas bort ur materialet. Ytterligare en notering är att det ofta inte är intressant att hitta optimum, det räcker med en tillräckligt bra förbättring. I de flesta fall har optimeringssystemet hittat en lösning som ligger inom 5% från optimum ganska snabbt, och då kan körningen avbrytas och denna lösning användas. Det är relativt ovanligt att det tar lång tid innan den första förbättrade lösningen hittas.

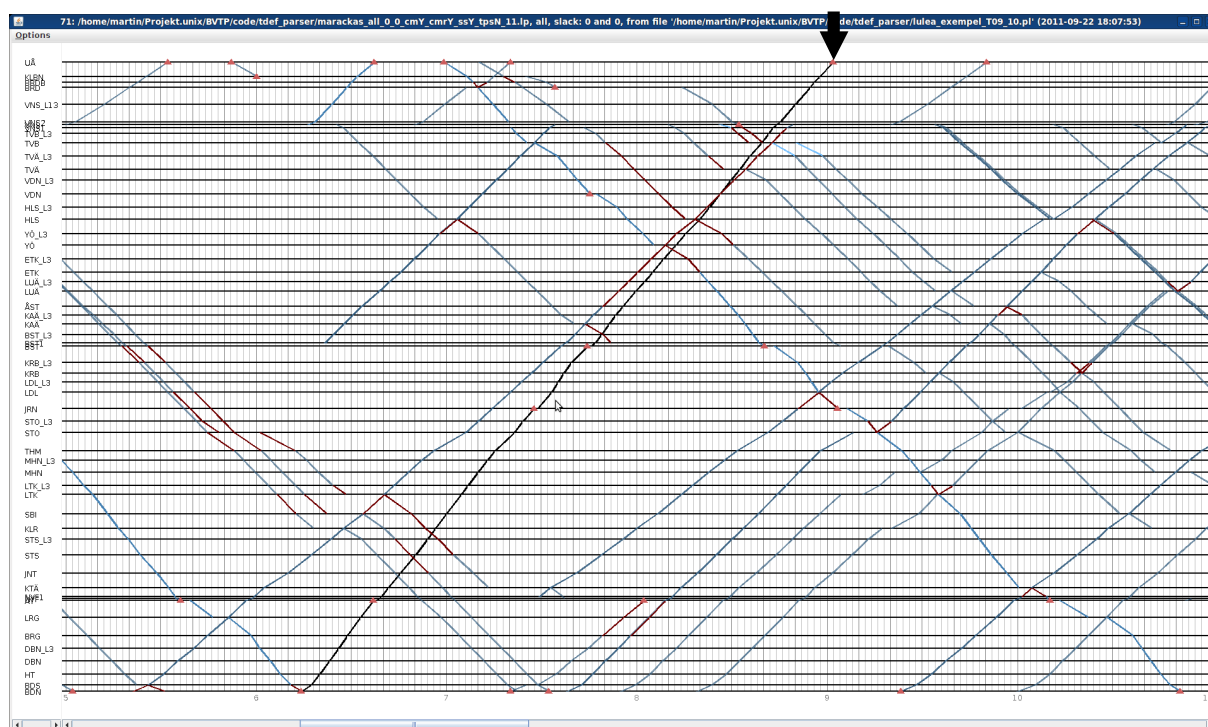
## Effektivare AdHoc-tåglägen

Eftersom det är åtagandet som fastställs, inte produktionsplanen för alla tågen, så öppnas möjligheten att göra bättre AdHoc-beställningar av tåg. Följande exempel är hämtat från en beställning under T09, men vi har av datatekniska skäl fått anpassa det en del då data inte kunde exporteras från TrainPlan på ett enkelt sätt under 2009. Av det skälet har vi utgått från den fastställda tågplanen utan de eventuella förändringar som uppkommit i AdHoc-processen fram till det datum då denna beställning inkom till TrV.

Vidare har vi av samma skäl inte med banarbeten eftersom data inte fanns tillgängligt i exporterad form. Men även utan banarbeten är exemplet illustrativt.

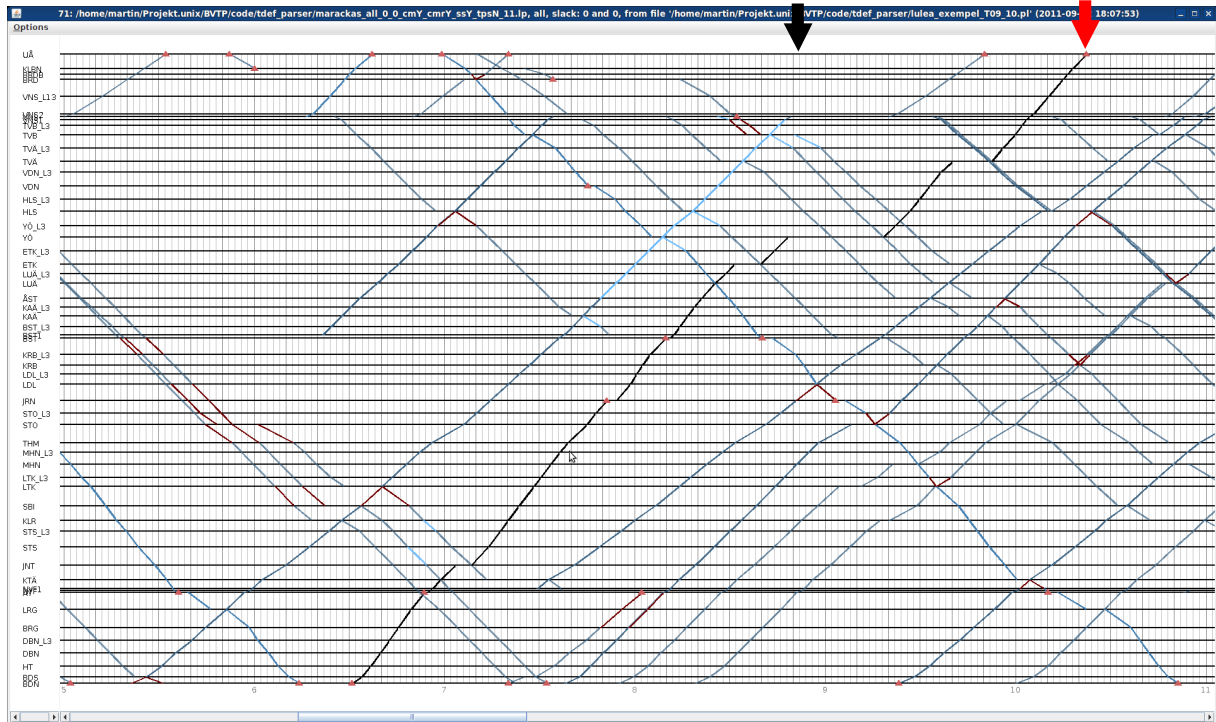
SJ lämnar in en beställning av tågen 7021, 7022 och 7023 för perioden 090824-091212. 7021 skall gå från Boden till Umeå måndag till fredag med avgång 6:14 från Boden och ankomst 9:40 i Umeå. 7022 och 7023 går tillbaka på eftermiddagen. Vi koncentrerar oss på 7021 i detta exempel och har av de data-tekniska problemen beskrivna ovan döpt om det till 100021 för att understryka att detta exempel visserligen är hämtat från en riktig beställning men att vi har ändrat lite på förutsättningarna. Då tåget är skapat använder vi Marackasen för att optimera in tåget i tågplanen.

I Figur 5 visas tåget inlagt utan någon konfliktreglering alls (svart linje, de beställda uppehållen visas som röda trianglar), tåget ankommer då strax efter kl. 9. Vi markerar denna tidpunkt med en svart pil.



**Figur 5: 100021 inlagt i enlighet med prestanda utan konfliktlösning**

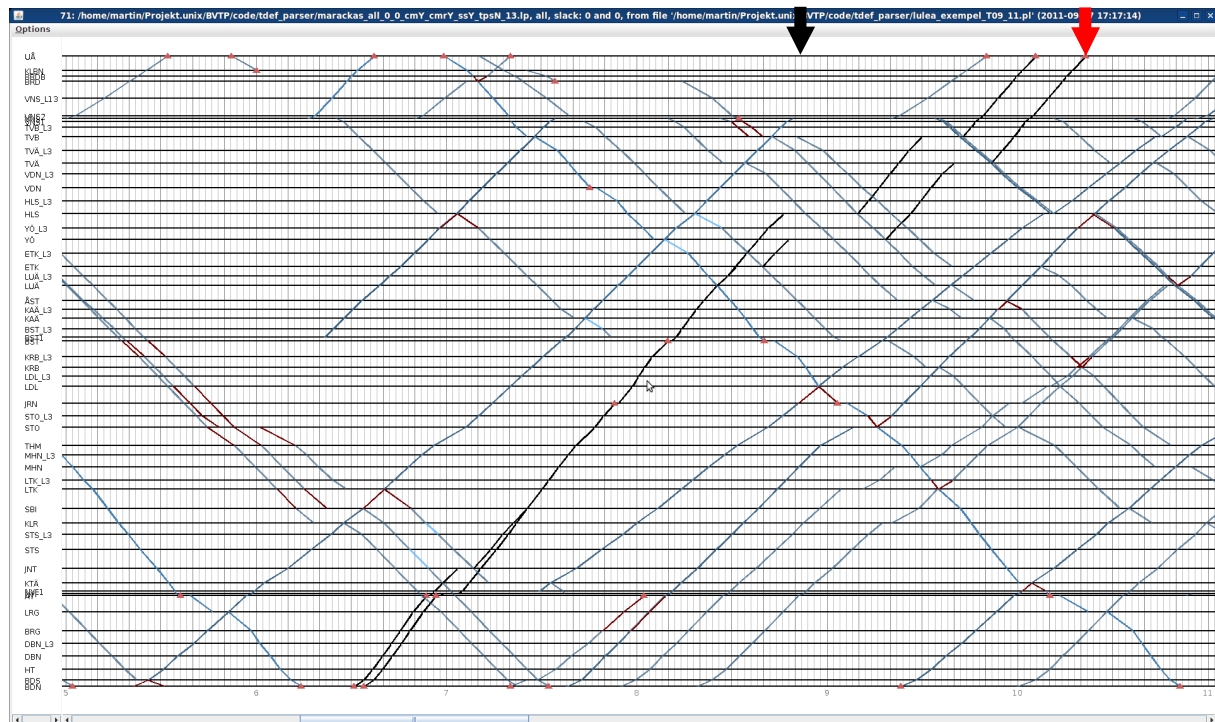
Med dagens reglemente, fastställd produktionsplan och AdHoc-tåget får endast utnyttja restkapacitet, fås ett ”intrådat” läge i enlighet med Figur 6. Vi markerar denna tidpunkt med en röd pil.



**Figur 6: 100021, dagens process med restkapacitet**

Tåget kommer fram till Umeå kl. 10:20, en fördröjning med 1:20 timmar gentemot tågets prestanda. Det finns ingen tidigare tid som tåget kan ankomma Umeå utan att behöva flytta på något befintligt tåg.

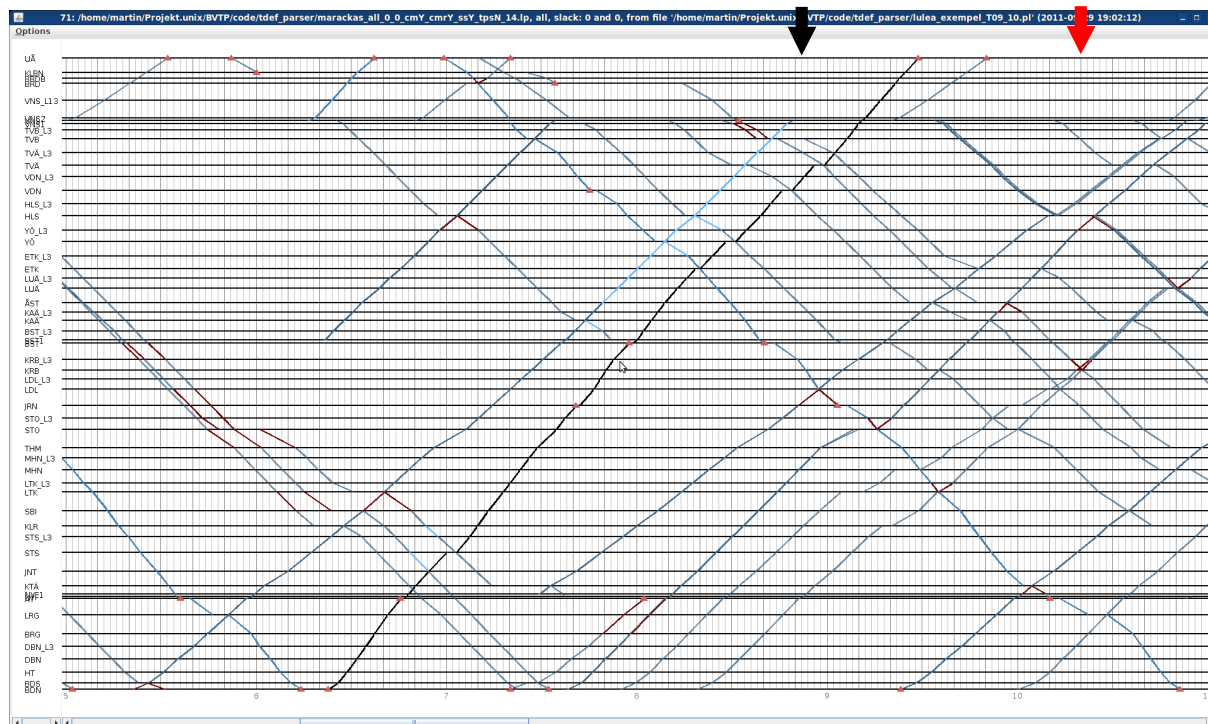
Vi kan hjälpa upp situationen genom att planera in varianter av 100021. Genom att undersöka vilka tåg som 100021 interfererar med skapar vi två varianter, en måndag-torsdagsvariant och en fredagsvariant. Vidare vill vi att dessa två varianter var för sig har så kort gångtid som möjligt, men att de ankommer Umeå så lika som möjligt. Figur 7 visar resultatet av Marackasens optimering.



**Figur 7: Inträdning av två varianter till 100021, dagens process**

För måndag-tordags-varianten (4 dagar) ankommer nu 100021 10:05, på fredag ankommer tåget lika som tidigare, d.v.s. 10:20. Här skulle kunden (SJ) kunna välja att låta tåget annonseras olika till kund (i praktiken två olika tåg).

Om vi däremot planerar i enlighet med skede 1 i Successiv tilldelning, d.v.s. det är åtagandena för de redan fastställda tågen (de röda trianglarna i bilderna) som är avtalade med operatören och de olika produktionstidpunkterna däremellan får röra sig fritt, så kan vi åstadkomma något betydligt bättre. Figur 8 visar det av Marackasen framtagna läget för 100021.



**Figur 8 100021 inplanerat enligt successiv tilldelning skede 1**

100021 ankommer nu Umeå ca 9:30, en förbättring med 50 minuter gentemot dagens process. Skillnaden ligger i att andra tåg har makat lite på sig så att 100021 kan få plats, dock har inget tåg fått ge avkall på sina åtaganden (de röda trianglarna i figurerna).

Då trafiken genomförs så försöker driftledningen maximera möjligheten att leverera tågen till trafikutbytespunkterna i tid (det gör de redan idag enligt samstämmiga uppgifter i intervjuer). T.ex. ställs inte tåg på en mötesstation för att invänta ett möte som inte finns denna dag utan tåget får fortsätta varvid det därmed ligger före sin tidtabell. Kunskapen om att detta möte inte blir av denna gångdag finns i planeringsarbetet, och därför skall mötet inte finnas kvar i den produktionsplan som överlämnas till driftledningen. Detta är ett exempel på ett kvalitetskrav som bör finnas på den dagliga produktionsplanen då den är klar.

Detta exempel antyder att det finns stora vinster att göra i AdHoc-processen med Successiv tilldelning samt att varianter delvis kan hjälpa upp situationen något i dagens process. Med dygnsvis optimering i enlighet med exemplen ovan kan varje dygns produktionsplan optimeras, vilket kan ses som en form av dygnsvisa varianter på alla produktionsståglägen.

Med Successiv tilldelning blir den totala gångtiden ca 3:15 timmar, med dagens AdHoc-planering blir den 4:05, 50 minuters skillnad. Tåget skulle gå 80 dagar, vilket ger en total gångtidsbesparing på ca: 4000 minuter.

Uppföljning av verklighetens tåg 7021 (som kördes med en delvis oregrerad tidtabell under perioden oktober till 13:e december samt därefter med ett konfliktreglerat tågläge) visade på att tåget hade i stort sett samma punktlighet under hösten som under vintern. Även om denna uppföljning antyder att det går att ha vissa ej fullständigt konfliktreglerade tåg i tågplanen är underlaget inte tillräckligt säkert för några långtgående slutsatser. Under perioden förekom banarbeten, samt vintern som ställde till med en del problem och påverkade punktlighetsstatistiken.