

## **Samhällsekonomisk värdering av servicefönster på Norra Stambanan, sträckan Ockelbo-Ljusdal**

I detta PM redovisas en samhällsekonomisk värdering av ett eventuellt införande av servicefönster på Norra Stambanan, sträckan Ockelbo-Ljusdal. Där önskar Trafikverket införa 2 timmar tågfri tid mitt på dagen varje vardag. Detta ger positiva effekter för basunderhållet och planering av dessa arbeten, medan det blir negativa effekter för tågtrafiken. Dessa effekter har kvantifierats och bedömts.

Slutsatsen är att de direkta positiva effekterna är större än de negativa.

Om ingen ersättningstrafik sätts in kommer resandet att minska något och nyttjandet av bil att öka. Detta leder till viss minskning av biljettintäkter för operatören men besparing av att inte köra några tåg balanserar detta.

Med ersättningstrafik i form av buss, blir resevolymerna i stort sett oförändrade och om turtätheten ökas kan resevolymerna även stiga, medan operatören får en försämring på grund av ökade kostnader för busstrafiken och eventuellt outnyttjade tågset.

Ur forskningssynpunkt har syftet med detta arbete varit att etablera och detaljera en modell för hur dylika värderingar kan genomföras, medan de konkreta beräkningsresultaten har stort intresse i dialogen om nytta och nackdelar med servicefönster på Norra Stambanan och vid andra liknande situationer.

Detta PM har strukturerats på följande sätt: Vi inleder med en kort introduktion om servicefönster och beskriver sedan i grova drag analysmetoden som använts. Därefter beskrivs alla förutsättningar och antaganden (indata) som använts (sid 3) varefter själva beräkningarna presenteras – först för underhållet (sid 7), sedan för trafiken (sid 8). Slutligen sammanfattas och diskuteras resultaten (sid 13).

## Inledning och bakgrund

Servicefönster är tågfri tid som reserveras redan i järnvägsnätsbeskrivningen. De kan därmed ligga till grund för underhållskontrakten. Tanken är att i stort sett allt basunderhåll ska göras på dessa tider istället för på strötider som uppstår efter tidtabellsläggningen. Detta ger positiva effekter för underhållet i form av mer sammanhållen tid i spåret, mindre etablerings- och avetableringstid per underhållsåtgärd och kraftigt förenklad planering. Det senare ger också positiva effekter för Trafikverkets administration av arbetsobjekt (inom BAP/BUP-processen<sup>1</sup>).

För tågtrafiken uppstår negativa effekter eftersom den tillgängliga spårkapaciteten minskar och tåglägen inte kan erhållas på dessa tider. På grund av den geografiska utsträckningen och att tågen måste nå sina destinationer innan servicefönstret startar, påverkas trafiken under längre tid än själva fönstertiden. Positiva effekter uppstår även för trafiksidan, dels för att störningar från korta underhållsjobb minskar men även för sådana arbeten som tidigare inte rymdes inom tillgängliga strötider men som nu kan göras inom ett servicefönster. Sådana arbeten leder i dagsläget till omplanering och eventuell inställelse av tåglägen. Dylika förändringar under tågplaneperioden borde alltså minska om servicefönster införs, men kommer inte att bedömas här.

## Analysmetod

För att kunna bedöma effekterna av att införa servicefönster behöver vi ställa olika alternativ mot varandra. Som referens- eller jämförelsealternativ (JA) använder vi dagens tidtabell (tågplan 2015). Från denna kan vi utläsa hur många och stora tidsluckor som finns för att kunna utföra underhåll idag (så kallade "vita tider"), samt hur tågtrafiken körs. Detta jämför vi sedan med några olika utredningsalternativ (UA) där ett två timmers servicefönster införs vardagar mellan kl 12 och 14.

För underhållet utgår vi från arbetsvolymerna (mängden halv-, en- och tvåtimmars jobb etc), kostnaden per arbetslag, när på dygnet som tågfri tid finns samt hur antalet etableringar varierar beroende på hur lång sammanhängande tid i spår som ges. Ansatsen är att antalet etableringar (och därmed sammanlagd etableringstid) ökar om korta tidsluckor ges (längre arbeten måste styckas upp) medan den minskar med stora tidsluckor (korta jobb kan utföras på samma lucka). Dessutom är arbete på kvälls- och nattetid dyrare än dagtid. På detta sätt kan vi beräkna skillnaden i arbetskostnad mellan att utföra underhållet i JA respektive UA.

JA (T15): Underhåll utförs på tillgängliga tidsluckor. Fler etableringar för långa jobb pga korta tidsluckor. Fördyring för arbete på kvälls- och nattetid.

UA (servicefönster): Underhåll utförs på tågfri tid mellan 12 och 14. Färre etableringar när flera korta jobb kan utföras samtidigt. Inget arbete på kvälls- och nattetid.

För trafiken antar vi att samma transportbehov finns i både JA och UA men vissa tåg måste ställas in eller förskjutas pga det önskade servicefönstret. För persontransporterna räknar vi med att en ändring i den upplevda kostnaden kommer att ge motsvarande förändring av resandevolymer (så kallad elasticitet i efterfrågan). Här har vi använt kalkylmetod och formler enligt Eliasson och Börjesson, 2014 [1]. Vi har valt att studera följande två alternativ för regionaltrafiken:

UA1: En tågavgång i respektive riktning ställs in utan någon ersättningstrafik

UA2: En tågavgång i respektive riktning ställs in och ersätts av busstrafik

I bägge alternativen bedöms hur många resenärer som kommer att byta till bil eller buss, eller som kommer att ta det tidigare eller senare tågen. Alla dessa förändringar ger upphov till en skillnad i upplevd kostnad. Värderingen görs enligt de samhällsekonomiska kalkylvärden som Trafikverket föreskriver i ASEK [2].

Slutligen görs en bedömning av hur godstrafiken påverkas av de föreslagna servicefönstren.

1) BAP = Banarbetsplan (för tågstörande jobb), BUP = Banutnyttjandeplan (för icke tågstörande jobb)

## Förutsättningar och antaganden

I detta avsnitt redovisas vilka förutsättningar och antaganden som den samhällsekonomiska värderingen bygger på, både för underhåll och trafik.

### Underhåll

Trafikverket har uppskattat det årliga underhållsbehovet för sträckan Ljusdal-Ockelbo och den kommande femårsperioden på följande vis:

Arbetstyp $j$	Underhållsvolym $V_j$ [h]	Antal arbetspass $a_j^p$
½: Halvtimmeshjobb	348	696
1: Entimmeshjobb	1 376	1 376
2: Tvåtimmeshjobb	1 687	843

Tabell 1: UH-volym Ljusdal-Ockelbo

Till detta kommer en viss mängd 3- och 6-timmeshjobb, vilka vi bortser från i detta sammanhang. Halvtimmeshjobben handlar om besiktningar och åtgärder för signalställverk, medan en- och två-timmeshjobben berör saker som lampbyten, slipning/justering, snöröjning, åtgärder av besiktningsanmärkningar, DEF-slipersbyten, reparationer av sprickbildning, riktning av växlar etc. För enkelhetens skull antar vi att dessa arbeten fördelar sig jämnt på hela sträckan<sup>2</sup>.

För varje arbete tillkommer etablerings- och avetableringstid, vilken schablonmässigt uppskattas till 1 timme per arbetspass. Antalet etableringar beror på hur erhållen dispositionstid ("tid i spår") stämmer överens med arbetstypens önskade passlängd. Om kortare dispositionstid än önskat erhålls måste fler etableringar göras. Vi antar också att jobben är delbara, vilket betyder att t ex ett tvåtimmeshjobb kan delas upp på två spårtidsdispositioner. Tid för etablering och avetablering görs delvis utanför, delvis inom dispositionstiden. Fortsättningsvis kommer vi att använda följande notation:

- $j$ : arbetstyp, vilken också anger dess längd i timmar
- $V_j$ : underhållsvolym för arbetstyp  $j$  (se tabell 1)
- $eu, ei$ : etablerings- och avetableringstid utanför ( $eu$ ) respektive i ( $ei$ ) spår
- $dt$ : dispositionstid ("tid i spår")
- $pl$ : önskad passlängd
- $a_j^d$ : antal arbetspass om  $dt$  erhålls
- $a_j^p$ : antal arbetspass om önskad passlängd erhålls
- $T_j^d, T_j^p$ : total arbetsvolym, inklusive etableringstid, för  $dt$  och  $pl$

Till att börja med kan vi konstatera att  $V_j = j * a_j^p$  (se tabell 1),  $T_j^d = (dt + eu^d) * a_j^d$  och  $T_j^p = (j + eu^p + ei^p) * a_j^p = (pl + eu^p) * a_j^p$ . Eftersom jobben är delbara påverkas inte underhållsvolymen  $V_j$  av hur  $dt$  väljs, vilket ger oss en ekvation för  $a_j^d$ :

$$V_j = j * a_j^p = (dt - ei^d) * a_j^d \Rightarrow a_j^d = a_j^p * \frac{j}{dt - ei^d} \quad (1)$$

Skillnaden i total arbetsvolym mellan att använda  $pl$  och  $dt$  kan nu beräknas med någon av följande generella formler, vilka är helt ekvivalenta:

$$T_j^d - T_j^p = a_j^p \left[ j * \frac{dt + eu^d}{dt - ei^d} - (pl + eu^p) \right] \quad (2)$$

$$T_j^d - T_j^p = a_j^p * \frac{eu^d + ei^d}{dt - ei^d} \left[ j + (ei^d - dt) \frac{eu^p + ei^p}{eu^d + ei^d} \right]$$

2) Eventuellt är det mer rimligt att fördelningen av jobb relateras till mängden spår eller växlar.

Den minsta skillnaden får vi om all etablering kan göras utanför spår ( $ei^p = ei^d = 0$ ). Om vi dessutom har samma etableringstid för  $dt$  och  $pl$ , dvs  $eu^p = eu^d = et$ , får vi:

$$T_j^d - T_j^p = a_j^p * \frac{et}{dt} (j - dt) \quad (3)$$

Vi ser att förändringen i antal arbetspass är omvänt proportionell mot den erhållna dispositionstiden. Långa jobb som måste utföras på korta tider kräver alltså fler arbetspass och därmed ökar den totala mängden etableringstid. Om man istället får längre tid i spår än den önskade passlängden kan man spara in på etableringarna. För att inkludera transport- och omställningstid mellan två arbeten som görs på samma dispositionstid, kan  $ei^d$  ökas med lämpligt värde.

För att beakta tid för transport från arbetslagets placeringsort till platsen där jobbet ska utföras, kan  $eu$  ökas med lämpligt värde. Vi bortser dock från dessa resor och räknar bara på den etablering som görs invid arbetsplatsen.

Genom att studera den dagliga grafen för en typisk operativ vardag kan vi få en uppfattning om hur många tillgängliga tider för underhåll som finns i tågplanen för 2015 (T15). Vi har valt tisdagen 2015-02-17 och sökt efter tågfria tider på minst en 1 timme som kan åstadkommas med små justeringar av tågplanen. På dubbelspårssträckan mellan Holmsveden och Mo grindar (6 km från Ockelbo) har vi antagit att det är möjligt med underhåll på ena spåret om det i huvudsak inte finns några tågmöten (dvs trafiken är gles eller att tågen går i bara ena riktningen). Resultatet redovisas i tabell 2.

Delsträcka	UH-möjligheter	Sammanställning
Ljusdal-Karsjö (28 km)	16:30-17:30, 21:30-22:30, 00:40-02:40	Dagtid: 1 x 1h Kvälltid: 1 x 1h Nattid: 1 x 2h
Karsjö-Bollnäs (35 km)	9:30-10:30, 13:30-14:30, 23:40-00:40, 01:00-02:00	Dagtid: 2 x 1h Kvälltid: - Nattid: 2 x 1h
Bollnäs-Holmsveden (33 km)	13:20-14:20, (15:20-16:20), 23:20-01:20	Dagtid: 2 x 1h Kvälltid: - Nattid: 1 x 2h
Holmsveden-Mo grindar (22 km)	9:30-10:30, 12:30-17:30, 20:00-21:30, 22:30-06:00	Dagtid: 1 x 1h, 1 x 5h Kvälltid: 1 x 1,5h Nattid: 1 x 7,5h

Tabell 2: UH-möjligheter T15

De angivna delsträckorna är ungefär en fjärdedel var av hela sträckan och därför antar vi att en fjärdedel av underhållsvolymen ska utföras på varje delsträcka, dvs  $0,25 * (348 + 1376 + 1687) = 852$  timmar per år. Om arbetet fördelas på 48 arbetsveckor med 5 dagar var (totalt 240 arbetsdagar) behövs  $852 / 240 = 3,5$  h/arbetsdag. Vi räknar därför med att minst 4h arbetsstid behövs per vardag och delsträcka.

För delsträckan Holmsveden-Mo grindar bör därmed alla de betraktade UH-arbetena kunna genomföras av ett arbetslag (med rätt kvalifikationer) på dagtid. För övriga delsträckor måste arbetena fördelas på dag/kvälltid respektive nattid vilket kräver minst två arbetslag. Om etableringstiden ingår i dispositionstiden behövs mer tid i spår, vilket kräver att flera arbetslag jobbar samtidigt under den tågfria tiden. I viss mån borde samma arbetslag kunna schemaläggas på flera delsträckor under samma arbetspass, t ex skulle ett lag kunna jobba 13:30-14:30 på sträckan Karsjö- Bollnäs och sedan 16:30-17:30 på sträckan Ljusdal-Karsjö.

Slutligen behöver vi använda en timkostnad per arbetslag. Denna varierar sannolikt med olika typer av underhållsjobb, men vi antar ett medelvärde på 1400 kr / timme och arbetslag. Detta gäller arbete som utförs dagtid och motsvarar en arbetsstyrka på två personer.

För kvälls- och nattarbete använder vi följande kostnadspåslag (jämfört med dagtid), enligt uppgifter från InfraNord:

Kvällstid (18-22):	+25%	( $k = 0, 25$ )
Nattid (22-06):	+60%	( $k = 0, 60$ )

### Trafik

Den regionaltrafik vi betraktar består 2015 av 9 turer i vardera riktningen mellan Ljusdal och Gävle. Avgångarna är som följer:

Från Ljusdal: 6:09, 7:10, 8:10, 10:10, 12:10, 14:10, 16:10, 18:10, 21:10

Från Gävle: 6:05, 8:02, 10:10, 12:10, 14:10, 16:15, 17:10, 19:08, 21:20

Tågen går alltså i huvudsak med en turtäthet på 2h, kompletterat med ett södergående extratåg på morgonen och ett norrgående på eftermiddagen. Förutom dessa tåg kör SJ ett par regional- och snabbtåg vilka vi bortser från här eftersom de inte berörs av de tänkta servicefönstren.

Restid och biljettpris för några av delsträckorna är:

Restid / Biljettpris	Bollnäs	Ockelbo	Gävle
Ljusdal	0:40 / 65 SEK	1:15 / 75 SEK	1:40 / 115 SEK
Bollnäs		0:40 / 65 SEK	1:00 / 95 SEK
Ockelbo			0:25 / 55 SEK

Tabell 3: Restid och biljettpriser

Med en vändtid på 20 minuter blir omloppstiden precis 4 timmar och grundtrafiken kan genomföras med två tågset. För extraturerna (7:10 från Ljusdal och 17:10 från Gävle) behövs ett extra tågset.

Från regionaltrafik-organisatören (X-trafik) finns uppgifter om resevolym. Vi är specifikt intresserade av avgångarna kl 10, 12 och 14, vilka har ungefär 100 (65), 95 (90) och 110 (140) resenärer söderut (norrut). Statistik finns även för var dessa påbörjar sin resa, vilket sammanfattas i tabell 4 - dessa siffror är tyvärr inte helt i balans.

Station	Söderut	Norrut
Ljusdal	23	
Järvsö	7	4
Vallsta	3	1
Arbrå	9	2
Bollnäs	26	16
Kilafors	5	5
Holmsveden	1	1
Lingbo	3	1
Ockelbo	21	4
Gävle		67

Tabell 4: Andel (%) påstigande resenärer

Från detta kan vi uppskatta hur långt en genomsnittlig resenär åker vilket ligger mellan 80 och 100 km. Vi antar 90 km, vilket tar cirka 54 minuter med tåg (snitthastighet 100 km/h inklusive stopp) och betingar ett biljettpris på cirka 90 SEK. Om samma resa skulle göras med bil antar vi en medelhastighet på 80 km/h vilket ger en restid på en 1:07<sup>3</sup>. Med landsvägsbuss tillkommer ett antal stopp för resandeutbyte, vilket vi uppskattar till drygt 3

3) Verifierat mha vägsökningar på hitta.se och maps.google.se. Buss-tiderna har stämts av mot gällande tidtabeller.

stycken à 5 minuter (inkluderar körning till station och stopptiden). Det är ungefär likvärdigt med en medelhastighet på 65 km/h för bussresan<sup>4</sup>.

Förutom ovan beskrivna tåg finns det tre godstågslägen för Green Cargo som passerar den berörda sträckan mellan 12 och 14, nämligen:

Tågnummer 5698 från Hallsberg 4:06 till Ånge 13:29 och-Sundsvall 15.21

Tågnummer 5960 från Hallsberg 06:12 till Ånge godsbangård 14:08

Tågnummer 5962 från Hallsberg 06:18 till Ånge godsbangård 14:36

De två sistnämnda är väldigt snarlika och kan vara två alternativa tåglägen för samma tågtur.

### Värdering och kalkylvärden

Vi använder de parametervärden för åktid och turtäthet som Trafikverket anger i ASEK [2]. För resenärerna antar vi att hälften är resor till/ från arbetet och övriga är rena privatresor. Med värden enligt kapitel 7 "Tid och kvalitet i persontrafik" tabell 7.1 får vi då våra kalkylvärden enligt tabell 5.

	Privatresa	Arbetsresa	Sammanvägt
Åktid, tåg	53	69	61
Åktid, bil	59	87	73
Åktid, buss	33	53	43
Turintervall, tåg, 61-120 min	15	19	17
Turintervall, tåg, 121-480 min	7	10	9
Turintervall, buss, 61-120 min	9	15	12
Turintervall, buss, 121-480 min	5	7	6
Bytestid, buss	111	178	144

Tabell 5: Tidsvärden (kr/timme) för resenärer

Nuvarande turtäthet är 120 minuter och om avgången kl 12 ställs in uppstår ett glapp på 240 minuter. För just de drabbade resenärerna som vill åka vid 12-tiden, ska då värderingen av turtäthet göras med faktorn för 121-480, men för de som vill åka före 10 och efter 14 ska faktorn för 61-120 användas. För hela resenärskollektivet upplevs alltså turtätheten som en blandning av 2 och 4 timmar. Därför använder vi ett medelvärde för turintervallsvärdet, dvs för tåg:  $(17+9)/2 = 13$  kr / timme och för buss  $(12+6)/2 = 9$  kr / timme.

För regionaltrafikoperatören använder vi värden från kapitel 13 "Fordonskostnader persontrafik", tabell 13.15-17, där vi väljer fordonstyperna "Snabbt regionaltåg" och "Normalbuss":

Fordonstyp	Tidsberoende [kr / timme]	Avståndsberoende [kr / km]
Tåg	43,86 * 60 = 2631	12,61
Buss	730	5,40

Tabell 6: Kostnader per kollektivfordon

De tidsberoende kostnaderna inkluderar inköpskostnad / avskrivning, lönekostnad, del av administration och dagligt underhåll. De avståndsberoende kostnaderna inkluderar drivmedel, underhåll och del av administration. Kapaciteten för regionaltågen anges till 180-270 sittplatser. Eftersom våra resandevolymer är lägre än så behöver inga marginalkostnader användas. För bussarna anger ASEK ingen kapacitet, men vi antar att den är 50-60 sittplatser per buss.

4) Resmöjligheten via Hudiksvall och Söderhamn (t ex buss + tåg) har inte studerats, men kan för vissa resenärer erbjuda snabbare alternativ.

För bilresande använder vi värden från tabell 13.1-2, vilka sammanfattas i tabell 7. Genomsnittlig bensinförbrukning finns inte angiven, men vi antar 0,07 liter/km. Ett visst mått av samåkande kan antas, men det bortser vi ifrån här.

Parameter och enhet	Kostnad
Kapitalkostnad [kr/timme]	1,11
Värdeminskning [kr/km]	0,64
Förslitning [kr/km]	0,16
Bensinkostnad [kr/liter]	12,60

Tabell 7: Kostnader per bil

Eftersom viss forskning indikerar att val av och värdering av bilresor baseras i huvudsak på drivmedelskostnad och i mindre grad på kapitalkostnad och värdeminskning kommer vi att jämföra några olika parametersättningar.

Andelen bilägande kan erhållas från Statistiska Centralbyrån. För Gävleborgs län år 2014 fanns totalt 520 bilar respektive 428 fysiska personers bilar per 1 000 invånare. Dessa siffror används för att uppskatta hur många resenärer som skulle kunna välja bil istället för tåg eller buss.

## Värdering av effekter på underhållet

I detta avsnitt redovisas hur värderingen av effekterna på underhållet har beräknats.

Om alla underhållsarbeten skulle genomföras dagtid, på var sin dispositionstid med precis den önskade passlängden skulle vi få en totalkostnad  $K^p = w \sum_j T_j^p$ , där  $w$  anger timkostnaden och  $T_j^p$  är total arbetsvolymen (se ekvation sida 3). Om arbetena istället utförs på andra dispositionstider och/eller på kvälls- eller natttid får vi en annan totalkostnad  $K = w \sum_j (1 + k_j) T_j^d$ , där  $k_j$  är kostnadspåslaget för kvälls- och nattarbete (se sida 5), vilket ger kostnadsskillnaden

$$K - K^p = w \sum_j (T_j^d - T_j^p + k_j T_j^d) \quad (4)$$

$$= \begin{cases} w \sum_j a_j^p \left[ \frac{et^d}{dt} * j - et^p + jk_j \frac{dt+et^d}{dt} \right] & \text{om (3) gäller} \\ w \sum_j a_j^p \left[ \frac{eu^d+ei^d}{dt-ei^d} * j - (eu^p + ei^p) + jk_j \frac{dt+eu^d}{dt-ei^d} \right] & \text{om (2) gäller} \end{cases}$$

Det första alternativet ("om (3) gäller") ger skillnaden om all etablering sker utanför spåret, vilket vi benämner a) nedan. Det andra alternativet ger skillnaden om etableringen helt eller delvis sker i spåret, vilket vi benämner b) nedan. I det senare fallet använder vi  $eu = ei = 0,5$ , dvs halva etableringstiden görs utanför och halva i spår.

Vi börjar med att beräkna kostnadsökningen som uppstår för jämförelsealternativet JA (dvs underhåll på "vita tider" i dagens tidtabell) på de delsträckor där arbetet måste göras natttid och på korta disptider. Resultaten för de olika delsträckorna blir:

Delsträcka	Arbetsplanering	Extrakostnad per dag
Ljusdal-Karsjö	Halv- och entimmesjobb dagtid Tvåtimmarsjobb natttid	0 a) $1400 * 0,25 * 843 / 240 * (0 + 0,6 * 3) = 2\ 212$ b) $-'' - *(2/1,5 - 1 + 2 * 0,6 * 2,5 / 1,5) = 2\ 868$
Karsjö-Bollnäs	Halv- och entimmesjobb dagtid Tvåtimmarsjobb natttid, som utförs på 1h disptid	0 a) $-'' - *(2 - 1 + 2 * 0,6 * 2) = 4\ 180$ b) $-'' - *(1/0,5 * 2 - 1 + 2 * 0,6 * 1,5 / 0,5) = 8\ 113$
Bollnäs-Holmsveden	Halv- och entimmesjobb dagtid Tvåtimmarsjobb natttid	0 a) 2 212, b) 2 868
Holmsveden-Ockelbo	Alla jobb utförs dagtid	0

Tabell 8: Extrakostnader, JA

För utredningsalternativet UA (dvs underhållet utförs på servicefönster), uppstår en kostnadsbesparing eftersom alla jobb kan utföras dagtid och på garanterade 2h disptid, vilket ger färre etableringar för halv- och entimmesjobben. Denna besparing kan bara uppnås på 3 av 4 delsträckor (eftersom den redan idag är möjlig på delsträckan Holmsveden-Mo grindar). Omställningstid mellan jobb som utförs inom samma disptid hanteras genom att använda  $et^d = 1,5$  respektive  $et^d = 0,75$ . Vi får följande resultat:

$$a) 1400 \cdot 0,75 / 240 \cdot [696 \cdot (1,5 / 2 \cdot 0,5 - 1) + 1376 \cdot (1,5 / 2 \cdot 1 - 1)] = -3\,408$$

$$b) 1400 \cdot 0,75 / 240 \cdot [696 \cdot (1,25 / 1,25 \cdot 0,5 - 1) + 1376 \cdot (1,25 / 1,25 \cdot 1 - 1)] = -1\,522$$

Den sammanräknade kostnadsskillnaden (nyttan) för underhållssidan per arbetsdag av att införa servicefönster blir JA – UA, vilket kommer att ligga mellan följande två värden:

$$a) (2212 + 4180 + 2212) - (-3408) = 12\,012$$

$$b) (2868 + 8113 + 2868) - (-1522) = 15\,371$$

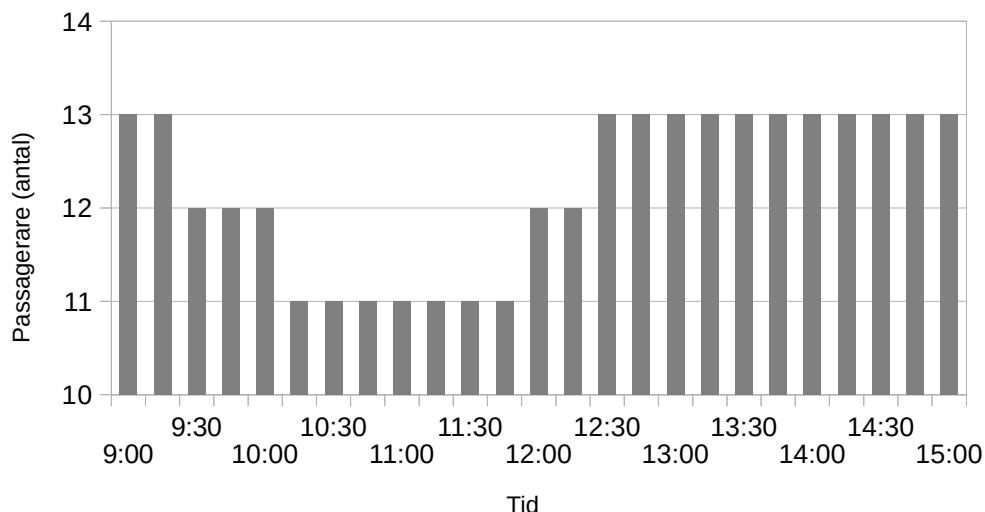
Den direkta nyttan för underhållssidan med att införa servicefönster kan alltså värderas till minst 12 000 kr per arbetsdag.

### Värdering av trafikeffekter

I detta avsnitt redovisas hur effekterna för resenärer och trafikbolag har beräknats. Vi börjar med regionaltrafiken och kommer att räkna på en trafikriktning (söderut). Till slut görs en enkel värdering av hur godstrafiken påverkas. Några andra resandetåg ska inte påverkas (enligt dagens tidtabell). Allra sist i avsnittet summeras de olika effekterna på trafiken till en samlad bedömning.

Vid inställelse av det södergående regionaltåget kl 12 från Ljusdal kommer ungefär 95 resenärer att drabbas och grovt räknat uppleva att turtätheten försämras från 2h till 4h. Denna försämring kan värderas till  $(4-2) \cdot 9 \cdot 95 = 1710$  där vi använt det sammanvägda turintervallsvärdet för tåg, 121-480 min, på 9 kr/timme – se tabell 5. Men denna försämring gäller bara om det inte finns några andra resealternativ och säger inte hur omfördelningen till dessa trafikslag (främst bil) kommer att bli.

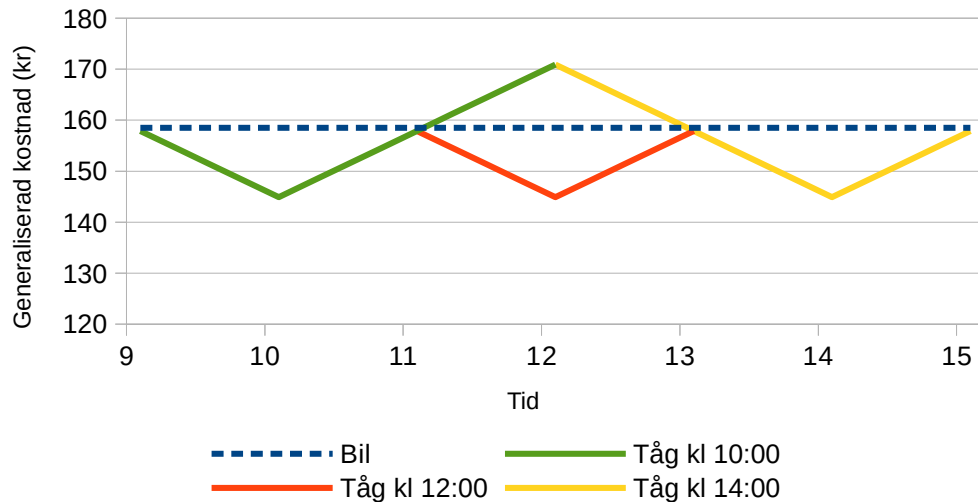
För att få en mer realistisk bedömning väljer vi att studera tidsperioden 09:00 – 15:00 och de tre tågen som avgår klockan 10, 12 och 14. Vi delar in perioden i 15-minuters intervall och ansätter en efterfrågekurva enligt figur 1, vilken ger totalt 306 resenärer söderut fördelade på samma sätt som uppmätts av X-trafik, dvs ~100 personer på 10-tåget, ~95 på 12-tåget och ~110 på 14-tåget.



Figur 1: Efterfrågekurva



Den generaliserade kostnaden för varje resenär beräknas enligt formeln  $c = p + \alpha t^p + \beta d$  där  $p$  är (biljett-)priset,  $t^p$  är åktiden och  $d$  är väntetiden. Faktorerna  $\alpha$  och  $\beta$  är tidsvärdena för åktid och turtäthet enligt tabell 5. En resenär som vill åka precis då ett tåg avgår upplever alltså en generaliserad kostnad på  $90 + 61 * 90 / 100 + 13 * 0 = 145$  kr medan den som vill resa kl 11 får en väntetid på 1h och därmed en upplevd kostnad på  $145 + 1 * 13 = 158$  kr. Dessa generaliserade kostnader visas i figur 2 och vi kan nu beräkna det vägda medelvärdet av den upplevda kostnaden för alla resenärer.



Figur 2: Upplevd kostnad

Vi behöver också beakta effekterna i producentledet. För detta beräknar vi skillnaden mellan biljettinkomster och operativa kostnader, enligt följande formel:  $P = Dp - \gamma^t t^t - \gamma^l l$  där  $D$  är efterfrågan (antalet resenärer),  $p$  är (biljett-)priset,  $t^t$  är körtiden (=1:40),  $l$  är körsträckan (165 km) och  $\gamma$ -faktorerna är tids- och avståndsberoende kostnader – se tabell 6 och 7.

För JA (dvs trafik enligt T15) får vi då följande resultat:

Faktor	Värde
Upplevd kostnad, $c_0$ [SEK]	151,7
Efterfråga, $D_0$ [resenärer]	306
Producentresultat, $P_0$ [SEK]	8 145

Tabell 9: Resultat JA

När vi studerar våra utredningsalternativ UA (inställt tåg kl 12 pga servicefönster) kommer vi att få en annan upplevd kostnad. Vi låter detta påverka efterfrågan med en elasticitetsfunktion  $D = D_0(c/c_0)^{-0,7}$  (se [1]), som ger en minskad efterfrågan då den upplevda kostnaden ökar. Med dessa värden kan kundöverskottet (CS) för våra UA beräknas på följande vis:

$$CS = (D + D_0)/2 * (c_0 - c)$$

För producentledet beräknas överskottet som  $PS = P - P_0$ .

Vårt första utredningsalternativ, UA1, är att tåget kl 12 ställs in utan någon form av ersättningstrafik. De resenärer som har tillgång till bil kan då välja att använda denna medan övriga blir tvungna att välja det tidigare eller senare tåget, med påföljande ökning av den upplevda kostnaden.

Om bilresenärerna skulle beakta alla tids- och avstånds-faktorer i tabell 7 skulle den upplevda kostnaden bli  $(1,11 + 73) * 90 / 80 + (0,64 + 0,16 + 12,60 * 0,07) * 90 = 235$  kr, vilket är mycket

dyrare än tågalternativen (se figur 2). Med denna upplevda kostnad skulle ingen av de bilägande resenärerna ta bilen (förutsatt att avresetiden är flexibel), vilket inte är rimligt. Om valet görs baserat på endast bensinkostnad, förslitning och åktidskostnader får vi istället  $73 * 90 / 80 + (0,16 + 12,60 * 0,07) * 90 = 176$  kr. Inte ens då kommer de bilägande resenärerna som vill åka vid 12-tiden att välja bilen. Vi kan också sätta den upplevda bilkostnaden till precis det gränsvärde som är den högsta upplevda kostnaden för någon tågresenär (158 kr) när alla tåg går (vilket visas i figur 2). Då kommer alla bilägare som vill resa mellan 11 och 13 att välja bilen. Med andelen bilägare satt till 50% får vi följande resultat:

Faktor	Bilkostnad = 158
Upplevd kostnad, c [SEK]	154,7
Efterfrågan, D [resenärer]	302
varav med tåg	262
Konsumentöverskott, CS [SEK]	-909
Producentöverskott, PS [SEK]	-608
Summa, CS + PS [SEK]	-1 517

Tabell 10: Resultat UA1, 50% bilägande, flexibel avresa

Som synes upplever resenärerna en försämring som leder till något minskat resande. Eftersom 40 resenärer väljer bilen kommer biljettintäkterna att minska för operatören men det balanseras i stort sett av minskade driftkostnader. Vi har dock antagit att operatören fortfarande har en viss kostnad (endast den tidsberoende faktorn) för det tåg som inte körs. Eftersom lönekostnader borde kunna minska har vi reducerat faktorn för det stillastående tåget med 30% (= 790 kr/timme).

Om andelen bilägande varierar mellan 40 och 60% så påverkas resultaten på följande vis:

Faktor	Bilkostnad = 158
Upplevd kostnad, c [SEK]	154,9 .. 154,5
Efterfrågan, D [resenärer]	302 .. 302
varav med tåg	269 .. 254
Konsumentöverskott, CS [SEK]	-971 .. -847
Producentöverskott, PS [SEK]	97 .. -1 312
Summa, CS + PS [SEK]	-874 .. -2 160

Tabell 11: Resultat UA1, 40 .. 60% bilägande, flexibel avresa

Om avresetiden inte är flexibel för vissa bilägare kommer de att bli tvungna att välja bilen även om den upplevda kostnaden är hög. Som extremfall kan vi använda bilkostnaden 235 kr (se ovan) och att 35 resenärer är tvungna att åka vid 12-tiden. Då får vi följande resultat:

Faktor	Bilkostnad = 235
Upplevd kostnad, c [SEK]	163,3
Efterfrågan, D [resenärer]	291
varav med tåg	268
Konsumentöverskott, CS [SEK]	-3 449
Producentöverskott, PS [SEK]	-10
Summa, CS + PS [SEK]	-3 460

Tabell 12: Resultat, UA1, tvingande avresa

Ett annat extremfall är att ingen av resenärerna har tillgång till eller kommer att välja bil. Då tvingas alla att välja den tidigare eller senare avgången och vi får följande resultat:

Faktor	Värde
Upplevd kostnad, c [SEK]	155,7
Efterfrågan, D [resenärer]	300
Konsumentöverskott, CS [SEK]	-1 217
Producentöverskott, PS [SEK]	2 917
Summa, CS + PS [SEK]	1 699

Tabell 13: Resultat, UA1, inga bilresor

Denna beräkning kan jämföras med och stämmer väl med den grova uppskattning vi inledde med att göra (se sid 8). Resenärerna upplever en försämring och resandet minskar något, men operatörernas driftskostnader minskar mer än biljettintäkterna, så den samhällsekonomiska effekten blir ändå positiv.

Vi studerar nu det andra utredningsalternativet, UA2, där 12-tåget ersätts med busstrafik. Vi antar att avgångstiden är densamma som för tåget, men eftersom körtiden är längre för bussarna behöver de sannolikt justeras. För att få plats med alla resenärer behövs troligen två bussar. Det skulle därför vara möjligt att öka turtätheten, t ex genom att lägga avgångarna kl 11:20 och 12:40, med positiv effekt för resenärerna. Vi bortser dock från detta och låter bussarna avgå kl 12. Vi fortsätter också med vårt antagande om att tåg-setet inte kan utnyttjas och därmed drar en kostnad. Resultatet blir:

Faktor	Värde
Upplevd kostnad, c [SEK]	152,5
Efterfrågan, D [resenärer]	305
Fördelning tåg/buss/bil	223/82/0
Konsumentöverskott, CS [SEK]	-242
Producentöverskott, PS [SEK]	-2 691
Summa, CS + PS [SEK]	-2 933

Tabell 14: Resultat, UA2, inga byten

Intressant är att den upplevda kostnaden bara ökar marginellt och att resandet därmed är i stort sett oförändrat. Förklaringen till detta är att: 1) biljettpriset är detsamma, 2) den längre restiden med buss uppvägs av den lägre åktidvärderingen, och 3) värderingen av väntetid/turtäthet är lägre för buss än för tåg. Notera också att buss är mer attraktivt än bil (med dessa parametersättningar), vilket förklarar varför ingen väljer bilen. För operatören uppstår dubbla kostnader, både för det stillastående tåget och för att köra bussarna, vilket förklarar det negativa producentöverskottet.

Om trafiken konstrueras på ett sådant sätt att vissa resenärer måste byta mellan t ex buss och tåg eller buss och buss tillkommer en bytestid. Detta ökar den upplevda kostnaden med 144 kr/timme (se tabell 5). Om vi antar att 20% av resenärerna drabbas av ett byte på 10 minuter får vi följande resultat:

Faktor	Värde
Upplevd kostnad, c [SEK]	153,6
Efterfrågan, D [resenärer]	303
Fördelning tåg/buss/bil	235/45/23
Konsumentöverskott, CS [SEK]	-586
Producentöverskott, PS [SEK]	-1 941
Summa, CS + PS [SEK]	-2 527

Tabell 15: Resultat, UA2, med byten

Färre resenärer kommer då att åka buss och istället välja tåget. Bussresenärerna blir så få att det kan gå att bara använda en buss (vilket minskar operatörens driftkostnader). Några resenärer kommer att välja bil. En liten ökning av upplevd kostnad uppstår vilket ger en marginell minskning av resandet.

Man kan laborera med högre värderingar av åk- och väntetid för bussarna, med argumentet att resenärerna egentligen vill åka tåg. Om vi använder åktidsvärderingen för tåg (61 kr/timme) även på bussarna, skulle i stort sett inga resenärer välja bussen och det vore inte försvarbart att köra denna ersättningstrafik. Vi landar då i stort sett på samma resultat som för UA1. Att använda väntetidsvärdet för tåg (13 kr/timme) ger följande resultat, beroende på om bussresenärerna får byten eller ej:

Faktor	Utan byten	Med byten
Upplevd kostnad, c [SEK]	152,9	153,8
Efterfrågan, D [resenärer]	304	303
Fördelning tåg/buss/bil	223/70/11	235/45/23
Konsumentöverskott, CS [SEK]	-366	-632
Producentöverskott, PS [SEK]	-3 794	-1 959
Summa, CS + PS [SEK]	-4 160	-2 591

Tabell 16: Resultat, UA2, hög värdering av väntetid

I det första fallet sker en viss överflyttning till bilåkande, men om bussarnas turtäthet ökas till 1:20 så kommer denna effekt helt att försvinna och alla resenärer välja buss eller tåg till en lägre upplevd kostnad och ett ökat totalt resande. I det andra fallet blir bussresandet så lågt att det räcker med en buss, vilket gör att producentkostnaden blir lägre.

Vi sammanfattar våra gjorda beräkningar i följande tabell:

Jämförelsealternativ	Resande och fördelning (tåg+buss+bil)		P	
JA: Dagens situation	$306 = 306 + 0 + 0$		8145	
Servicefönster, ingen ersättningstrafik		CS	PS	CS + PS
UA1: 40% bilägande, flexibel avresa	$302 = 262 + 0 + 40$	-971	97	-874
UA1: 50% bilägande, flexibel avresa	$302 = 262 + 0 + 40$	-909	-608	-1 517
UA1: 60% bilägande, flexibel avresa	$302 = 262 + 0 + 40$	-847	-1 312	-2 160
UA1: Hög bilkostnad, tvingande avresa	$291 = 268 + 0 + 23$	-3 449	-10	-3 460
UA1: Låg bilkostnad, inga bilresor	$300 = 300 + 0 + 0$	-1 217	2 917	1 699
Servicefönster, med ersättningstrafik (buss)				
UA2: Inga byten	$305 = 223 + 82 + 0$	-242	-2 691	-2 933
UA2: Med byten	$303 = 235 + 45 + 23$	-586	-1 941	-2 527
UA2: Högt väntetidsvärde, inga byten	$304 = 223 + 70 + 11$	-366	-3 794	-4 160
UA2: Högt väntetidsvärde, med byten	$303 = 235 + 45 + 23$	-632	-1 959	-2 591

Tabell 17: Sammanställning av resultat

Vi bedömer att "UA1: 50% bilägande, flexibel avresa" och "UA2: Med byten" ger en rimlig uppskattning på den samhällsekonomiska effekten för resenärer och trafikoperatörer av att införa servicefönster. Om bussarnas turtäthet ökas och/eller tågseten kan användas i annan trafik förbättras kalkylen för resenärer respektive operatör. Det bör också noteras att ingen hänsyn tagits till att operatören kan komma att vilja kompensera sig för lägre intäkter / högre utgifter med t ex högre biljettpriser.

Slutligen behöver vi även bedöma effekten på godstrafiken. De tre tåglägena 5698, 5960 och 5962 måste planeras om. De skulle behöva tidigareläggas med 1,5, 2 respektive 2,5 timmar för att hinna till Ånge innan servicefönstret inträffar kl 12:00. Alla dessa tåg (speciellt 5698) har dock möjligheten att köra över Gävle-Söderhamn istället. Dessutom misstänker vi att bara ett av tåglägena 5960 och 5962 utnyttjas per dag. Vi antar därför att två tåglägen behöver förskjutas med 2 timmar var och att det tredje får en ökad gångtid på 0,5 timmar. Förutsatt att terminalhantering och godsets slutleverans inte påverkas leder detta som sämst till en förlängning av fordonsomloppen (tågen tvingas att stå stilla mer) med motsvarande siffra. Vi ansätter att hälften av denna tid ( $4,5 / 2 = 2,25$ ) leder till en fördröjning motsvarande fordonens fasta kostnader. ASEK ger inga sådana siffror, utan anger istället operativa kostnader per km och tid. Enligt kapitel 14, tabell 14.4 och 14.6 blir den tidsberoende operativa kostnaden (enhet kr/timme)  $5,106 * 494 = 2 522$  för vagnslast fjärr och  $4,025 * 614 = 2 471$  för systemtåg. Om vi antar en personalkostnad på 500 kr/timme blir den fasta kostnaden per tåg (inköp, avskrivningar, underhåll) ungefär 2 000 kr/timme. Vår grova uppskattning av effekten för godstrafiken blir alltså  $-2,25 * 2 000 = -4 500$  kr.

Den totala samhällsekonomiska effekten för tågtrafiken per operativ dag av att införa servicefönster blir alltså:

a) i sämsta fall:  $2 * (-4 160) - 4 500 = -12 820$

b) enligt "UA2, med byten":  $2 * (-2 527) - 4 500 = -9 500$

Vi har även visat på flera olika möjligheter att förbättra kalkylen för regionaltrafiken. Beroende på vilket trafikeringsalternativ som till slut väljs bedömer vi att den totala effekten på trafiken ligger i spannet -5 000 .. -10 000.

## Sammanställning och diskussion

Våra beräkningar visar en (låg räknad) positiv effekt för underhållssidan på minst 12 000 kr per dag samt en (högt räknad) negativ effekt för trafiksidan på 5 000 – 10 000 kr per dag.

Det bör noteras att nyttan för underhållet bara har räknats på sträckan Ljusdal-Mo grindar och inga restider för arbetslagen har tagits med. Till detta skulle nyttorna för Ljusdal-Ånge kunna läggas. Dessutom har inte nyttor i form av förenklad / minskad planering och administration, bättre separering mellan trafik och underhåll (vilket ger mindre störningar och färre risker för olyckor), samt ökade möjligheter för entreprenörerna att effektivisera och koordinera sitt arbete med mera värderats.

För trafiken har regionaltrafiken mellan Gävle och Ljusdal samt godstrafiken mellan Ockelbo och Ånge bedömts. Förändringar i resmönster mellan tåg, bil och buss har studerats. Om ingen ersättningstrafik (med buss) sätts in kommer resandet att minska något och nyttjandet av bil att öka. Detta leder till viss minskning av biljettintäkter för operatören men besparing av att inte köra några tåg balanserar detta. Med ersättningstrafik blir resevolymerna i stort sett oförändrade och om turtätheten ökas kan resevolymerna även stiga, medan operatören får en försämring på grund av ökade kostnader för busstrafiken och att de drabbade tågseten inte kan användas till annan trafik. Om det senare är möjligt, t ex genom en förlängd tur söderut från Gävle, kan denna effekt motverkas.

Slutligen har inga sekundära effekter, såsom miljöpåverkan, bedömts. Enligt gängse ekonomisk teori ska detta inte behövas om den primära prissättningen är korrekt. Vi vill inte ge oss in i den debatten. Däremot vill vi lyfta fram att dessa (förmodat negativa) effekter förhoppningsvis kan uppvägas av den förbättring av banstandard och robustare trafik som införandet av servicefönster ger en förutsättning för.

## Efterord

Arbetet har genomförts inom forskningsprojektet "Effektiv planering av järnvägsunderhåll", vilket finansieras av Trafikverket och bedrivs inom branschprogrammet Kapacitet i Järnvägstrafiken (KAJT).

Författaren vill tacka för värdefull hjälp, uppmuntran och kommentarer från framför allt följande personer: Martin Joborn, LiU, Lars Brunsson, TrV, Johan Holmgren, LiU, Pär Ström, TrV och Christoffer von Bothmer, TrV.

## Referenser

- 1: Eliasson, J, Börjesson, M, On timetable assumptions in railway investment appraisal, Transport Policy, 2014
- 2: Trafikverket, ASEK 5.1 - Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden, 2014, <http://www.trafikverket.se/Foretag/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Gallande-forutsattningar-och-indata/>