

# Leveranstågplan — Specifikation och åtagande

Per Kreuger, Martin Aronsson och Markus Bohlin  
{per.kreuger,martin.aronsson,markus.bohlin}@sics.se

2006-01-19

SICS Technical Report T2006:02

## **Sammanfattning**

Denna rapport beskriver och motiverar leveranstågplanens roll och utformning i relation till den dynamiska tågplanen. Med utgångspunkt i formen för de krav som specificerats i den framtida tåglägesansökan föreslår vi en form för leveranstågplanen vars syfte är att både kundens och trafikutövares krav på förutsägbarhet och samtidigt ger utrymme för effektiv operativ styrning och kortare ledtider vid förändrad efterfrågan. I sin första version är detta dokument främst tänkt som ideskiss för diskussion och kritisk analys bland kapacitetsfördelningsprocessen intressenter.

ISSN 1100-3154  
ISRN: SICS-T-2006/02-SE

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning och motivation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Leveranstågplanens plats i planprocessen</b>	<b>2</b>
2.1	Leveranstågplanens relation till produktionstågplanen . . . . .	2
2.2	Konfliktfrihet i produktionstågplanen . . . . .	3
2.2.1	Bankapacitet . . . . .	3
2.2.2	Linjekapacitet . . . . .	4
2.2.3	Stationskapacitet . . . . .	4
2.2.4	Kapacitet på nodsträckor . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Ursprung till kraven på leveranstågplanen</b>	<b>5</b>
3.1	Operatörs- och kundkrav . . . . .	5
3.1.1	Kundkrav . . . . .	5
3.1.2	Trafikutövarkrav . . . . .	6
3.2	Banarbeten . . . . .	7
3.3	Hanteringsmässiga krav . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Specifikation av krav och ansökan</b>	<b>7</b>
4.1	Varians i gångtider, avgångs- och ankomsttider . . . . .	8
4.2	Tvåställiga relationer . . . . .	8
4.3	Flerställiga relationer . . . . .	8
4.3.1	Regelbundna händelser . . . . .	9
4.3.2	Kedjor av anslutningar . . . . .	9
4.3.3	Omlopp . . . . .	9
4.3.4	Alternativrelationer . . . . .	10
4.3.5	Existens av relation(er) . . . . .	10
4.4	Värdering av gångtider, avgångar, ankomster och väntetider . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Leveranstågplanens utformning</b>	<b>10</b>
5.1	Ankomster och avgångar . . . . .	11
5.2	Gångtider . . . . .	11
5.3	Tvåställiga relationer . . . . .	11
5.4	Flerställiga relationer . . . . .	12
5.4.1	Regelbundna händelser . . . . .	12
5.4.2	Kedjor av anslutningar . . . . .	12
5.4.3	Omlopp . . . . .	12
5.4.4	Alternativa relationer . . . . .	12
5.4.5	Existens av relationer . . . . .	13
<b>6</b>	<b>Förankring</b>	<b>13</b>

# 1 Inledning och motivation

För att kunna möta kundkrav på ett konkurrenskraftigt sätt måste järnvägen bli mer flexibel m.a.p. när och var tågen kör. Detta för att bättre kunna:

- möta förändringar i efterfrågan som kunderna löpande ställer
- anpassa trafiken och hur den körs operativt till de förhållanden som råder i "realtid" såsom fel och brister i bana, fordon och bemanning
- anpassa trafiken till aktuell väderlek och andra externa och föränderliga förhållanden
- hålla leveransmålen (avtalade ankomst- och avgångstider) vilket säkerställer tydlighet och stabilitet

I detta projekt förespråkar vi användning av en eller flera planer på i vissa fall högre abstraktionsnivå än dagens tågplan. Ett sådant upplägg inriktar sig på att ge utrymme för och flexibilitet till konfliktlösning mellan olika operatörers krav och till effektivare operativ styrning. Syftet är att på sikt frångå en detaljerad "helt" låst plan i ett halvt eller helt år, där den operativa verksamheten endast styr mot att återställa trafiken till planen.

Vi föreslår istället att det införs en till dagens krav på flexibilitet anpassad metod, som har som utgångspunkt den process som leder fram till *produktionstågplanerna* och som inriktas på att även ge utrymme för och flexibel hantering av dynamiskt förändrade krav och effektiv operativ styrning. Den operativa verksamheten ges möjlighet att styra mot trafikens leveransmål, snarare än att försöka återställa trafiken till plan.

Produktionstågplanerna omfattar dels en *huvudtågplan*, som utgör en abstraherad tågplan med rum för flexibilitet och förändringar, och en mängd *detaljtågplaner*, som utgör detaljplanering av vissa vanligt förekommande operativa scenarion. Produktions-tågplanernas flexibilitet vilar på att:

1. Överblick och flexibilitet kan bibehållas, vilket säkerställs av huvudtågplanen
2. Genomförbarhet och trovärdighet, vilket säkerställs genom ett flertal detaljtågplaner, i vilka trovärdiga operativa trafikeringsmönster analyseras och planeras.

*Leveranstågplanen* å andra sidan, utgör Banverkets åtaganden gentemot operatörer och kunder, i enlighet med tidigare ansökta tåglägen. Det är tänkt att *leveranstågplanen* ska:

- Utgöra *åtagandet* gentemot trafikutövare och andra som har ansökt om tåglägen,
- *Revideras* tillsammans med trafikutövare vid behov
- Formuleras på en *nivå* som tillåter
  - trafikutövare att avgöra i vilken utsträckning de fått sina *krav* och önskemål *tillgodosedda*
  - *hantering av förändringar* i efterfrågan och förutsättningar för operativ drift

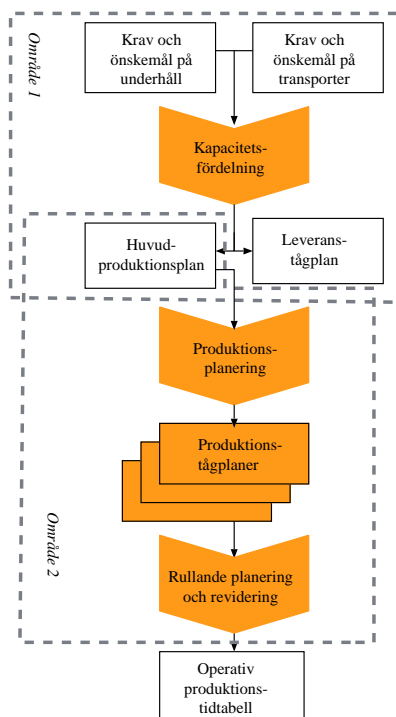
Leveranstågplanen ska spegla och uttrycka de aspekter av produktionstågplanen som är av intresse för trafikutövare och kunder, medan produktionstekniska avgöranden kan förändras under en planperiod så länge det inte påverkar de åtaganden som angivits i leveranstågplanen.

I avsnitt 2 nedan beskrivs och motiveras leveranstågplanens plats i planprocessen och kort dess relation till övriga planeringsdokument. I avsnittet beskrivs också några av de problemställningar som kommer att behöva angripas för att även tidiga versioner av leveranstågplanen skall kunna bli tillräckligt tillförlitliga för att kunna tjäna som indata till trafikutövarnas planeringsprocesser men ändå tillåta gradvis förfining av och kontinuerlig förändring av de detaljerade produktionstågplanerna. Därpå ges, i avsnitt 3, en kortfattad analys av de viktigaste kraven på leveranstågplanen medan en tänkbar form för utformningen av dessa krav i den framtida tåglägesansökan presenteras i avsnitt 4. Detta bildar bakgrund till till vårt förslag till framtida utformning av leveranstågplanen som beskrivs i avsnitt 5.

## 2 Leveranstågplanens plats i planprocessen

### 2.1 Leveranstågplanens relation till produktionstågplanen

Leveranstågplanen utgör det åtagande som Banverket gör gentemot trafikutövare och andra kunder att leverera tåg till geografiska platser inom uppsatta tidskriterier. Leveranstågplanen är ett av två resultat från kapacitetsfördelningsprocessen som initieras av att trafikutövare ansöker om tåglägen och att Banverket själv ansöker om spårallokering för att utföra underhåll på banan (se figur 1).



Figur 1: Leveranstågplanens plats i tågplanprocessen

Leveranstågplanen utgör således det material som trafikutövare och andra som ansöker om bankapacitet har att ta ställning till och utvärdera gentemot den ansökan som lämnats in.

Ett syfte med att dela upp den nuvarande tågplanen i två delar, *leveranstågplanen* och en eller flera *produktionstågplaner*, är att leveranstågplanen tar fasta på de platser i nätet där trafikutövaren "säljer" möjligheter att stiga på respektive av tåget eller där gods kan utbytas, lastas eller lossas. Till detta kommer ett antal punkter i nätet där trafikutövare har produktionstekniska krav, t.ex. lokförarbyte eller dragfordonsbyte. De punkter som inte påverkar trafikutövarnas planering eller försäljning bör ej heller planeras precis av operatören utan skall istället vara föremål för Banverket Trafiks operativa styrning och där nyttjas för att på bästa sätt leverera tåg i enlighet med åtagandet i leveranstågplanen.

## 2.2 Konfliktfrihet i produktionstågplanen

Som redan beskrivits ovan utgör leveranstågplanen en del eller en begränsad aspekt av Banverkets egna produktionstågplaner. I den vision som ligger till grund för DDTP-projektets mål antas dessa produktionstågplaner förfinas och synkroniseras under planeringsprocessen. Över tid kommer dessa också att revideras. Exakt hur denna process skall utformas är ännu föremål för vidare utredning inom projektet, men det är givetvis önskvärt att även tidiga och ofullständiga versioner av produktionstågplanerna kan ligga till grund för versioner av leveranstågplanen. Detta avsnitt beskriver några av de problemställningar som kommer att behöva analyseras ytterligare för att göra detta möjligt.

Den kanske absolut viktigaste aspekten av produktionstågplanerna är att de uttrycker planer och scheman över den exakta användningen av infrastrukturresurserna. Dessa resurser kan beskrivas på flera olika detaljnivåer, alltifrån övergripande kapacitetsmått på större sammanhängande banavsnitt till den mest detaljerade beskrivningen av block och signaler.

Ett viktigt mål för projektet är att tydligt specificera på precis vilken nivå de olika delarna och revisionerna av produktionstågplanen skall anges. Ambitionen är att allmänt höja planeringsnivån för den tidiga planering från individuella blocksträckor till längre sammanhängande sekvenser av block eller hela sträckor mellan stationer vilkas kapacitet kan beskrivas på ett sätt som möjliggör effektivare hantering i den tidiga kapacitetsfördelningsprocessen.

Detta medför med nödvändighet en viss osäkerhet i realiserbarheten hos tidiga versioner av produktionstågplanerna. Att så långt det är möjligt minska denna osäkerhet är ett av de viktigaste förväntade resultaten av projektet.

### 2.2.1 Bankapacitet

På den allra lägsta nivån begränsas infrastrukturens kapacitet av utformningen av spårledning, skyddsområden och signalsystemet men även av egenskaper hos de individuella tågen. Denna nivå används i praktiken aldrig vid tidtabellkonstruktion. I stället abstraheras denna nivå bort och linjesträckors kapacitet beskrivs i stället i termer av unik användning av s.k. blocksträckor och eventuella ställtider hos signalsystemet.

### 2.2.2 Linjekapacitet

För dubbelspår med enkelriktad trafik kan en abstraktion användas som tillåter en enkel och entydig karakterisering av sammanhängande blocksträckor utan möjligheter till förbigångar. Vi benämner sådana sekvenser av blocksträckor mellan stationer eller förgreningar i nätet *stationssträckor*. För stationssträckor kan en modell baserad på det försprång som ett tidigare tåg måste ha för att ett efterkommande tåg ej skall riskera att drabbas av restriktivt signalbesked. Noteras kan att det ur modell- och beräknings-synpunkt inte spelar någon roll om det är det tidigare tåget på en sträcka som har en "signalskugga" efter sig eller om det är ett efterföljande tåg som har en bromssträcka framför sig.

För enkelspår och dubbelspår där samma spår kan användas för trafik i båda riktningarna är situationen betydligt mer komplicerad. Här beror kapaciteten på exakt vilken trafikering som används. Den högsta kapaciteten uppnås vid s.k. kolonnkörning där användningen av spåret i princip är enkelriktad under längre perioder. Kapaciteten blir högre ju längre tid spårområdet används enbart för kolonnkörning, då rikttningsbyte alltid innebär att banavsnittet först måste tömmas.

För att få en tillförlitlig modell för enkelspårsträckor på linjen krävs hantering av både med- och motriktad trafik. Ett sätt att hantera detta är att använda beläggningstiden för hela sträckan för motriktad trafik och kortare tid motsvarande säkerhetsavståndet för medriktad.

### 2.2.3 Stationskapacitet

I den mest detaljerade planen beror kapaciteten på stationer på precis vilka tåg som styrs in på vilka spår i spårområdet. För tidtabellplanering kan det räcka med att beakta endast det maximala antal tåg som samtidigt kan befinna sig på stationen, t.ex. för mötesstationer utan trafikutbyte. För denna typ av resurshantering finns det effektiva metoder utvecklade. Det kan dock vara så att stationens utformning gör att en bättre representation av stationen behövs, t.ex. om valet av spår kraftigt påverkar infarts- och utfartstider från stationen.

För stationer med trafikutbyte kan det istället vara så att antalet plattformar och deras olika egenskaper tvingar fram en resurshantering som innehåller fler aspekter än bara antalet samtidiga tåg.

### 2.2.4 Kapacitet på nodsträckor

Vi har använt benämningen *nodsträckor* för sträckor som är längre sammanhängande sekvenser av stationsträckor där in- och utflöde av tåg endast sker i ändpunkterna men där möten och förbigångar kan ske i begränsad omfattning. Att karakterisera kapaciteten på sådana nodsträckor är den ansats projektet f.n. har för att producera de tidiga och grova versionerna av produktionstågplanerna.

Om man kan finna en vettig beräkningshantering av nodsträckor där man inte förlorar för mycket i precision så betyder det att större regioner kan planeras som ett sammansatt problem, vilket är fördelaktigt bl.a. då det minskar problemen med regionsöverskridande trafik.

## 3 Ursprung till kraven på leveranstågplanen

### 3.1 Operatörs- och kundkrav

Vid sidan av infrastrukturens utformning och tillstånd har de viktigaste begränsningarna på leveranstågplanens utformning sitt ursprung i slutkundernas (resande och transportköpare) och trafikutövarnas krav och önskemål. Slutkundernas krav är i allmänhet inte direkt tillgängliga för Banverket Trafik utan filtreras genom trafikutövarnas bedömningar och uppskattningar. I dagens process är dessa krav dessutom sammanvävda med de produktionskrav som trafikutövarna själva ställer med utgångspunkt i den egna resurshanteringen. Att skilja ut och tydliggöra de olika kravens ursprung och exakta påverkan på leveranstågplanens utformning är ett viktigt delmål för att effektivisera kapacitetsfördelningsprocessen. I detta avsnitt beskriver och klassificerar vi de viktigaste av dessa krav. En mer matematisk beskrivning av deras allmänna form ges i [KAEF05].

#### 3.1.1 Kundkrav

**Tidskrav** De flesta av slutanvändarnas krav har formen av begränsningar på tider för avgångar, ankomster eller möjligen någon annan händelse vid givna platser och på gångtiden från plats till plats. Vanligen har de någon av följande former:

1. En given händelse måste inträffa före, efter eller precis vid någon viss tidpunkt
2. En given händelse måste inträffa inom ett visst tidsintervall
3. Tidsutsträckningen mellan två givna händelser måste ha minst, högst eller precis en viss varaktighet
4. En viss typ av händelse måste (mer eller mindre precist) upprepas med en given regelbundenhet

Förutom detta finns det ett kvalitetskrav att de planerade händelserna skall *kunna* utföras som planerat, dvs att leveranssäkerhet och punktlighet skall vara uppfyllt. I någon mening är detta ett av de viktigaste kraven på tågplanen, men kravet är svårt att verifiera annat än i efterhand. Ett av de starkaste argumenten för en flexibel tågplan är att man på ett kontrollerat och enklare sätt kan anpassa en flexibel plan med operativa förändringar p.g.a. oförutsedda händelser. Tillsammans med en tydligare specificerad målbild i enlighet med ovan fås en bättre möjlighet att bättre styra mot de satta målen, vilket i sin tur leder till bättre leveranssäkerhet.

**Väg, vikt, längd och godskrav** För passagerartransporter ges tågens väg genom nätet i allmänhet av hur huvudströmmarna av passagerare ser ut. För godstrafiken kan vägen i stället bestämmas eller begränsas av tågens vikt, längd eller olika typer av ingående specialtransporter och säkerhetsbestämmelser för vissa typer av gods. För slutkunden spelar dock vägen genom järnvägsnätet i allmänhet mindre roll.

**Hastighetskrav** Snabba passagerartransporter bör i möjligaste mån *inte* sinkas av långsammare transporterna på en delad infrastruktur. Detta kan lägga ytterligare begränsningar på när och var olika typer av trafik leds fram genom nätet. Även vissa godstransporter har ett mycket högt "hastighetsvärde", t.ex. posttransporter och vissa typer av systemtågsupplägg.

**Anslutningar och trafikutbyten** Anslutningar och trafikutbyten kan t.ex. vara:

- Anslutningar till andra transportsystem, t.ex. hamnar, flygplatser eller bussterminaler
- Utbyte av gods eller passagerare mellan transporter som organiseras av samma eller olika trafikutövare
- Av- eller påkoppling av vagnar som utförs för att tillgodose flöden av gods eller passagerare (s.k. vagnskurs).

Formen på dessa krav är i allmänhet någon av följande:

1. Begränsningar på tidsutsträckningen mellan ankomst- och avgångshändelser, t.ex. en kortaste och längsta tid för ett byte mellan två transporter
2. Ett minsta överlapp mellan två tidsutsträckningar, t.ex. uppehållstiderna för två tåg på en station för att möjliggöra ömsesidig omstigning
3. Förekomsten av minst en avgång inom en viss tidsutsträckning efter en ankomst på en given station, t.ex. för att möjliggöra en vagnsövergång på rangerbangården från ett terminaltåg till ett fjärrtåg
4. En viss händelse måste inträffa inom *något* av ett antal tidsintervall som i sin tur ges av någon regelbunden händelse, t.ex. anslutning till färjeavgångar

### 3.1.2 Trafikutövarkrav

Följande krav uppstår som en effekt av trafikutövarens behov och/eller önskan att använda sina egna resurser effektivt.

**Fordonskrav** De viktigaste av trafikutövarnas fordonskrav utgörs av hur fordonen är tänkta att allokeras till transporterna. Att bryta mot sådana krav kan innebära att trafikutövaren måste omplanera sin användning av fordonen vilket ibland kan leda till drastiskt ökade kostnader för att producera den önskade trafiken. Kostnaden varierar dock med t.ex. plats. Kostnaden kan bli hög t.ex. då enbart ett fåtal fordon ankommer respektive avgår vid en station, medan kostnaden blir låg för platser där trafikutövaren har många avgångar och ankomster. Ytterligare ett exempel på aspekt som måste beaktas är då ett lok skall användas på en mindre bangård till växlingstjänst eller liknande under en planerad period. Denna växlingstjänst syns inte som ansökta tåglägen, men det är likafullt ett arbete som fordonet skall utföra innan det kan avgå från platsen.

**Personalkrav** Krav på tidtabellen med utgångspunkt i personalplaneringen används knappt alls i dagens process. I den mån sådana krav skulle kunna göras explicita är de dock ur tidtabellsynpunkt troligen av en liknande karaktär som för fordonen och bör kunna beaktas på samma sätt som dessa. T.ex. att tidsutsträckningar som medger måltidsuppehåll eller fordonsuppställning upprätthålls mellan vissa par av händelser såsom avgångar och ankomster.

**Prioriteringar** Trafikutövaren måste kunna ange prioriteringar mellan sina egna tåg för att hantera konflikter dem emellan. Sådana konflikter kan t.ex. uppstå då dennes tåglägen flyttas som en följd av hantering av andra trafikutövares sökta tåglägen eller p.g.a. operativa störningar.

**Variationer i kapacitetsbehov** Godstrafikutövarna har ett behov att anpassa sin trafik till varierande efterfrågan hos sina kunder. Tidigare har detta behov åstadkommit genom att söka s.k. E-lägen vilka har kunnat användas för att anpassa vilka tåg som anordnats i förhållande till efterfrågan. Genom möjligheten att revidera och anpassa leveranstågplanen då behov för det finns kommer tågplanen att innehålla de tåg som faktiskt körs och inte lägen som kanske kommer att köras, vilket bör utnyttja tillgänglig infrastruktur på ett bättre sätt.

### 3.2 Banarbeten

Banarbeten kategoriseras på flera sätt, dels finns akuta åtgärder då något går sönder, utgör en säkerhetsrisk eller på annat sätt kräver ögonblicklig åtgärd och tillgång till spåret, dels finns planerade banarbeten som delas upp i olika kategorier. Banverket använder tre olika klasser: BAO1, BAO2 och BAO3. BAO1 och BAO2 skall presenteras i järnvägsnätsbeskrivningen medan BAO3 planeras och presenteras för trafikutövarna efter det att järnvägsnätsbeskrivningen publicerats. Eftersom BAO1 och BAO2 finns med i järnvägsnätsbeskrivningen så utgör de ett underlag för ansökan, och diskussion om förändringar och samordning ligger före den process vari leveranstågplanen ingår. BAO3-klassade arbeten skall däremot läggas in tillsammans med de sökta tåglägena, och åsättas prioritet samt vägas gentemot trafikutövarnas sökta tåglägen.

Banarbeten påverkar banan på flera sätt. En del arbeten kräver avlyst bana under kortare eller längre perioder (t.ex. kontakledningsunderhåll). Andra arbeten kräver hastighetsnedsättning under själva arbetet men inte efter utfört arbete (t.ex. utbyggnad till dubbelspår) medan ytterligare andra kräver hastighetsnedsättning efter arbetets utförande (t.ex. slipersbyten). I leveranstågplanen skall framgå var, när och på vilket sätt banan är påverkad av banarbeten. Leveranstågplanen skall också, om detta planerats, presentera de omledningslägen som planerats för trafikutövarna under själva arbetet.

### 3.3 Hanteringsmässiga krav

Förutom att leveranstågplanen skall tillgodose så många som möjligt av de krav som ställs på den från kunder och trafikutövare skall den också skapa utrymme för flexibilitet och effektivitet i det operativa skedet vilket i sin tur förväntas leda till ökad leveranssäkerhet och totalt sett bättre utnyttjande av infrastrukturen. Värdet av denna ökade flexibilitet kan också återföras till trafikutövare och kunder genom ökade möjligheter och minskade ledtider för att införa förändringar i trafiken vid t.ex. förändrad efterfrågan.

Detta ställer ytterligare krav på leveranstågplanens utformning. Så mycket flexibilitet som möjligt skall bibehållas utan att trafikutövarnas möjlighet att verifiera sina krav mot planen minskas. Eftersom det inte alltid är fasta avgångstider som är kravet från trafikutövarna utan ofta t.ex. övergångar och anslutningar är det viktigt att tåglägesansökan innehåller information om dessa. I följande avsnitt beskrivs kortfattat vad som behöver ingå i specifikationen av tåglägesansökan. Leveranstågplanens formella utformning behandlas vidare i avsnitt 5 nedan.

## 4 Specifikation av krav och ansökan

För att kunna tillgodose och adressera önskemål och krav som trafikutövarna har måste dessa också vara kända av tidtabellkonstruktörerna. Detta dokument är inte primärt

ägnat åt att specificera hur tåglägesansökan i framtiden skall utformas. Detta beskrivs i stället i rapporten i från ett tidigare projekt, [KAEF05] samt i [Fra03]. En kort sammanfattning av slutsatserna från dessa utredningar beskrivs dock i detta avsnitt som en bakgrund för de förslag som presenteras i avsnitt 5 nedan. I slutet på de avsnitt som behandlar de enklare kraven ges en enkel formel som utgör kravets matematiskt formulering. Se [KAEF05] för den matematiska formuleringen av övriga krav. Gemensamt för alla de viktigare typerna av krav är att de är linjära vilket är bra ur ett beräknings-tekniskt perspektiv.

#### 4.1 Varians i gångtider, avgångs- och ankomsttider

I dagens process anges önskade ankomst- och avgångstider för varje ansökt tågläge. Då detta hamnar i konflikt med ett tågläge som ansökts av en annan (eller samma) trafikutövare måste åtminstone en av de båda tåglägena förskjutas eller fördröjas för att eliminera konflikten. Om ingen annan information än ankomst- och avgångstider finns angivna kan detta inte göras med hänsyn till de båda transporternas prioritet eller de anslutningar som den planerade transporten förväntas uppfylla.

För att avhjälpa denna situation är det önskvärt att tågens avgångs- och ankomst-tider anges som intervall snarare än fixa tidpunkter och utsträckningar. Dessa behöver dessutom inte heller anges för alla händelser på tågets väg utan bara vid de platser där det spelar roll för trafikutbyten, andra anslutningar eller där det finns produktions-tekniska krav. Ansökan kan utöver ett intervall som anger acceptabla förskjutningar också ange en önskad tidpunkt inom intervallet som målpunkt. I den mån de önskade gångtiderna påverkar trafikuppgiften kan även ett eller flera tidsintervall för acceptabla gångtider mellan särskilt intressanta platser på tågets väg anges i ansökan. Notera att standardvärden för gångtiden för olika typer av transporter används på de flesta sträckor och ingen garanti för att kortare gångtider i allmänhet kommer att ges. För en noggrannare analys av dessa förhållanden se [Fra03].

Syftet med dessa förändringar i formatet för tåglägesansökan är att specificera hur en eventuell förskjutning av tiderna kan ske utan att påverka den önskade transportuppgiften.

Intervall anges genom att en variabel  $x$  som refererar till tidpunkten för en händelse (avgång eller ankomst) begränsas av två konstanter  $l$  och  $u$  så att  $l \leq x \leq u$ .

#### 4.2 Tvåställiga relationer

Relationer mellan individuella händelser för olika tåg används för att specificera anslutningar, trafikutbyten och t.ex. lok- och personalanknytningar samt anknytningar vid rangering i vagnslastsystemet. Relationerna anges med typ och eventuellt med en prioritet som anger hur viktigt den ur operatörens synvinkel är. Prioriteten kan t.ex. spegla om det är den enda möjliga lokvändningen eller en ur en större mängd möjliga lokvändningar, hur många passagerare som i genomsnitt utnyttjar anslutningen, etc.

Vi kommer i detta dokument inskränka oss till tvåställiga relationer mellan tidpunkterna  $x$  och  $y$  för två händelser som (på liknande sätt som ovan) begränsas genom angivande av två konstanter  $l$  och  $u$  så att  $l \leq x - y \leq u$ .

#### 4.3 Flerställiga relationer

Relationer mellan fler än två händelser kan användas för att bekvämt uttrycka krav på en högre nivå än dem ovan. Sådana relationer kan oftast uttryckas som samlingar eller

alternativa uppsättningar av krav på ovanstående form men kan utformas för att bättre spegla den tänkta användningen.

Exempel på flerställiga relationer kan vara sådana som specificerar olika typer av regelbundenheter i planen, t.ex. styv tidtabell och längre kedjor av anslutningar för att stödja flöden av gods eller passagerare som betjänas av flera individuella transporter. [KAEF05] innehåller en utförligare analys av ett urval flerställiga relationer.

Då syftet med denna text framför allt är att beskriva leveranstågplanens innehåll ges nedan en mer informell beskrivning av ett antal användbara flerställiga relationer. För var och en av dessa kommer i avsnitt 5, dess motsvarighet i form att ett eventuellt åtagande i leveranstågplanen beskrivas.

#### 4.3.1 Regelbundna händelser

Regelbundna händelser är en viktig typ av flerställiga relationer som alla kan uttryckas som mängder av tvåställiga relationer men som med fördel kan betraktas som *ett* enskilt krav som antingen är eller inte är uppfyllt i sin helhet. T.ex:

- “Styv tidtabell”, 10/15/20/30-minuterstrafik
- Samma tid varje timme under vissa tider på dygnet
- Ett tåg samma tid varje dag i veckan
- “Slak tidtabell” t.ex. 6 tåg/dygn, med minst 1 1/2 timme mellan

Notera att åtminstone styv tidtabell i allmänhet konsumerar mer kapacitet än motsvarande antal tåg utan krav på regelbundenhet. Detta kan innebära att standardvärden på gångtider för transporter med krav på regelbundenhet kan behöva förlängas för att inte otillbörligt inkräkta på andra trafikutövares möjligheter att genomföra sin trafik.

För de flesta krav på regelbunden trafik finns ett (ofta implicit) intervall inom vilket varje upprepning av en händelse kan inträffa utan att kravet skall anses brutet. Om t.ex. den första händelsen inträffar vid tidpunkten  $x$  kan kravet för att tidpunkterna  $y_1, \dots, y_n$  för de ytterligare händelser som skall inträffa var  $d$ :te tidsenhet efter  $x$  uttryckas som:

$$\forall y_i \in \{y_1, \dots, y_n\} (l \leq y_i - di - x \leq u)$$

där  $[l, u]$  utgör den tillåtna variansen. Normalt är dock  $u - l$  ett litet tal.

#### 4.3.2 Kedjor av anslutningar

Kedjor av anslutningar kan också uttryckas som mängder av tvåställiga relationer vilka alla måste vara uppfyllda för att t.ex. ett godsflöde skall gå att realisera. Varje relation i en kedja specificerar typiskt en anslutningsmöjlighet mellan händelser för två olika tåg på samma plats men detta är inte något formellt krav. För varje par av händelser som relateras i en kedja finns ett motsvarande intervall som vanligen uttrycker kortaste och längsta anslutningstid.

#### 4.3.3 Omlopp

En slinga i ett lokomlopp är, precis som kedjor, mängder av tvåställiga relationer som uttrycker en kedja av anslutningsmöjligheter. Slingan har därutöver en cyklisk struktur där den sista lokvändningen i kedjan vänder till en ny instans av den första transporten

och därigenom blir cyklisk. Längden på slingan kan vara lång, flera veckor är inte ovanligt. I praktiken föreligger antagligen inte något stort behov att ställa krav på hela slingor, framför allt inte de som är flera veckor långa.

#### 4.3.4 Alternativrelationer

Alternativrelationer kan uttryckas som en mängd av relationer där kravet är att minst en av de alternativa relationerna skall vara uppfylld. Det finns inget krav på att de i mängden ingående relationerna måste vara tvåställiga, utan dessa kan i sig vara flerställiga. I det allmänna fallet kan relationer av detta slag vara mycket svåra att tillfredsställa och verifiera och det är för närvarande osäkert om den allmänna formen för denna typ av relation verkligen är nödvändig. Det finns dock ett antal specialfall som bör vara mycket användbara, t.ex. motsvarigheter till E-lägen och liknande.

#### 4.3.5 Existens av relation(er)

Existensrelationer kan uttryckas som att det bland en angiven mängd av händelser skall finnas minst en (eventuellt flera) som uppfyller en given tvåställig relation med en annan angiven händelse. Detta är ett specialfall av en alternativ relation som den definierats ovan.

### 4.4 Värdering av gångtider, avgångar, ankomster och väntetider

Värdering av krav på ovanstående form kan användas för att prioritera mellan krav som befinner sig i konflikt sinsemellan. Sådana värderingar kan dels baseras på transportuppgiftens eller relationens typ (se t.ex. [Fra03]), dels på trafikutövarens egna prioriteringar och till sist på en analys av kravens relation till för varje typ av transport fastställda standardvärden.

Ett exempel på det senare är att krav från trafikutövaren som överstiger standardvärdena för transporttypen prioriteras ned i förhållande till andra trafikutövares krav och omvänt. Ett annat exempel är att flera intervall med olika värderingar kring en önskad händelse kan beaktas, t.ex. en fix tid eller mycket litet intervall som uttrycker en måltidpunkt för händelsen, ett större intervall inom vilket det kan uppfattas som att trafikutövaren fått sitt krav tillgodosett, ytterligare ett utanför vilket trafikutövaren uppfattar att transportuppgiften ej kan utföras till en rimlig kostnad. Liknande hantering av relationer kan införas och hanteras.

## 5 Leveranstågplanens utformning

Leveranstågplanen skall innehålla information som gör det möjligt för en trafikutövare att avgöra i vilken utsträckning han fått sina krav och önskemål tillgodosedda. Den bör också kunna fungera som indata till trafikutövarens egen resursplanering. I vilken mån det senare är möjligt beror naturligtvis på hur noggrant trafikutövaren angivit de relationer som avser fånga den egna resursplaneringens förutsättningar.

Leveranstågplanens utformning avser också lämna utrymme för effektivare operativ styrning vilket förväntas leda till bättre leveranssäkerhet. Detta gör att den mycket väl kan komma att endast *delvis* bestämma tidpunkter för avgångar och ankomster och utsträckningar för gång- och uppehållstider samt exakta förhållanden mellan händelser. I stället kan leveranstågplanen komma att, som framgår nedan, använda *intervall* inom

vilka Banverket Trafik anser sig kunna "leverera" avgångar och ankomster, eventuellt kompletterade med intervall för gångtid mellan särskilt intressanta par av stationer. På samma sätt åtar sig Banverket Trafik att "leverera" t.ex. övergångs-, rangerings- och vändtider inom givna intervall.

För varje typ av krav i ansökan anges nedan vilken typ av åtagade leveranstågplanen förväntas innehålla. Varje krav, för vilket ett åtagande förväntas, måste motiveras på ett sätt som tillåter att det klassificeras i enlighet med de samhällsekonomiska prioriteringar kapacitetsfördelningsprocessen förväntas realisera. Notera att otillräckligt motiverade krav kommer att ges låg prioritet och i allmänhet uppfyllas endast om det inte påverkar övrig trafik eller fördröjer beslutsprocessen.

## 5.1 Ankomster och avgångar

För varje ansökt tågläge levereras:

- För varje i ansökan specificerad händelse:
  - Det intervall inom vilket sökanden kan vänta sig att händelsen kommer att inträffa, samt
  - Om så önskas, en måltidpunkt när det är önskvärt att händelsen inträffar.  
Notera att detta kan utgöra antingen en inskränkning eller utvidgning av det ursprungliga kravet. Huruvida kravet skall anses vara uppfyllt eller inte beror på de standardvärden som ansatts för den aktuella transportuppgiften.

## 5.2 Gångtider

För varje ansökt tågläge levereras:

- För varje i ansökan specificerat gångtidskrav:
  - Det intervall inom vilket sökanden kan vänta sig att gångtiden kommer att variera  
Notera att detta kan utgöra antingen en inskränkning eller utvidgning av det ursprungliga kravet. Huruvida kravet skall anses vara uppfyllt eller inte beror på de standardvärden som ansatts för den aktuella transportuppgiften.

## 5.3 Tvåställiga relationer

Tex. trafikutbyten (anslutningar, övergångar och rangeringar) och trafiktekniska relationer (fordonsvändningar och personalanslutningar).

- För varje i ansökan specificerad tvåställig relation mellan tidpunkterna för två händelser levereras:
  - Det intervall som begränsar utsträckningen mellan de två tidpunkterna  
Notera att detta kan utgöra antingen en inskränkning eller utvidgning av det ursprungliga kravet. Huruvida kravet skall anses vara uppfyllt eller inte beror på de standardvärden som ansatts för den aktuella relationen.

## 5.4 Flerställiga relationer

Flerställiga relationer kan användas för att fånga i princip hur komplicerade förhållanden som helst. Vi skall dock här inskränka oss till ett urval av uppenbart användbara relationer. Ett viktigt resultat av förankringsprocessen kring detta dokument utgör slutsatser kring fullständigheten i denna uppsättning relationer.

### 5.4.1 Regelbundna händelser

För varje angivet krav på en regelbunden händelse levereras:

- Det intervall  $[l, u]$  inom vilket händelsens regelbundenhet kan förväntas variera. Se avsnitt 4.3.1 ovan för definitionen av intervallet  $[l, u]$ .
- eventuellt den förlängning av gångtiden som kravet på regelbundenhet gett upphov till.

### 5.4.2 Kedjor av anslutningar

För varje angivet krav på en kedja av anslutningar levereras:

- För varje i kedjan specificerad relation:
  - Det intervall som begränsar anslutningstiden för det angivna paret av händelser

### 5.4.3 Omlopp

För varje angivet krav på slingor i omlopp levereras:

- För varje slinga i omloppet specificerad relation levereras:
  - Det intervall som begränsar anslutningstiden för det angivna paret av händelser

### 5.4.4 Alternativa relationer

T.ex. antingen 15 *eller* 20 minuterstrafik eller från ett till tre tåg per dygn med olika tåglägen beroende på vilket fall vi befinner oss i.

För varje specificerad alternativ relation levereras:

- Vilken eller vilka relationer som sökanden kan förvänta sig vara uppfylld
- För varje sådan relation levereras dessutom samma sak som om den angivits separat

Om leveransen utgör en utvidgning av det angivna kravet anses relationen ändå vara uppfylld om den tillfredsställer standardvärdena för de aktuella typerna av relationer

### 5.4.5 Existens av relationer

För varje i ansökan specificerad existensrelation levereras:

- För vilken eller vilka alternativa händelser den angivna relationen kan förväntas vara uppfylld
  - För varje sådan händelse motsvarande intervall
- Om intervallen utgör en utvidgning av det angivna kravet anses relationen ändå var uppfylld om den tillfredsställer standardvärdena för den aktuella typen av relation

## 6 Förankring

Detta dokument presenterar en första ansats till specifikation av formen för leveranstågplanen, och utgör inte ett färdigt resultat utan skall tvärtom ses som ett diskussionsunderlag och skall därför lämnas ut på remiss till en referensgrupp bestående av personer från både Banverket Trafik och trafikutövare. Tanken med detta är att dels kontrollera att innehållet omfattar de krav som aktörerna har på leveranstågplanens format och innehåll, dels få reaktioner och åsikter runt det presenterade innehållet. Under projektets löptid kommer dokumentet att revideras, ändras och utökas med avseende på den ytterligare information som framkommer under projektets gång.

Dokumentet har för närvarande en delvis ganska formell karaktär. Det är dock viktigt att det underliggande språket och formatet kan ges en exakt betydelse för att säkerställa både entydighet och beräkningsegenskaper. I senare revisioner av dokumentet kommer materialet att kompletteras och presenteras mer utifrån ett allmänt perspektiv och utifrån branschens egen terminologi och behov.

## Referenser

- [Fra03] Thomas Franzén. Förslag till principer för tilldelning av tågläge — huvudrapport. Intern rapport, Banverket, Borlänge, Sweden, Mars 2003.
- [KAEF05] Per Kreuger, Martin Aronsson, Jan Ekman, and Thomas Franzén. Rail traffic requirements engineering. Technical Report T2005:12, Swedish Institute of Computer Science, 2005. As presented at the 1st International Seminar on Railway Operations, Modelling and Analysis, June, 08-10, 2005, Delft, Netherlands.