

# Frilagd kapacitet i Successiv Tilldelning

*Martin Aronsson, Malin Forsgren*

*SICS*

*Box 1263, 164 28 KISTA*

`{martin,malin}@sics.se`

**Sammanfattning:** Detta PM sammanfattar beräkningar av frilagd kapacitet. Beräkningarna har gjorts som en del av nyttovärderingen av Successiv tilldelning. Denna nyttovärdering gjordes med hjälp av PENG-metoden. Beräkningen av frilagd kapacitet har gjorts med standarden UIC406 som bas, men istället för att välja en typisk gångdag så har vi valt att använda samma material som finns i systemet TrainPlan och som tidtabellkonstruktörerna använder. Konkret har vi använt en ögonblicksbild som fanns i TrainPlan 2011-04-07 och beräkningen är utförd på resterande tågplan under 2011. Resultatet visar att det finns en stor dold nytta i tågplanen som inte tillgodosöks med dagens planerings- och regleringsmetod

## Inledning

Detta PM beskriver de beräkningar som använts för att värdera värdet av nyttan med Successiv Tilldelning (ST) i termer av frilagd kapacitet då tågplanen produktionsoptimeras för varje dygn. Beräkningarna bygger på standarden UIC406 [1] men istället för att välja en typisk gångdag såsom UIC406 stipulerar så har vi valt att använda tågplanen som finns i systemet TrainPlan och som tidtabellkonstruktörerna använder och producerar. Syftet med arbetet har varit att söka värdera nyttan med att produktionsoptimera tågplanen dag för dag i termer av framför allt ny trafik.

## UIC406

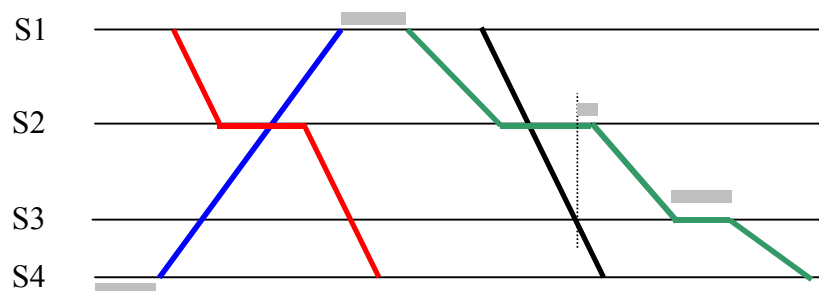
UIC406 [1] är en standard för att mäta kapacitet på järnväg. Den är framtagen inom ramen för UIC, "Union Internationale des Chemins de fer" eller International Union of Railways. UIC har f.n. 197 medlemmar över på 5 kontinenter. Kapacitet på järnväg är ett svårfångat begrepp och beror bl.a. av infrastrukturens utformning, hur homogen trafiken är samt trafikens önskade spridning över dygnet. UIC406 är en metod att sätta ett värde på ett verkligt eller tänkt kapacitetsuttag i termer av trafik, däremot inte ett sätt att allmängiltigt definiera en spårsträckas möjliga produktionskapacitet.

### **Kortfattad beskrivning av UIC406**

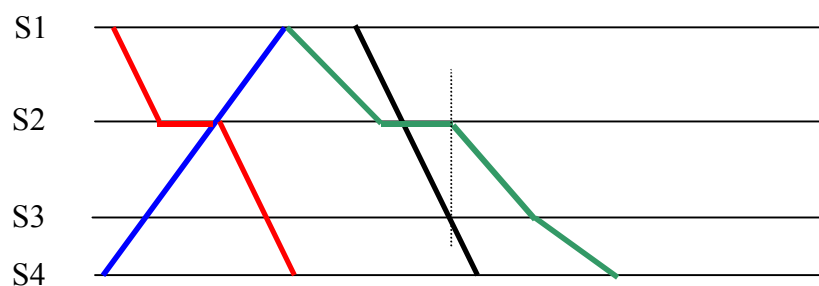
För att kunna kalkylera kapacitetsuttaget enligt UIC406 krävs en tidtabell för den undersökta spårsträckan. Givet denna samt de allmänna regler som definierar det minsta tidsmässiga avstånd mellan tåg i händelse av att dessa delar en spårresurs (t.ex. en korsande tågväg) så kalkyleras en kortaste genomförandetid av den givna tidtabellen. Det är inte tillåtet att byta tågordning på något enskild linjedel, vilket således ger som konsekvens att inga möten eller förbigångar kan flyttas från en station till en annan. Den kortaste genomförandetiden kalkyleras genom att tidtabellen komprimeras så mycket det går genom att försöka förskjuta alla tåg att gå så tidigt som möjligt, med bibehållande av tågordning och med upprätthållande

av tidsmässiga avstånd för konfliktreglering. Kvoten mellan den komprimerade tiden och den ursprungliga genomförandetiden för tidtabellen utgör kapacitetsuttaget.

I nedanstående figurer har en förenklad grafisk tidtabell komprimerats. Det grå liggande staplarna visar den tid som kan "vinnas" genom att komprimera tidtabellen och få utseendet i den undre figuren. Den svaga prickade linjen markerar den tidigaste starttidpunkten för grönt tåg i stationen S2. Notera även att det stopp som görs i S3 av grönt tåg inte behövs den undersökta gångdagen och därför kan tas bort helt. Stoppet beror på ett möte någon annan gångdag än den undersökta.



Figur 1 Ursprunglig tågplan



Figur 2 Komprimerad tågplan

## Kapacitetsundersökningar av Trafikverket

Trafikverket genomför varje år en uppföljning av kapacitetsuttaget på den svenska järnvägen enligt UIC406. Resultatet redovisas i en rapport [2]. Tidtabellen väljs väsentligen enligt två kriterier:

- 1) Den sträcka som undersöks skall vara fri från förgreningar. Detta eftersom annars blir kompressionen svår att genomföra på ett bra sätt
- 2) En start tid och en sluttid måste väljas för den undersökta delen av tågplanen. Vid de kapacitetsstudier som genomförs av Trafikverket väljs en typisk trafikdag (24 timmar) för året samt ett utsnitt för de mest trafikerade 2 timmarna, även här det "typiskt mest trafikerade 2 timmarna". Underlagsdata för detta hämtas från Trafikverkets uppföljningssystem,

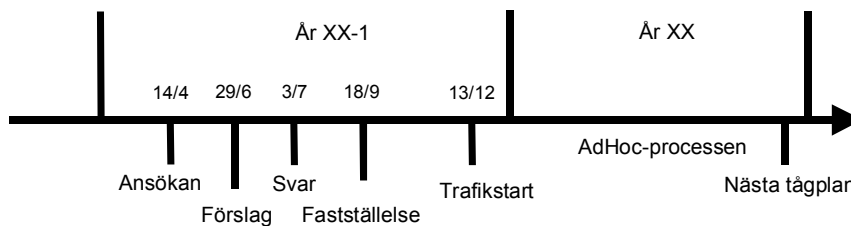
De olika delsträckorna klassas efter kapacitetsuttaget i röda sträckor (stora kapacitetssvårigheter), gula sträckor (vissa kapacitetsproblem) samt gröna (små eller inga kapacitetsproblem). Olika områden får olika klassning beroende på om tidsutsnittet är för ett helt dygn eller för de mest belastade två timmarna under dygnet.



**Figur 3** Del av tågnätet i Sverige, färglagt i förhållande till utnyttjad kapacitet. Från Trafikverkets årliga genomgång av kapacitetssituationen i Sverige [1]

## Tågplanen

Tågplanen tas fram och underhålls i systemet TrainPlan. Under den s.k. långtidsprocessen tas en årlig tågplan fram som fastställs i september. De fastställda lägen får därefter inte förändras, däremot kan de ställas in. Efter fastställelsen och genom hela genomförandet av tågplanen sker tillägg av nya tåg och inställelse av befintliga tåg under den s.k. korttidsplaneringen. De nyanordnade tågen läggs in i turordning som de ansöks och anordnas på den restkapacitet som definieras av den fastställda tågplanen och hittills anordnade tåg. Notera att ingen omplanering av de fastställda tågens detaljerade tåglägen genomförs efter september.



**Figur 4** De olika skedena för en tågplan

I varje given tidpunkt under genomförandet av tågplanen så kan en ögonblicksbild tas av den tänkta trafiken, från den givna tidpunkten och fram till tågplanens slut. Denna ögonblicksbild representerar hur planeringssituationen såg ut just då.

## Successiv Tilldelning

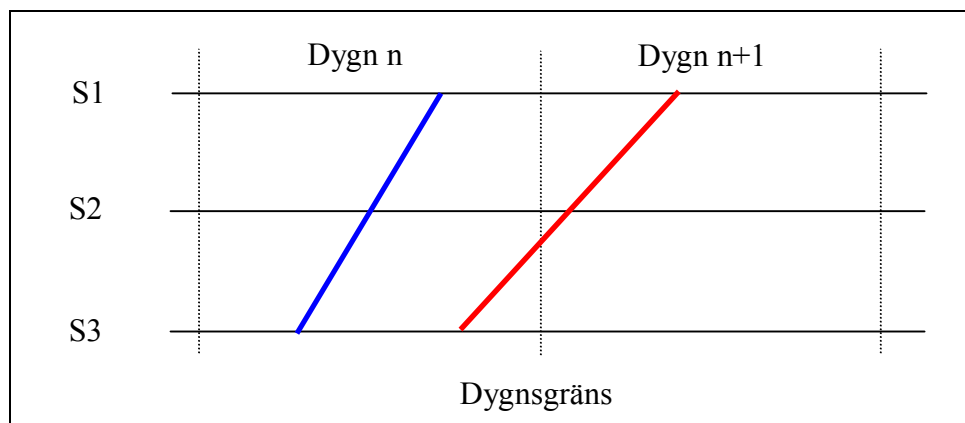
Successiv tilldelning (ST) är en alternativt sätt att planera tågtrafik. Inom ST fastsätts inte tåglägena i varje produktionspunkt utan endast där det finns ett åtagande mellan Trafikverket och järnvägsföretag. Dessa utgörs huvudsakligen av de kommersiella aktiviteterna som tågen har (av- och påstigande, godsvagnars avkoppling och tillkoppling, etc) men även produktionsaktiviteter kan utgöra ett åtagande. Således fryses inte hela tågets läge utan tågets planerade läge mellan två åtagandepunkter tillåts förändras från dag till dag om det gagnar hela planens genomförande. På detta sätt skapas flexibilitet i korttidsplaneringen då bl.a. nya tåg skall anordnas eller mer eller mindre akuta banarbeten skall genomföras.

En viktig komponent i ST är den dygnoptimering som är tänkt att genomföras innan det planerade trafikdygnet överlämnas till driftledningen för verkställande. Det är möjligheterna med denna produktionsoptimering som detta arbetspapper framföra allt utvärderar och beskriver en metod för att uppskatta.

## Metod för att beräkna frilagd kapacitet inom ramen för Successiv tilldelning

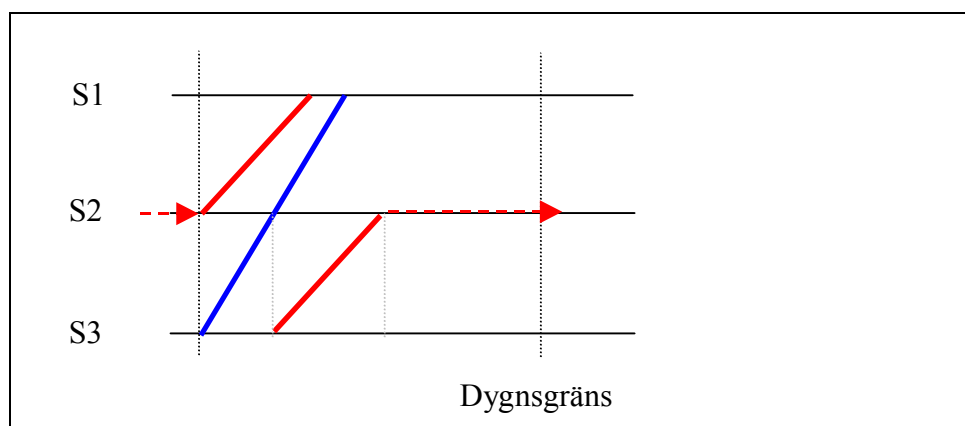
För att uppskatta den genom Successiv Tilldelning (ST) frilagda kapaciteten gentemot den idag tillgängliga kapaciteten har en metod tagits fram. Metoden går kortfattat ut på att använda UIC406-metoden på en ögonblicksbild av tågplanen, och då använda den på planerade tåglägen, inte utförd trafik. Vidare används inte en typisk gångdag utan beräkningarna genomförs på utsnitt ur ögonblicksbilden från TrainPlan. Dessa utsnitt kan vara hela den kvarvarande planeringsperioden, nästa vecka eller specifika gångdagar ur den kvarvarande tågplanen. Förutom detta tidsutsnitt bestäms vilket spårområde som skall undersökas. Givet dessa utsnitt beräknas kapaciteten såsom UIC406 beskriver, dvs genom att komprimera tågplanen så mycket det går och avläsa det senast ankomna tågets ankomsttid i den komprimerade tidtabellen. Om flera dygn ingår i tidsutsnittet så sker komprimeringen i överlagrade dygn, d.v.s. tåg som går över dygnsgränsen får två olika komponenter, dels de linjetraverseringar som går före eller på dygnsgränsen och dels de som ligger i nästa dygn. Eftersom komprimeringen sker från dygns slutet så komprimeras alla linjetraverseringar i de dygn där de ingår.

I figurerna nedan illustreras hur delningen över dygn går till. Det röda tåget går över dygnsgränsen och kommer att "delas" i stationen S2, en del som komprimeras i dygn  $n$  och en del som komprimeras i nästpåföljande dygn  $n+1$ .



Figur 5 Illustration av komprimering av flera dygn

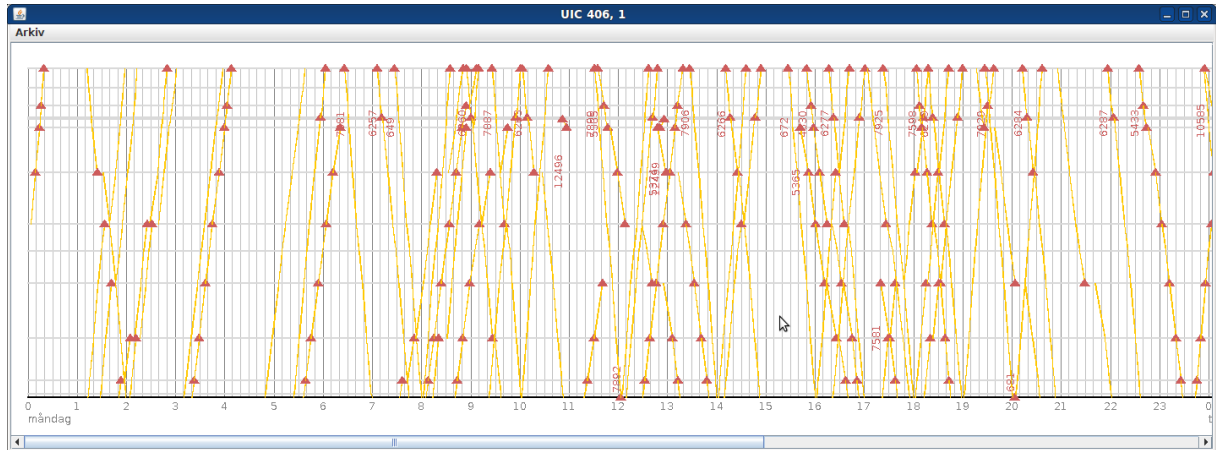
Då dessa båda dygn överlagras i samma graf fås Figur 6. nedan.



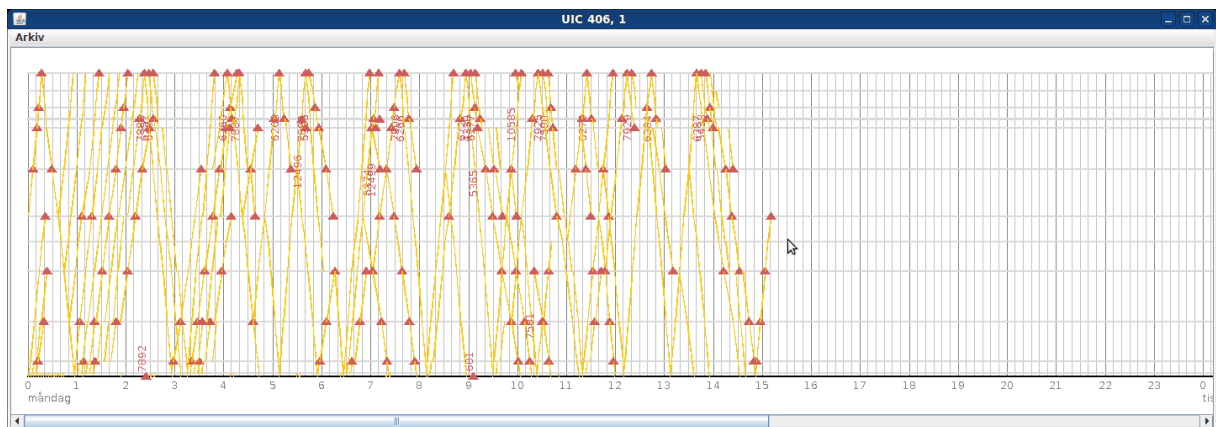
Figur 6 Efter komprimering har rött tåg delats med ett långt "uppehåll" i station S2

# Beräkningar

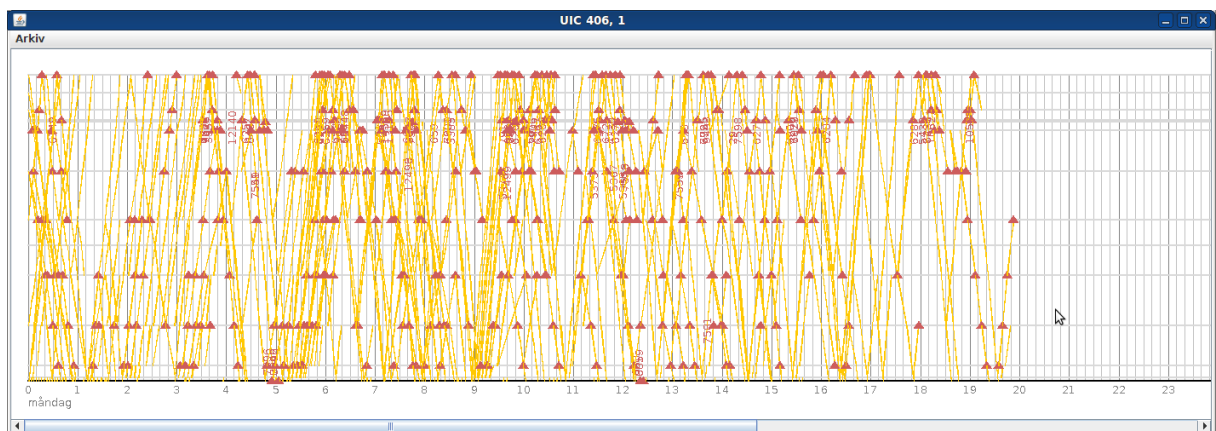
För att bedöma utrymmet som ST ger görs flera olika beräkningar som därefter jämförs med ett basfall. Basfallet utgör den kvarvarande tågplanperioden, 274 dagar, och den kapacitet som konsumeras i denna. Den konsumerade kapaciteten mäts i båda fallen med UIC406 som metod. Som exempel på komprimering visas tidtabellen för en gångdag samt resultatet efter komprimering. Den andel av ett dygn som den komprimerade tidtabellen utgör är det mätta kapacitetsutnyttjandet.



Figur 7 En enskild gångdag, ursprunglig tågplan.



Figur 8 En enskild gångdag, komprimerad



Figur 9 Hela resterande tågplan, komprimerad

Vi har genomfört beräkningar för alla undersökta sträckor genom att beräkna kapacitetsutnyttjandet för det dygn som ögonblicksbilden togs (ur TrainPlan) och för varje

dygn en vecka framåt. Detta utgör det kapacitetsutnyttjande som skall gälla om ST användes i produktionsplaneringen av tågplanen. För de undersökta 7 dygnen valdes det kapacitetsutnyttjande som var högst och jämfördes med basfallet, d.v.s. kapacitetsutnyttjande för tågplanen för det resterande året för denna sträcka (i enlighet med det idag gällande planeringsreglerna). Differensen mellan det framtagna högsta värdet vid dygn-för-dygn beräkningen och för basfallet utgör den av ST frilagda kapaciteten.

Gävle-Söderhamn		76 km	Utnyttjad tid	Dygnsandel	Antal tåg	Tid per tåg
StartDag	SlutDag	Hela	86400	100%		
117	117 torsdag		54589	63%	61	895
118	118 fredag		58340	68%	60	972
119	119 lördag		34657	40%	29	1195
120	120 söndag		29167	34%	23	1268
121	121 måndag		54660	63%	53	1031
122	122 tisdag		57931	67%	61	950
123	123 onsdag		56822	66%	57	997
			max	68%	snitt	1044
117	364	Resten av året	71506	83%	243	294

Figur 10 Exempel på värden från beräkningar dag för dag

Eftersom förmodligen inte hela den frilagda kapaciteten kan nyttjas till potentiell ny trafik så tas den framräknade differensen och skalas med en skalfaktor, som vi f.n. valt att sätta till 30%. Notera att annan frilagd kapacitet kan vara användbar till t.ex. banarbetstid eller kvalitetssäkring av tåglägen (ökad robusthet i tågplanen genom att fördela om tillgänglig tid).

För att räkna om den nu framtagna potentialen i ny trafik i termer av tåg delas potentialen med den andel som ett genomsnittligt tåg tar av den framtagna utnyttjade kapaciteten. Resultatet av denna beräkning utgör antal tåg som potentialen i ny trafik motsvarar. Genom att multiplicera denna med sträckans längd får vi ett värde på potentialen i enheten tågakilometer som i sin tur kan värderas i kronor genom de värderingar som Trafikverket gör årsvis. Den andel som ett genomsnittligt tåg tar av den framtagna frilagda kapaciteten beräknas genom att för varje dag skapa kvoten mellan den tid den komprimerade tidtabellen tar att genomföra och det antal tåg som ingår i denna. Snittet för hela veckans kvoter är slutligen det värde som används som kapacitetsutnyttjandet för ett genomsnittligt tåg

	83% Kapacitetsuttag hela året
-	68% Max undersökt vecka
<hr/>	
	15% Frilagd kapacitet
*	86400 Ett dygn i sekunder
<hr/>	
	12960 Frilagd kapacitet i sekunder
*	30% Andel möjlig att realisera i tåg
<hr/>	
	3888 Potential utökad trafik, i sekunder
/	1044 Tid per tåg i snitt
<hr/>	
	3,72 Antal nya tåg
*	76 Sträckans längd
<hr/>	
	283 Tågakilometer per dygn i snitt

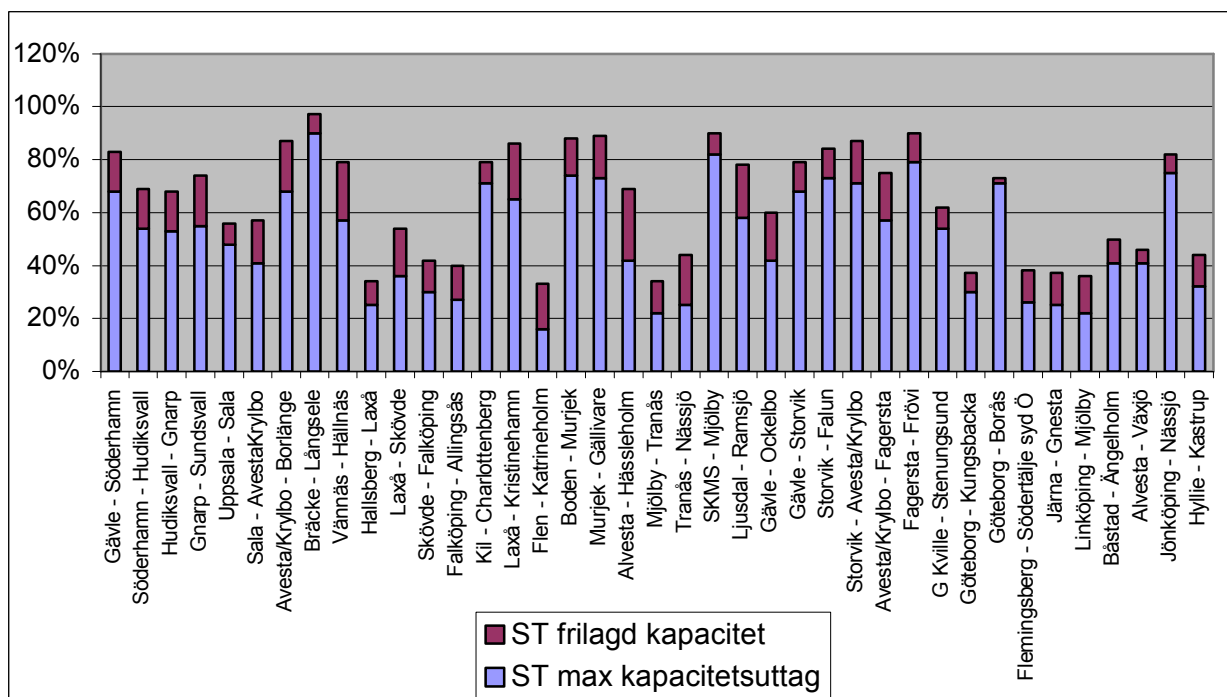
Figur 11 Exempel på uträkning av potentialen för ny trafik

## Resultat

Med alla ”gula” sträckor i 2011 års undersökning av kapacitetsutnyttjandet i järnvägsnätet (exklusive system M-banor) får vi en frilagd kapacitet på 457056 sekunder per dygn. Med en ansatt skalfaktor på 30% och räknat på helår (250 dagar, helger borträknat) får vi 4958541 tågakilometer i potential till ny trafik (räknat enbart på sträckan för de gula sträckorna). Med

ett värdet på 139 kr per tågkilometer blir potentialen 689 000 000 kr. Resultatet visar att det finns en stor dold nytta i tågplanen som inte tillgodogörs med dagens planerings- och regleringsmetod.

Nedanstående diagram sammanfattar resultaten. Notera att vi inte värderar det faktiska uttaget, som varierar med sträcka. Variationen har flera orsaker, bl.a. så beror uttagets storlek på hur lång sträckan är eftersom standarden UIC406 tenderar att ge högre värden för längre sträckor, framför allt gäller detta längre enkelspårssträckor. Detta eftersom tågordningen skall bibehållas och längre sträckor går då inte att komprimera lika mycket som då de kortas i flera mindre delar. Huruvida UIC406 mäter kapacitet på ett korrekt sätt eller inte är inget vi i denna undersökning tar ställning till, vi använder UIC406 för att mäta hur mycket "slack" som finns inbyggt i tågplanen och hur det varierar med gångdag samt relaterar detta med årstidtabellen (eller snarare den kvarvarande årstidtabellen såsom den såg ut 2011-04-07). De blå staplarna är det största kapacitetsuttaget under den undersökta veckan, beräknat dag för dag, medan hela stapeln är kapacitetsuttaget då beräkningen görs på hela den kvarvarande tågplanen i enlighet med dagens regler där ett tågnummer måste ha samma gångtidsbeteende alla gångdagar även om mötesbilden ser olika ut olika gångdagar. Den röda stapeln utgör skillnaden, den av ST frilagda kapaciteten. Det är denna frilagda kapacitet som vi sedan uppskattar att en viss andel går att utnyttja till nyanordnad trafik, t.ex. 30% (det blå fältet i Figur 11).



Figur 12 Sammanfattning av mängden frilagd kapacitet

## Slutsats

\*\*\* TBD

## Referenser

[1] UIC CODE 406, 1st edition, June 2004

[2] *Kapacitetsutnyttjande och kapacitetsbegränsningar hösten 2011, TRAFIKVERKET, Dnr: TRV 2012/5114, Magnus Wahlborg, Magdalena Grimm, Samhälle Planering Kapacitetscenter, 2012-01-25*