KTH Arkitektur
och samhällsbyggnad

Resande och trafik med Gröna tåget

Oskar Fröidh

Stockholm
14 juni 2010

KTH Järnvägsgruppen
Publikation 1001

ISBN 978-91-7415-684-3

Samtliga bilder där annat ej anges: Oskar Fröidh
English translation: Ian Huthinson

Kontakt med författaren:
Avdelningen för trafik och logistik
KTH
100 44 Stockholm

Tel: 08-790 83 79
oskar.froidh@abe.kth.se

www.infra.kth.se/jvg
www.gronataget.se

Tryckt hos Intellecta Infolog, Göteborg 2010

Förord

Gröna tåget är som forsknings- och utvecklingsprogram tämligen unikt genom att såväl högskolor som infrastrukturförvaltare, järnvägsföretag och tågtillverkare engageras i ett gemensamt program. Alltsedan starten 2005 har målet varit att ta fram en konceptspecifikation för ett nytt attraktivt snabbtåg. Konceptspecifikationen kan fungera som en idébank, rekommendationer och tekniska lösningar för järnvägsföretag, banförvaltare och tillverkningsindustrin.

Är Gröna tåget ett snabbtåg eller ett höghastighetståg? På svenska betyder snabbtåg ett korglutande tåg som framförs med överhastighet i kurvorna med topphastighet på 200-250 km/h. Höghastighetståg brukar definieras som ett tåg med topphastighet på 250 km/h eller mer och som i första hand är avsett för rakare höghastighetsbanor byggda för upp till 350 km/h.

På många andra språk finns inte denna åtskillnad utan båda tågtyperna heter till exempel på engelska *high-speed train*. Det europeiska regelverket TSD för höghastighetståg omfattar följaktligen alla tåg (i tre olika klasser) som har topphastigheter på 200 km/h eller mer.

Gröna tåget är därför både snabbtåg och höghastighetståg. I denna rapport har jag dock valt att använda det svenska, kortare begreppet snabbtåg, för att särskilja det från dagens konventionella höghastighetståg och samtidigt peka på Gröna tågets unika egenskaper.

I delprojektet om Marknad och trafik har, förutom undertecknad rapportförfattare, Hans Sipilä och Johannes Wolfmaier från KTH, och Ana Rivas, UCLM, Spanien deltagit med större eller mindre insatser. Dessutom vill jag främst tacka Gröna tågets programledare Tohmmy Bustad på Trafikverket för stöd och entusiasm, och professor emeritus Evert Andersson som har bidragit med synpunkter på allt från kontaktledning till jord. Tack också till alla andra, inte omnämnda, som bistått med faktauppgifter, synpunkter och idéer.

För innehåll och slutsatser i denna forskningsrapport svarar författaren. Eftersom forskningsrapporten är underlagsmaterial för Gröna tågets slutrapporter, som planeras utkomma under 2011, är synpunkter på innehållet mycket välkomna.

Stockholm i juni 2010

Oskar Fröidh
Forskare

Innehåll

Förord **3**

Innehåll **4**

Sammanfattning **7**

Summary: Travelling and traffic with Gröna tåget **15**

1. Gröna tåget – mål och visioner **23**
1.1 Vad är Gröna tåget? 23
1.2 Delprojektet Marknad och trafik 25

2. Marknaden för snabbtågstrafik **27**
2.1 Introduktion 27
2.2 Långväga resandemarknaden 28
2.3 Produktionskostnader för tåg och flyg 34
2.4 Snabbtåg på resemarknaden 36
2.5 Resande med Gröna tåget i Sverige 43
2.6 Efterfrågevariationer i trafiken 56
2.7 Sammanfattning 61

3. Ekonomi för Gröna tåget **63**
3.1 Kostnadsmodellen 63
3.2 Generella analyser 72
3.3 Analyser av tågkoncept 74
3.4 Ekonomiska nyckeltal för konceptförslaget 82
3.5 Trafikupplägg 85
3.6 Sammanfattning 90

4. Tågkoncept Gröna tåget **91**
4.1 Förutsättningar för tågets utformning 91
4.2 Säkerhet 92
4.3 Tågets bredd 95
4.4 Tåglängd 104
4.5 Utformning för punktliga stationsuppehåll 108
4.6 Aktivitetsansats för tågets utformning 124
4.7 Bagage på tåg 126
4.8 Sittkomfort 133
4.9 Servering 138
4.10 Sammanfattning 140

5. Vagnsplaner för Gröna tåget 141
5.1 Utformning för fjärrtrafik 141
5.2 Bred vagnskorg (GTW) 144
5.3 Kontinental korgbredd (GTC) 148
5.4 Korta vagnskorgar (GTA) 150
5.5 Skillnader mellan tågkoncepten 152
5.6 Sammanfattning 153

6. Bana för högre hastigheter 155
6.1 Mål för hastighetshöjning 155
6.2 Bangeometri och tågegenskaper 157
6.3 Kapacitet 166
6.4 Bantekniska förutsättningar 174
6.5 Sammanfattning 185

7. Samhällsekonomisk analys 187
7.1 Analysen som verktyg 187
7.2 Kalkylförutsättningar 187
7.3 Kalkylresultat 193
7.4 Genomförandealternativ 198
7.5 Sammanfattning 202

8. Slutsatser 205
8.1 Diskussion 205
8.2 Slutsatser om marknad och trafik 210
8.3 Fortsatt forskning och utredning 214

Litteraturförteckning 217

Sammanfattning

Slutsatser i punktform

a) Genom utbudsförbättringar, i form av kortare restider och också lägre biljettpriser, något ökad turtäthet och flera direkta förbindelser, kan resandet med Gröna tåget öka med upp till 30 % jämfört med dagens utbud.

b) En hastighetshöjning från 200 km/h upp till 250 km/h och något högre kurvhastigheter med korglutning reducerar restiderna med 9-10 % jämfört med nuvarande snabbtåg och bidrar till ökat resande.

c) Gröna tåget med breda korgar medför en reduktion med 15 % av de totala kostnaderna för trafiken och ger en konkurrensfördel jämfört med tåg med kontinental profil.

d) Relativt korta tågsätt som kan kopplas ihop vid behov, även i vinterväder, ökar flexibiliteten i trafiken och den genomsnittliga beläggningsgraden, och därmed lönsamheten.

e) Gröna tåget bör dimensioneras för toppbelastning för att öka punktligheten. Dörrar, insteg och entréer liksom bagagehyllor och mittgång måste dimensioneras för korta på- och avstigningstider med många resenärer, mycket bagage och även resenärer med rörelsehinder.

f) Några av de punkter som skulle behöva ses över i TSD för att få ännu bättre förutsättningar och lägre kostnader för Gröna tåget gäller fordonsprofiler för breda tåg, eventuellt anpassning av ATC2 för högre hastigheter, rälsbefästning och reglerna för passage av plattformar i 250 km/h.

g) Det samhällsekonomiska utfallet av banupprustning för högre hastigheter upp till 250 km/h i Sverige är mycket positivt. Här föreslås att upprustning av banorna genomförs i tre etapper och inleds med Västkustbanan och Ostkustbanan som bör genomföras före 2017. Det förutsätter att ERTMS installeras tidigare än planerat. Andra etappen med Södra stambanan och Västra stambanan delen Stockholm–Hallsberg genomförs före 2020, vilket stämmer med Trafikverkets planer för ERTMS. Det behövs dock omfattande kapacitetsutbyggnader för att klara efterfrågan på längre sikt. Tredje etappen före 2025 med Västra stambanan delen Hallsberg–Göteborg samordnas med Mälarbanan och Svealandsbanan för att få största samhällsekonomiska nyttor.

h) Genomförandet fordrar omprövning av Trafikverkets investeringsplaner och bör samordnas med järnvägsföretagens anskaffning av nya snabbtåg.

1. Forskningsprogrammet Gröna tåget

Delprojektet Marknad och trafik handlar om att få en marknadsmässig förankring av en teknisk produkt, ett nytt tågkoncept, som har mycket vidare konsekvenser än de flesta andra produkter och också måste ses i sitt sammanhang med infrastrukturen.

Tågkonceptet ska passa tågresenärerna i Norden, både de som reser idag och den resandepotential som finns vid ökad attraktivitet. Tågkonceptet måste också vara ekonomiskt attraktivt för såväl järnvägsföretag som fordonstillverkare för att realiseras. KTH:s bidrag är framför allt den stora mängden forskningsmaterial som finns om resandemarknaden och resenärernas värderingar och beteende, det vill säga de primära brukarna av tågsystemet.

2. Marknaden för snabbtågstrafik

En analys av resandemarknaderna för långväga persontrafik visar att snabbtåg kommer att ha goda förutsättningar även i framtiden, förutsatt att:

- Restiderna är korta och attraktiva särskilt för tjänsteresemarknaden
- Biljettpriserna är låga särskilt för privatresemarknaden
- Turtätheten är hög särskilt på korta och medellånga sträckor
- God komfort och service kan erbjudas.

Det är följaktligen dessa krav som ska ställas på ett nytt snabbtåg som Gröna tåget.

Tabell 1. Exempel på möjliga restider i Sverige

	Antal uppehåll	*Möjlig restid idag med X 2000*	*Möjlig restid med upprustad bana och Gröna tåget*
Stockholm–Göteborg (455 km)	0	2:45	2:30
Stockholm–Malmö (614 km)	2	4:00	3:35
d:o med Ostlänken (590 km)	2		3:15
Göteborg–Malmö (305 km)	3	2:30	2:15
Stockholm–Sundsvall (402 km)	5	3:20	3:05
Stockholm–Umeå (737 km)	10	5:40	5:05

Not: Hastighetshöjning på befintlig linje utan kurvrätningar. Restiderna förutsätter att kapacitetstilläggen blir samma som idag eller mindre.

Med Gröna tåget i snabbtågstrafik beräknas resandeökningar i storleksordningen 30 % jämfört med dagens utbud i basprognosen 2020 genom kortare restider, ofta också lägre biljettpris och i vissa fall färre byten och högre turtäthet.

Tabell 2. Resandeökningar med Gröna tåget

Stråk *Prognos 2020*	*Västra stambanan* *Stockholm–Göteborg*	*Södra stambanan* *Stockholm–Malmö*	*Västkust-banan* *Göteborg–Malmö*	*Ostkustb.+ Botniab.* *Stockholm–Umeå*	*Mälarbanan Svealandsb.* *Stockholm–Örebro*
Ökning, resande (milj. pkm/år)	+31 %	+30 %	+28 %	+26 %	+8 %

En generellt användbar tågenhet för fjärrtrafik i Sverige och Norden är 300 sittplatser. I många avgångar på stambanorna behöver tågen multipelköras. Även en mindre enhet på 200-250 sittplatser är användbar för förstärkning under högtrafik och under lågtrafik. En större tågenhet på ungefär 400 sittplatser kan också övervägas men den får mindre flexibel användning på linjer och vid tider när resandet är mindre.

3. Ekonomi för Gröna tåget

Tre faktorer framstår som särskilt viktiga för att få god ekonomi i tågtrafiken;

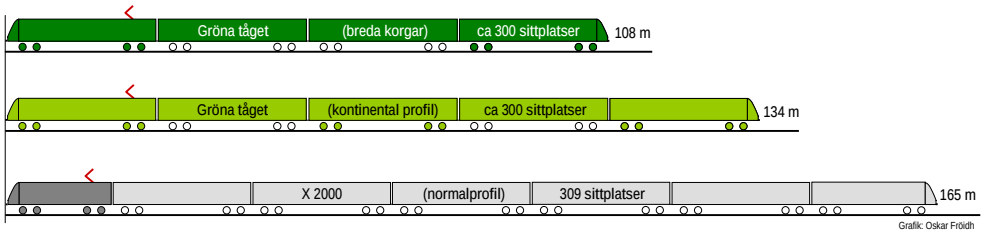
- Hög beläggningsgrad
- Bra utrymmesutnyttjande
- Hög medelhastighet.

Gröna tåget är ett konceptförslag som tar sikte på att förbättra alla dessa punkter jämfört med existerande tågkoncept. Beläggningsgraden kan förbättras genom att använda relativt korta tågenheter som multipelkopplas när det behövs och därmed minskar andelen tomma sittplatser i lågtrafik.

Utrymmesutnyttjandet ökar med bred korg som rymmer flera sittplatser i samma vagn. Den breda korgen medger 2+3-sittning i ekonomiklass och 2+2-sittning i 1:a klass, vilket minskar de totala kostnaderna per sittplatskm med 15 % jämfört med normal eller kontinental korgprofil.

Hög medelhastighet kan uppnås med god acceleration och korglutning. Korta tågsätt ger intressanta trafikeringsmöjligheter som genererar större intäkter och i vissa fall lägre kostnader, särskilt när beläggningsgraden kan höjas. En förutsättning är att till- och frånkoppling kan ske snabbt och smidigt även i vinterväder.

Den viktigaste slutsatsen är ändå att korta tågsätt är ekonomiskt intressanta så länge efterfrågan (resandet) beaktas. Intäkterna ökar ofta mer än kostnaderna när utbudet förbättras, vilket är möjligt med korta tågsätt.



Figur 1. Skillnader i utrymmesutnyttjande mätt som antal sittplatser per meter tåglängd medför att tåglängderna och kostnaderna varierar väsentligt.

4. Tågkoncept Gröna tåget

Gröna tåget kan för trafik i Norden utföras med bred korg som är 3,46-3,55 m bred utvändigt i bredaste partiet 1,5-1,8 m över rälsöverkant förutsatt att fordonsprofilen utformas lämpligt. Det dimensionerande området är Danmark men Öresundsförbindelsen till Köpenhamn H medger bredare tåg än resten av landet. Om Gröna tåget utförs med korta vagnskorgar och mindre boggicentrumavstånd (än 19 m) kan korgbredden ökas generellt. Fortsatta undersökningar är önskvärda för att bestämma största möjliga korgbredd.

Gröna tåget ska utformas för punktlig tågtrafik. Det innebär att tågkonceptet ska dimensioneras för toppbelastning då tåget är fullbokat. På- och avstigning ska ske inom snäva tidsramar vilket kräver att dörrar och entréer, bagagehyllor och mittgången i tåget placeras och utformas med eftertanke.

På varje vagnssida bör det finnas två enkeldörrar placerade enligt kvartsmodellen, det vill säga på ¼ och ¾ av vagnssidan, för kortast på- och avstigningstider. Andra lösningar med dörrar i vagnsändarna eller mitt på vagnen ger längre gångvägar i tåget och det blir då lättare stockning. Rörelsehindrade resenärer kan tas ombord i en särskild entré med en entréhiss som är snabbare än många av dagens lösningar.

Mittgången bör medge möten mellan resenärer, vilket kräver att den är 60-70 cm bred åtminstone på vissa ställen. Det kan åstadkommas genom att det fasta bordet vid motsittning görs lite kortare.

Bagagehyllor för tungt bagage behöver rymma flera kollin än dagens X 2000 och även rymma barnvagnar för att öka säkerheten och förbättra arbetsmiljön. Vid 0,5 kollin tungt bagage per resenär behövs 1,5 hyllmeter per tio sittplatser. Under varje sittplats ska det finnas utrymme på 30-35 cm för kabinväskor och handbagage, liksom på en hylla över fönstren.

Sittkomforten dimensioneras för restider på upp till 5 timmar. Möjligheten till flexibel inredning där ekonomiklassplatser kan göras om till plusstandard eller första klass för tjänsteresenärer bör övervägas för att öka beläggningsgraden. Det förutsätter att mittplatsen vid tresittning och gångplatsen vid tvåsittning ska kunna göras om till avlastningsbord.

5. Vagnsplaner för Gröna tåget

Ett brett tåg rymmer 25-30 % flera sittplatser i samma vagnskorg jämfört med normalbred eller kontinental korgprofil. Det är möjligt att rymma knappt 300 sittplatser i ett brett tåg med fyra vagnar dimensionerat för punktlig trafik och god komfort vilket ger 2,7 sittplatser per meter tåglängd. Motsvarande sittplatsantal i vagnskorgar med kontinental bredd kräver fem vagnar och ger 2,2 sittplatser per meter.

Lägre komfort, färre bagagehyllor och färre dörrar skulle liksom en mindre serveringsavdelning ge plats för flera sittplatser och ett värde på upp till 3,1 sittplatser per meter tåglängd i ett brett tåg är möjligt, men det skulle samtidigt minska resenärernas betalningsvilja och öka risken för försenade tåg.

6. Bana för högre hastigheter

En lämplig hastighetsnivå för att förkorta restiderna med snabbtåg på stambanor i Sverige är 250 km/h. Restidsvinsterna blir stora med korglutning. På nybyggda banor sedan 1990-talet medger bangeometrin ofta ännu högre hastigheter, i vissa fall upp till 300 km/h. De höghastighetsbanor som nu planeras ska kunna trafikeras utan korglutning i 320 km/h.

Lämplig installerad effekt för ett generellt användbart tåg är 15-20 kW/ton tågvikt för topphastighet upp till 250 km/h, och 20-25 kW/ton för 280-320 km/h. Effektbehovet ökar med flera stationsuppehåll och brantare backar. Det är också önskvärt med högre effekt för att få mer effektiv elbromsning som ger ökad energiåtermatning.

För att höja hastigheterna på banor med blandad trafik behöver kapaciteten ses över. På enkelspåriga banor är det en fördel med kortare körtider så att antalet tågmöten minskar, medan förbigångarna med godståg ökar liksom på dubbelspåriga banor. Pendeltågstrafik medför ofta att antalet tåglägen för andra tåg blir begränsat och lite försenade snabbtåg blir merförsenade men det problemet finns redan idag. Fortsatta studier av kapacitetsproblematiken behövs.

På de redan hårt belastade Västra och Södra stambanorna kan några nya förbigångsspår och möjlighet för järnvägsföretagen att köra längre godståg från dagens 630 m upp till 1000 m eller eventuellt 1500 m tåglängd göra att kapacitetsutnyttjandet blir oförändrat med Gröna tåget på kort sikt. På längre sikt krävs stora kapacitetsutbyggnader antingen av stambanorna eller som nya höghastighetsbanor för att klara ökad efterfrågan för alla tågslag.

På de andra studerade banorna, Västkustbanan med Göteborg–Öxnered, Ostkustbanan och Botniabanan, Mälarbanan och Svealandsbanan, bedöms effekterna av högre snabbtågshastigheter i stort sett bli neutrala.

De åtgärder som kan bli nödvändiga vid teknisk upprustning för ökade hastigheter är ökad rälsförhöjning (både anordnad och rälsförhöjningsbrist), och för hastigheter över 200 km/h slopade plankorsningar, nytt signalsystem (ERTMS), spår- och växelbyten där det är äldre typer kvar, och kanske även kontaktledningsombyggnad, geotekniska åtgärder, åtgärder på vissa broar och åtgärder för att höja säkerheten vid passage av plattformar.

7. Samhällsekonomi

Samhällsekonomiskt lönsamt

Den samhällsekonomiska kalkylen visar att det generellt sett är lönsamt att förkorta restiderna genom att höja hastigheterna för snabbtåg till 250 km/h. Det mest lönsamma är att höja hastigheterna efter planenliga reinvesteringar där den nya materielen har så pass höga prestanda att några ytterligare åtgärder för att höja hastigheterna inte behövs.

Störst samhällsekonomisk avkastning uppvisar Mälarbanan och Svealandsbanan, i första hand genom de små anläggningskostnaderna och nyttor av kortare omloppstider. Därefter följer Västkustbanan med Göteborg–Öxnered och Ostkustbanan med Botniabanan.

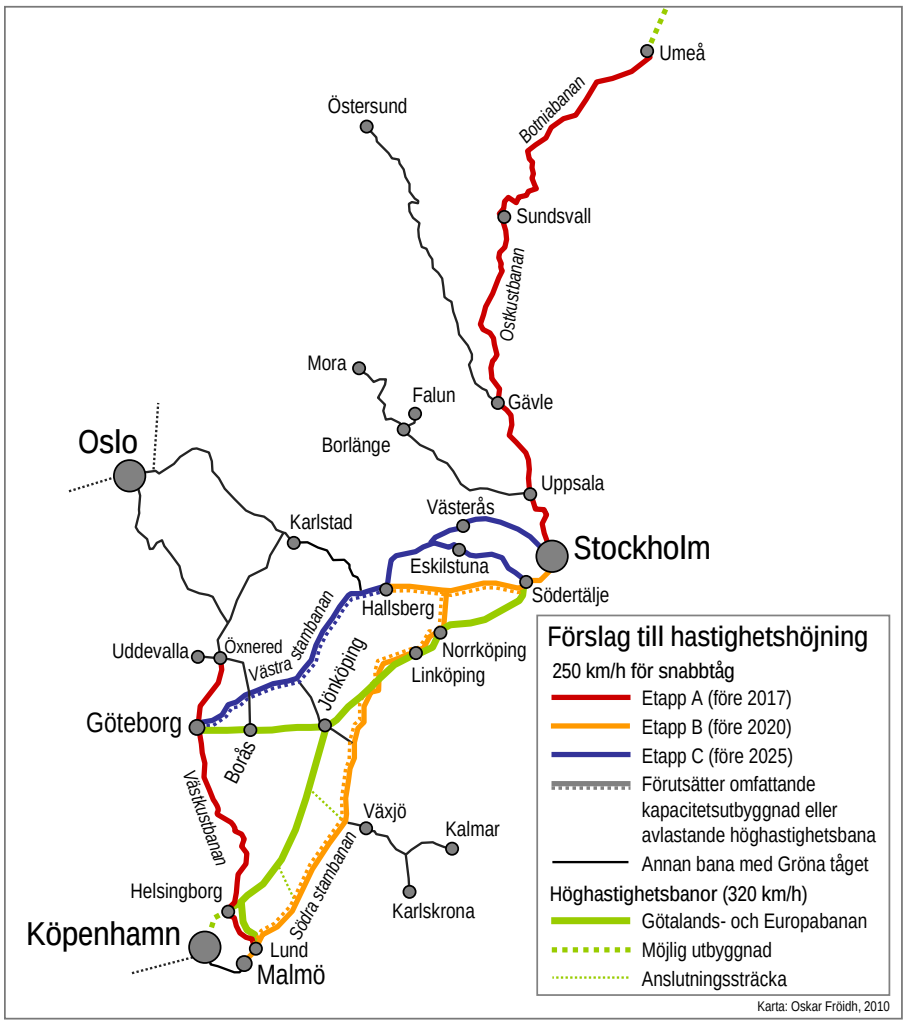
Södra stambanan och Västra stambanan belastas av högre anläggningskostnader och får därför inte lika höga nettonuvärdeskvoter. Förutom en teknisk upprustning ingår planskilda korsningar och kapacitetsåtgärder enligt etapp 1, med flera förbigångsspår och möjlighet för järnvägsföretagen att köra längre godståg.

Ett generellt nuvärde på restiden för trafikupplägget i ett stråk är med företagsekonomiskt mått 50 miljoner kr/körtidsminut och i ett samhällsekonomiskt perspektiv 300 miljoner kr/körtidsminut.

Genomförande av hastighetshöjning för snabbtåg i Sverige

Här föreslås ett genomförande av hastighetshöjning för snabbtåg upp till 250 km/h i tre etapper.

Den första etappen (A) bör omfatta Västkustbanan Göteborg–Lund och Vänerbanan Göteborg–Öxnered samt Ostkustbanan och Botniabanan Stockholm–Umeå. Det bör med hänsyn till de relativt små åtgärderna och den höga samhällsekonomiska lönsamheten genomföras så tidigt som möjligt och före 2017. En förutsättning är att Trafikverket omarbetar ERTMS-planen alternativt kan motivera att ATC2 godkänns för 250 km/h som en temporär åtgärd i väntan på ERTMS-installation.



Figur 2. Förslag till prioritering av upprustning för högre hastigheter för snabbtåg, samt Götalandsbanan och Europabanan som föreslagits i en offentlig utredning.

Den andra etappen (B) bör omfatta Södra stambanan Linköping–Malmö i kombination med kapacitetsutbyggnader Lund–Malmö och Ostlänken, en ny höghastighetslänk Södertälje–Linköping. Dessutom bör sträckan Stockholm–Hallsberg på Västra stambanan ingå eftersom detta utgör en redan finansierad del i ERTMS-planen. Etapp B bör genomföras före 2020 och här kan tidsplanen för ERTMS bibehållas oförändrad.

Den tredje etappen (C) bör omfatta Mälarbanan, Svealandsbanan och Västra stambanan Hallsberg–Göteborg som i paket tillsammans ger en bättre samhällsekonomisk avkastning än varje bana för sig. Etapp C bör genomföras före 2025. Tidsplanen stämmer för ERTMS-installation mellan Hallsberg och

Göteborg. För Mälarbanan och Svealandsbanan krävs dock att ERTMS tidigareläggs jämfört med den nu gällande planen.

Eftersom det är okänt när något järnvägsföretag verkligen kommer att anskaffa snabbtåg som Gröna tåget kvarstår en osäkerhet. Den enda möjligheten att eliminera osäkerheten är att samplanera fordonsanskaffningen med banutbyggnaden. Det innebär i praktiken att Trafikverket bör avtala med de järnvägsföretag som skaffar nya snabbtåg att också anpassa banan för högre hastigheter.

Summary: Travelling and traffic with Gröna tåget

Conclusions in condensed form

a) By means of both shorter journey times and lower fares, slightly higher frequency of service and several direct connections, travel on Gröna tåget can be increased by up to 30% compared to today's supply.

b) An increase in speed from 200 km/h to 250 km/h and slightly higher speeds on curves together with tilting reduce journey times by 9-10% compared to existing express trains and contribute to more travel.

c) With its wide-body cars Gröna tåget reduces the total traffic cost by 15% and gives a competitive advantage compared to trains with a continental profile.

d) Relatively short train-sets that can be coupled and decoupled as necessary, even in winter weather, increase flexibility in traffic and average utilisation, and thereby profitability.

e) Gröna tåget must be dimensioned for peak loading in order to increase punctuality. Doors, entrances, luggage racks and central aisles must be dimensioned for short boarding and alighting times with many passengers, large amounts of luggage and also disabled passengers.

f) Some of the items that need to be reviewed in the TSI in order to obtain better prerequisites and lower costs for Gröna tåget concern loading gauges for wide-body trains, possible adaptation of ATC2 for higher speeds, track reinforcement, and the rules for passing platforms at 250 km/h.

g) The socioeconomic outcome of upgrading track for higher speeds up to 250 km/h in Sweden is very positive. Here, a three-stage upgrade of the lines is proposed, beginning with upgrading of the West Coast Line and the East Coast Line, which should be carried out before 2017. This assumes that ERTMS is installed earlier than planned. The second stage, the Southern Main Line and the Stockholm–Hallsberg section of the Western Main Line, is carried out before 2020. However, extensive capacity expansion is needed in order to cope with demand in the long-term. The third stage before 2025, the Hallsberg–Gothenburg section of the Western Main Line, is coordinated with the Mälaren Line and the Svealand Line to obtain the greatest socioeconomic benefit.

h) Implementation should be coordinated with the railway companies' acquisitions of new trains.

1. The Gröna tåget research programme

The Market and Traffic subproject concerns establishing a technical product in the marketplace; a new train concept that has much more far-reaching consequences than most other products and that must also be seen in its context with the infrastructure.

The train concept must suit rail passengers in the Nordic area, both those who travel today and the potential new travellers expected as a result of greater attractiveness. The train concept must also be economically attractive to both railway companies and vehicle manufacturers in order to be realised. KTH's contribution is first and foremost the great amount of research material that exists concerning the travel market and the travellers' valuations and behaviour, i.e. the primary users of the train system.

2. The market for express train services

Table 3. Examples of possible journey times in Sweden

	No. of stops	*Poss. journey time today, X 2000*	*Poss. journey time with upgraded track and Gröna tåget*
Stockholm–Gothenburg (455 km)	0	2:45	2:30
Stockholm–Malmö (614 km)	2	4:00	3:35
with the Eastern Link (590 km)	2		3:15
Gothenburg–Malmö (305 km)	3	2:30	2:15
Stockholm–Sundsvall (402 km)	5	3:20	3:05
Stockholm–Umeå (737 km)	10	5:40	5:05

Remarks: Speed increase on existing line without curve straightening. Journey times assume that capacity additions to running times will be the same as today or less.

An analysis of the travel markets for long-distance passenger traffic shows that high-speed trains will have good prerequisites also in the future, provided that:

- Journey times are short and attractive, in particular in the business travel market
- Fares are low, in particular in the private travel market
- Frequency of service is high, in particular on short and medium-length routes
- Good comfort and service can be offered.

It is thus these demands that must apply to a new high-speed train like Gröna tåget.

With Gröna tåget in express train traffic, increases in travel of around 30% compared to today's supply in the basic forecast for 2020 are estimated as a result of shorter journey times, often also lower fares and in some cases fewer changes and higher frequency of service.

Table 4. Increases in travel with Gröna tåget

Line	*Western Main Line*	*Southern Main Line*	*West Coast Line*	*East Coast Line + Bothnia Line*	*Mälaren Line, Svealand Line*
Forecast 2020	*Stockholm–Gothenburg*	*Stockholm–Malmö*	*Gothenburg–Malmö*	*Stockholm–Umeå*	*Stockholm–Örebro*
Increase in travelling (millions pkm/yr)	+31%	+30%	+28%	+26%	+8%

A generally usable train unit for long-distance traffic in Sweden and the Nordic area has 300 seats. The trains will need to be run as multiple units on many departures. Even a smallish unit with 200-250 seats is useful for reinforcing capacity during both peak and off-peak periods. A larger unit with approx. 400 seats has also been considered but it has less flexible application on the lines and when passenger numbers are fewer.

3. The economic efficiency of Gröna tåget

Three factors stand out as particularly important for achieving good economic efficiency in train operation.

- High degree of utilisation
- Good space utilisation
- High average speed

Gröna tåget is a proposed concept, the aim of which is to improve all these points compared to existing train concepts. The degree of utilisation can be improved by using relatively short units that are coupled together when needed, thus reducing the proportion of empty seats at off-peak times.

Space utilisation is increased with a wide body that accommodates more seats in the same car. The wide carbody allows a 2+3 seating arrangement in economy class and 2+2 in 1st class, which reduces the total cost per seat kilometre by 15% compared to a normal or continental body profile.

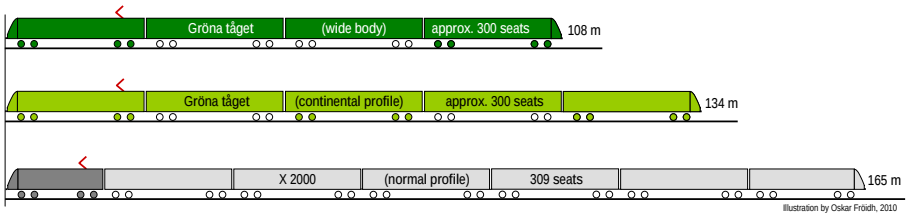


Figure 3. Differences in space utilisation measured as number of seats per metre of train length mean that the train lengths and costs vary considerably.

A high average speed can be achieved through good acceleration and tilting.

Short train-sets allow interesting operational possibilities that generate higher revenues and in some cases lower costs, particularly when the degree of utilisation can be increased. A prerequisite is that coupling and decoupling can be done quickly and easily even in winter weather.

The most important conclusion is nonetheless that short train-sets are interesting from the point of view of operating economy as long as demand (travel) is considered. Revenues often increase more than costs when the supply is improved, which is possible with short train-sets.

4. The Gröna tåget train concept

For operation in the Nordic countries Gröna tåget can be executed with a wide body that is between 3.46 and 3.55 metres wide at its widest point 1.5-1.8 metres above the top of the rail provided that the vehicle profile is designed appropriately. The dimensioning area is Denmark and if traffic over the Öresund Link to Copenhagen Central Station is sufficient, the possibility increases to operate wider trains. If Gröna tåget is executed with short carbodies and shorter bogie centre distance (than 19 metres), the carbody width can generally increase in Denmark. Continued investigation is desirable to determine the greatest possible carbody width.

Gröna tåget must be designed for punctual train traffic. This means that the train concept must be dimensioned for peak loading when the train is full. Boarding and alighting must take place within very tight margins, which means that doors, entrances, luggage racks and the train's central aisle must be in well considered locations and correctly dimensioned.

There should be two single doors on the side of each car located according to the so-called quarter model, i.e. ¼ and ¾ of the way along the car for the shortest boarding and alighting times. Other solutions with doors at the ends of the car or in the middle of the car mean longer distances to walk on the train. Disabled passengers can board at a special entrance equipped with a lift that is faster than many of today's solutions.

The central aisle should allow passengers to pass, which means a width of at least 60 cm, at least in certain places. This can be achieved by making the fixed table between facing seats a little shorter.

Luggage racks for heavy luggage need to be able to accommodate more items than today's X 2000 trains and also have room for prams in order to increase safety and improve the working environment in cases of extensive leisure-time travel. With 0.5 items of heavy luggage per passenger, 1.5 metres of rack space are needed for every 10 seats. There must be 30-35 cm of space under each seat for overnight bags and hand luggage and a shelf above the windows.

Seating comfort must be dimensioned for journey times up to 5 hours. The possibility for flexible furnishing where economy class seats can be turned into plus standard or first class seats for business travellers should be considered in order to increase the degree of utilisation. This assumes that the middle seat in rows of three and the aisle seat in rows of two can be converted into extra tables.

5. Car layouts on Gröna tåget

A wide train accommodates 25-30% more seats in the same carbody compared to normal width or the continental car profile. It is possible to accommodate just under 300 seats in a wide-bodied train with three cars dimensioned for punctual traffic and good comfort or 2.7 seats per metre of train length. The corresponding number of seats in cars of continental width requires five cars and gives 2.2 seats per metre.

A lower degree of comfort, fewer luggage racks and fewer doors would, in the same way as a smaller buffet area, make room for more seats and a value of up to 3.1 seats per metre of train length in a wide-bodied train is possible, but this would at the same time reduce travellers' willingness to pay and increase the risk of delayed trains.

6. Track for higher speeds

A suitable speed to shorten journey times by express train on conventional main lines in Sweden is 250 km/h. Tilting trains give substantial journey time gains. On track that has been built since the 1990s, even higher speeds are possible, in some cases up to 300 km/h where the track geometry permits this. The high-speed lines that are now being planned will allow trains to be operated at 320 km/h without tilting.

A suitable installed output for a train for general use is 15-20 kW/ton of train weight for a maximum speed of up to 250 km/h, and 20-25 kW/ton for 280-320 km/h. Output requirements increase with more stops and steeper

slopes. Higher output is also desirable to obtain more effective electric braking, which gives greater energy recovery.

In order to increase speeds on lines with mixed traffic, capacity needs to be reviewed. On single-track lines, shorter run times are an advantage for reducing the number of meetings between trains, while overtaking with freight trains will increase in the same way as on double-track lines. Commuter traffic often leads to a limit to the number of train paths for other trains and slightly delayed express trains become even more delayed but this problem already exists today. Studies of the capacity issue need to continue.

On the already heavily loaded Western and Southern main lines, some new overtaking tracks and the possibility for the railway companies to operate longer freight trains, from today's 630 to 1,000 and perhaps even 1,500 metres, can in the short-term mean unchanged capacity utilisation with Gröna tåget. In a longer perspective, substantial capacity increases will be needed, either through expansion of the main lines or through new, high-speed lines to cope with the increased demand for all types of train.

On the other lines that have been studied, the West Coast Line including Gothenburg–Öxnered, the East Coast Line and the Bothnia Line, the Mälaren Line and the Svealand Line, the effects of faster express trains are judged to be largely neutral.

The measures that may be necessary for an engineering upgrade for higher speeds are higher cant (both executed and cant deficiency), and for speeds over 200 km/h elimination of level crossings, a new signalling system (ERTMS), replacement of track and switches where older types still remain, and perhaps also catenary conversion, geotechnical measures, measures on certain bridges, and measures to increase safety when passing platforms.

7. Social economy

Socioeconomically profitable

The socioeconomic calculation shows that, generally speaking, it is profitable to shorten journey times by increasing the speed of express trains to 250 km/h. The most profitable measure is to increase speeds according to planned reinvestments where the new rolling stock have such high performance that no further measures to increase speeds are needed.

The Mälaren Line and the Svealand Line give the highest socioeconomic return, first and foremost through their low construction costs and the benefits of shorter circulation times. Next come the West Coast Line including Gothenburg–Öxnered and the East Coast Line including the Bothnia Line.

The Southern Main Line and the Western Main Line have higher construction costs and their net present value ratios are therefore not as high. In addition to engineering upgrades, fly-overs and capacity measures according to stage 1, with several overtaking tracks and the possibility for the railway companies to operate longer freight trains are also included.

A general present value of journey time for the traffic design on a section is SEK 50 million per minute of run time in business-economic terms and SEK 300 million per minute of run time in a socioeconomic perspective.

Implementation of higher train speeds in Sweden

It is proposed that express train speeds be increased to 250 km/h in three stages.

The first stage (A) should comprise the Gothenburg–Lund section of the West Coast Line, Gothenburg–Öxnered, and the East Coast line and the Bothnia Line Stockholm–Umeå. Considering the relatively minor measures and high socioeconomic profitability, it should be carried out as early as possible and before 2017, provided that the Swedish Transport Administration (Trafikverket) revises its ERTMS plan or can justify approval of ATC2 for 250 km/h as a temporary measure while waiting for ERTMS to be installed.

The second stage (B) should comprise the Southern Main Line Linköping–Malmö in combination with capacity expansion on the Lund–Malmö section and the construction of the Eastern Link, a new high-speed link Södertälje–Linköping. The Stockholm–Hallsberg section of the Western Main Line should also be included since it is an already funded component of the ERTMS plan. Stage B should be carried out before 2020 and here the schedule for the installation of ERTMS can be maintained as it stands.

The third stage (C) should comprise the Mälaren Line via Västerås, the Svealand Line via Eskilstuna and the Hallsberg-Gothenburg section of the Western Main Line that as a package give a better socioeconomic return. Stage C should be carried out before 2025. The schedule holds for ERTMS installation between Hallsberg and Gothenburg. For the Mälaren Line and the Svealand Line, however, installation of ERTMS must brought forward.

Since it is not known when any train operator will actually purchase express trains like Gröna tåget, an uncertainty factor remains. The only possibility to remove this uncertainty is to co-plan vehicle acquisition with track expansion. In practice this means that the Swedish Transport Administration should reach an agreement with the railway company that acquires new express trains to also adapt the track for higher speeds.

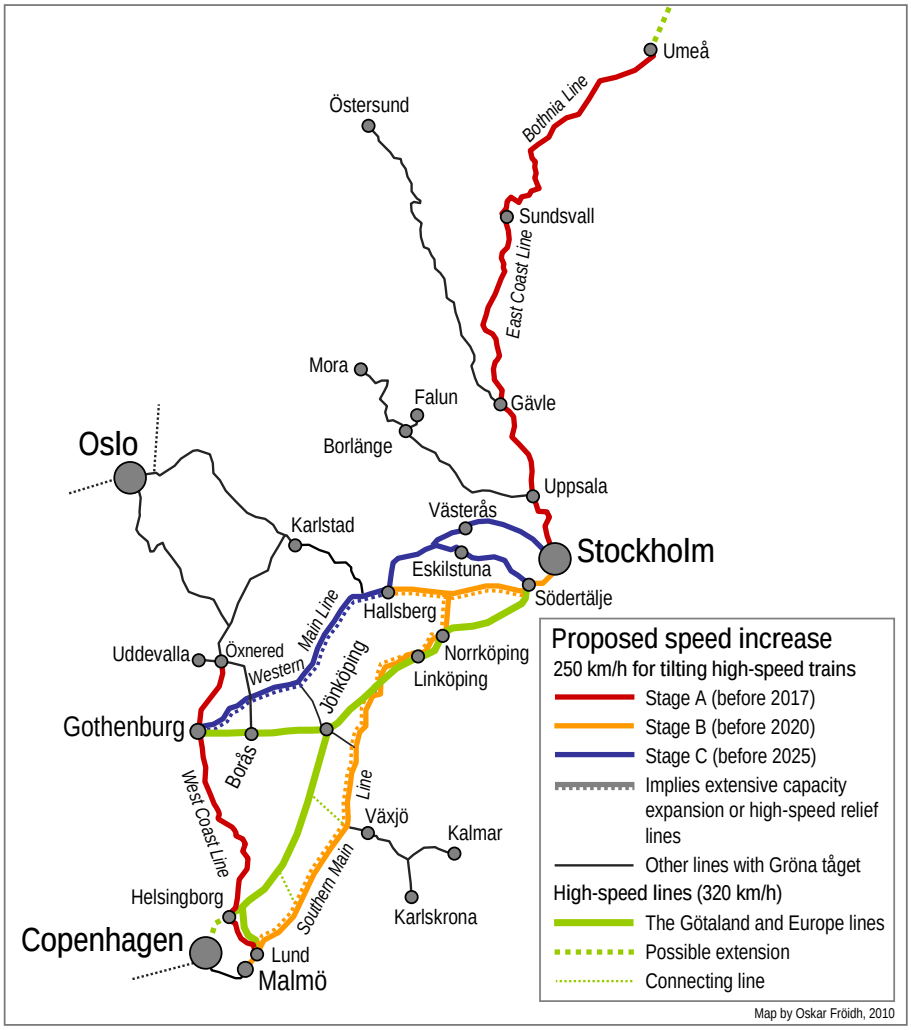


Figure 4. Proposed prioritisation of upgrading for higher express train speeds, and the Götaland and Europe high-speed lines proposed in an official report.

1. Gröna tåget – mål och visioner

Inom delprojektet Marknad och trafik i forskningsprogrammet Gröna tåget ska ett attraktivt tågkoncept tas fram baserat på företagsekonomiska och samhällsekonomiska bedömningar. Ökat tågresande med ett attraktivt utbud på bekostnad av bil- och flygresande är en viktig ”grön” egenskap.

1.1 Vad är Gröna tåget?

Konceptspecifikation

Forsknings- och utvecklingsprogrammet Gröna tåget ska resultera i ett konceptförslag eller en konceptspecifikation för nästa generations snabbtåg.

Gröna tåget tar sikte på de nordiska marknaderna med ett tågkoncept som är tillförlitligt i vinterklimat, är flexibelt också för linjer med färre resande, är spårvänligt, attraktivt och kostnadseffektivt. Dessutom är ambitionen att resenärer med mycket bagage, barnvagn eller funktionshinder ska få en smidig tågresa. Målsättningen är att Gröna tåget ska kunna bli ett nytt standardtåg för interregional trafik på våra banor.

Gröna tåget är en samling väl motiverade idéer, förslag och tekniska lösningar, men det kommer inte att produceras någon prototyp helt enligt våra förslag. Den kunskap som har tillägnats och de lösningar som föreslås kan komma att användas helt eller delvis. Det järnvägsföretag som vill köpa ett nytt tåg bestämmer hur det slutligen kommer att se ut. För att få ett fungerande tåg krävs dock fortsatt utvecklingsarbete av många delsystem och komponenter. En tågtillverkare kan komma att anta en föreslagen detaljlösning som standard medan en annan tillverkare kanske väljer en alternativ lösning.

Syftena med Gröna tåget är:

- Att utveckla tågkoncept och teknik som ger mer attraktiv, effektiv och klimatvänlig tågtrafik för medellånga och längre resor
- Att påverka utvecklingen av europeiska standarder och tågkoncept för nordiska förhållanden
- Att ytterligare stärka kompetensen för att utveckla tåg i Sverige.

I mångt och mycket handlar det om att dels ta fram tågkoncept som passar användarna i Norden bättre än vad motsvarande centraleuropeiska produkter kan förväntas göra, dels bereda väg för lönsam export av tåg och kunnande till andra marknader (Ökad spårtrafik utvecklar Sverige, 2009).

Figur 5. En renderad bild (Lundberg design), det vill säga det verkliga tåget (foto av författaren) är utbytt mot en datormodell av hur Gröna tåget skulle kunna se ut (Gröna Tåget, 2009).

Kännetecken på ett Grönt tåg

Genom tidigare forskning har de viktigaste egenskaperna för tågtrafikens attraktivitet på resemarknaden identifierats (se bland annat Nelldal et al., 1996; Effektiva tågsystem, 1997). Tågresan blir mer attraktiv främst genom:

- Kortare restider
- Lägre kostnader, som möjliggör både lägre biljettpriser och ökad lönsamhet
- Attraktiv och funktionell passagerarmiljö med hög komfort
- Ökad tillförlitlighet, även i nordiskt vinterklimat.

En mer attraktiv tågtrafik ökar marknadsandelen med tåg som i sig är den kanske viktigaste ”gröna” effekten. Fossilbränsledriven bil-, buss- och flygtrafik kan minska eller stagnerar samtidigt som dagens tågresenärer får ökade nyttor av ett förbättrat utbud av eldriven tågtrafik.

Utöver överflyttning till tågresande blir det med Gröna tåget direkta ekonomiska och miljömässiga konsekvenser som förstärker den gröna profilen. Särskilt för järnvägsföretag och banhållare och i vissa fall även tredje part märks:

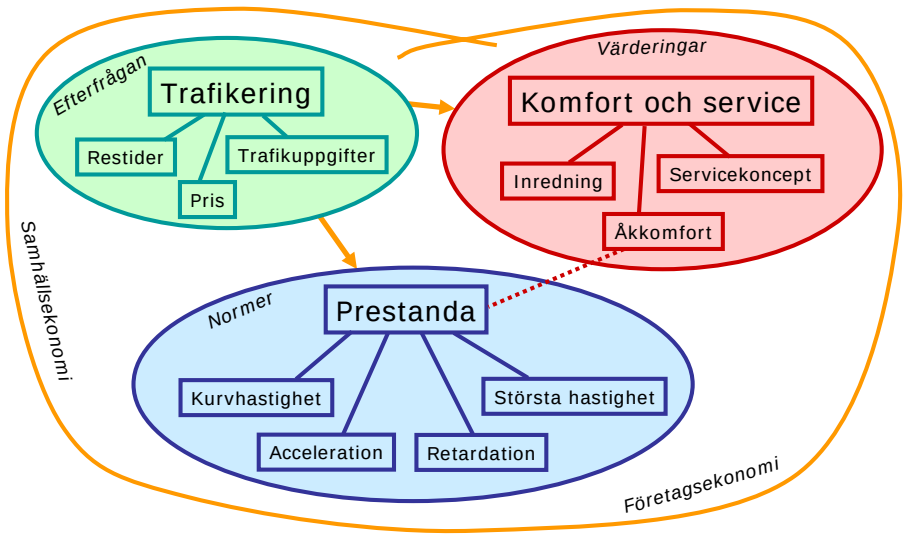
- Spårvänlighet, för bra prestanda och lågt slitage på spåren
- Minskad energiförbrukning
- Mindre buller.

Sammantaget ger Gröna tåget möjlighet att öka produktiviteten inom järnvägssektorn och effektiviteten inom transportsektorn. Det påverkar i förlängningen samhället i grön, mer miljövänlig riktning särskilt med avseende på antropogena emissioner av klimatpåverkande gaser, det vill säga växthusgaser.

1.2 Delprojektet Marknad och trafik

Forskningsprogrammet Gröna tåget engagerar stora delar av den svenska järnvägssektorn: Trafikverket[1], Bombardier Transportation, tågoperatörerna, högskolor, forskningsinstitut och konsulter. Programmet genomförs åren 2005-2011.

En viktig del är att analysera de marknadsmässiga förutsättningarna och beräkna de ekonomiska konsekvenserna av olika lösningar. Delprojektet Marknad och trafik handlar följaktligen om att få en marknadsmässig förankring av en teknisk produkt, ett nytt tågkoncept, som har mycket vidare konsekvenser än de flesta andra produkter och också måste ses i sitt sammanhang med infrastrukturen. I Marknad och trafik ingår följaktligen både företagsekonomiska och samhällsekonomiska bedömningar.



Figur 6. Projektet Marknad och trafik i Gröna tåget behandlar huvudområdena trafikering, komfort och service och prestanda utifrån företagsekonomiska och samhällsekonomiska överväganden.

[1] Den 1 april 2010 övertog Trafikverket ansvaret för förvaltning av statens spåranläggningar från Banverket. Båda verkens namn förekommer i rapporten.

En utgångspunkt är att tågkonceptet ska passa tågresenärerna i Norden, både de som reser idag och den resandepotential som finns vid ökad attraktivitet. Tågkonceptet måste också vara attraktivt för såväl järnvägsföretag som fordonstillverkare för att realiseras. KTH:s bidrag i Marknad och trafik är framför allt den stora mängden forskningsmaterial som finns om resandemarknaden och resenärernas värderingar och beteende, det vill säga de primära brukarna av tågsystemet.

Marknad och trafik påbörjades 2005 och delprojektet hade en budget på sammanlagt 2,6 miljoner kr som finansierades av Banverket. Föreliggande arbetsrapport är ett underlag till Gröna tågets slutrapport. Slutrapporten i hela forskningsprogrammet Gröna tåget kommer att publiceras 2011.

2. Marknaden för snabbtågstrafik

Det framtida resandet med snabbtåg är beroende dels av vilket utbud bil, buss och flyg kommer att ha i framtiden, dels hur attraktivt utbudet med Gröna tåget kan bli. Kortare restider är den enskilt viktigaste utbudsfaktorn för fjärrtrafiken, men även lägre priser, turtäthet och komfort har betydelse för attraktiviteten.

2.1 Introduktion

Höghastighetståg är en utvecklad form av järnvägens utbud av snabba resmöjligheter. Nya höghastighetslinjer har byggts och höghastighetstrafik finns på många sträckor i Europa och i Asien och ger nyttor för samhället genom ökad tillgänglighet. Det finns också ett behov av att minska restiderna på existerande banor där resandeunderlaget är begränsat och inte räcker för att motivera nya banor. Korglutande snabbtåg som X 2000 och Pendolino som kan hålla högre hastigheter i kurvor kan nå tämligen höga medelhastigheter och har under sina förutsättningar lyckats bra på marknaden.

Forskningsprogrammet Gröna tåget är tänkt att ta fram ett konceptförslag för hur ett framtida snabbtåg kan utformas med utgångspunkt från marknadens behov i Sverige och de andra nordiska länderna. Gröna tåget ska kunna ge korta restider på kurviga banor som X 2000, men också kunna nå högre hastigheter på nybyggda länkar. Gröna tåget är följaktligen en utveckling av idén med snabbtåg. Ett attraktivt tågkoncept och bra totalekonomi är de viktigaste målen.

Det finns en osäkerhet om hur marknaden för snabb långväga tågtrafik kommer att utvecklas i framtiden. I Gröna tågets främsta marknadssegment, fjärresor på en till fyra timmar eller sträckor på 150-600 km, råder en stark konkurrens med bil särskilt i den nedre delen av intervallet där turtätheten med tåg är relativt låg, och flyg i den övre delen av intervallet. Även busstrafik kan konkurrera med låga priser och relativt gynnsamma restider på motorväg jämfört med långsamma tåg. Prispressen inom flygsektorn är stark och biljettpriserna sjunker över tiden, vilket är särskilt märkbart hos lågkostnadsbolag[2].

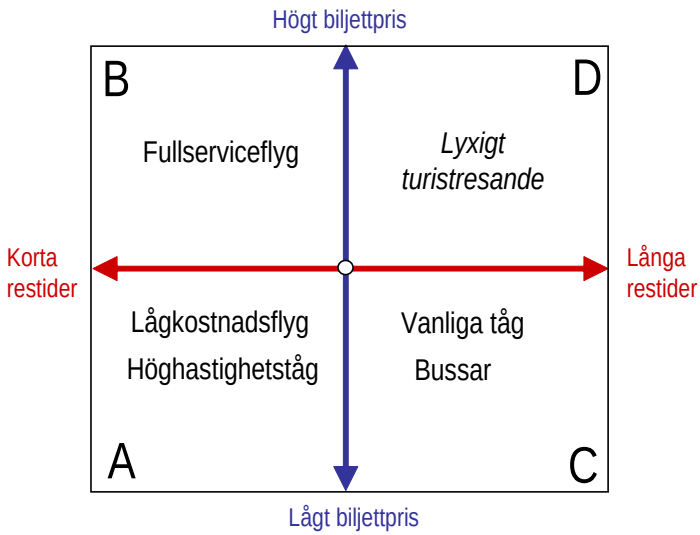
Tågtrafiken behöver följaktligen utvecklas med dels lägre priser, dels kortare restider och högre turtätheter för att klara konkurrensen med andra färdmedel.

[2] Här används begreppet lågkostnadsbolag (istället för ”lågprisbolag”) eftersom de genomsnittliga kostnaderna/biljettpriserna är lägre än hos fullservicebolag, men inte nödvändigtvis alla biljetter.

2.2 Långväga resandemarknaden

Marknadssegment

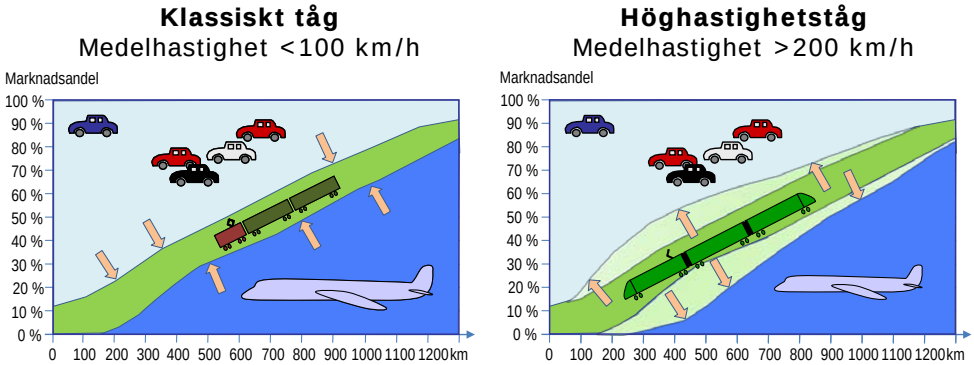
Den långväga resandemarknaden, det vill säga för resor över 100 km, omfattar främst tjänsteresor och fritidsresor. Arbetspendling räknas normalt inte hit, även om det genom snabba tågförbindelser också förekommer på långa avstånd. Långväga resor kan ske ofta, men de flesta sker mer sällan och fordrar mer omfattande reseplanering (biljettbokning etc.) och kanske övernattning.



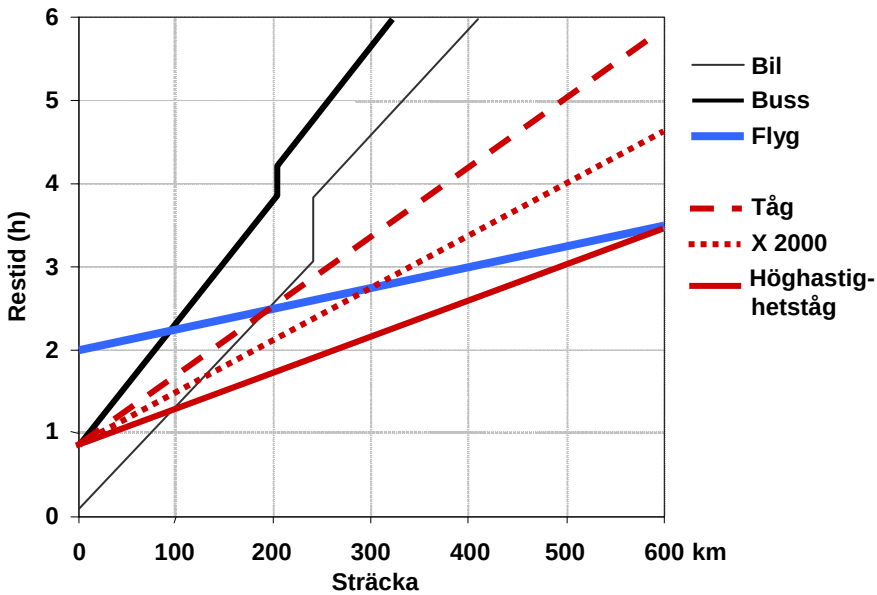
Figur 7. Marknaden för långväga resande, uppdelad på marknadssegment beroende av biljettpris och restider. Gröna tåget är tänkt att konkurrera i det expanderande segment A, med korta restider och låga biljettpriser. Källa: Fröidh, 2008

Marknaden för långväga resor är främst känslig för restiderna, biljettpriserna och turtäthet men även komfort och service. Individuella resenärer värderar utbudsfaktorerna olika beroende på resärende, tidsbudget och ekonomi. En fritidsresenär som betalar biljetten själv är till exempel i allmänhet mer känslig för priset än en tjänsteresenär. Men den långsiktigt viktigaste faktorn på marknaden är restiderna, givet att biljettpriser och turtäthet är acceptabla.

Den långväga resandemarknaden kan delas in i marknadssegment beroende av restider och biljettpriser. Innan snabbtåg och höghastighetståg kom fanns tågutbudet framför allt i sektor C, med relativt långa restider men med i allmänhet låga taxor. Flygtrafiken fanns före lågkostnadsbolagens tid i sektor B, det vill säga snabbt men dyrt.



Figur 8. Konkurrenstryck som funktion av tågets medelhastighet. Gröna tåget kan nå medelhastigheter på 150-170 km/h på upprustade banor och får därmed en marknadspotential någonstans mellan vad som är möjligt med konventionella tåg respektive nya höghastighetsbanor.



Figur 9. Principskiss för restid med olika färdmedel från dörr till dörr, inklusive anslutningsresor, byten och för bil och buss även pauser. X 2000 (snabbtåg) är det snabbaste färdmedlet från drygt 100 km och upp till 300 km, i vissa fall längre. Källa: Modifierad från Nelldal, 1998

Lågkostnadsflyget har gjort flygresandet billigare, och snabbtåg och höghastighetståg har gjort tåget snabbare. Båda färdmedlen konkurrerar nu i många fall i samma marknadssegment (A). Det är ett marknadssegment som

expanderar eftersom det är marknadsledande både i restider och biljettpriser. Andra faktorer som komfort och service ger visst utrymme för ett utbud även i sektor B där resenärerna är mindre priskänsliga, eller turistresande i sektor D där resenärerna ser resan som målet i sig och inte efterfrågar kort restid (Fröidh, 2008).

Sektor C har därmed en begränsad kundkrets av människor med lägre inkomster och det är ofta här samhället behöver stödköpa trafik som inte är företagsekonomiskt lönsam.

Restid

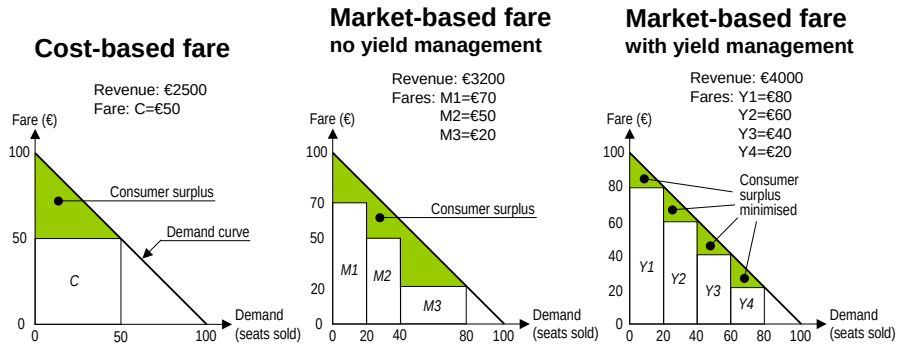
Som nämnts tidigare är restiden den enskilt viktigaste utbudsfaktorn givet att turtäthet och biljettpris är acceptabla. Korta restider ger god tillgänglighet och tillgänglighet är transportsystemets främsta ”produkt”. God tillgänglighet är en förutsättning för många verksamheter vilket också förklarar att den värderas högt.

Korta restider på uppgraderade banor är en förklaring till att X 2000 gett så många nya långväga resenärer i Sverige som åker tåg, och att flyg på korta distanser och matarflyg har minskat kraftigt under senare decennier. För flygrutter kortare än 400 km radie från Stockholm var antalet flygpassagerare 2004 endast ¼ av resandet 1990 (Nelldal, 2005a). Andra orsaker, som utbyggnader av flera motorvägar vilket ger kortare restider med bil, och höga kostnader för efterfrågemässigt små flygrutter som inte kan täckas av överskott från andra rutter efter flygets avreglering har också bidragit till att matarflyget har minskat kraftigt.

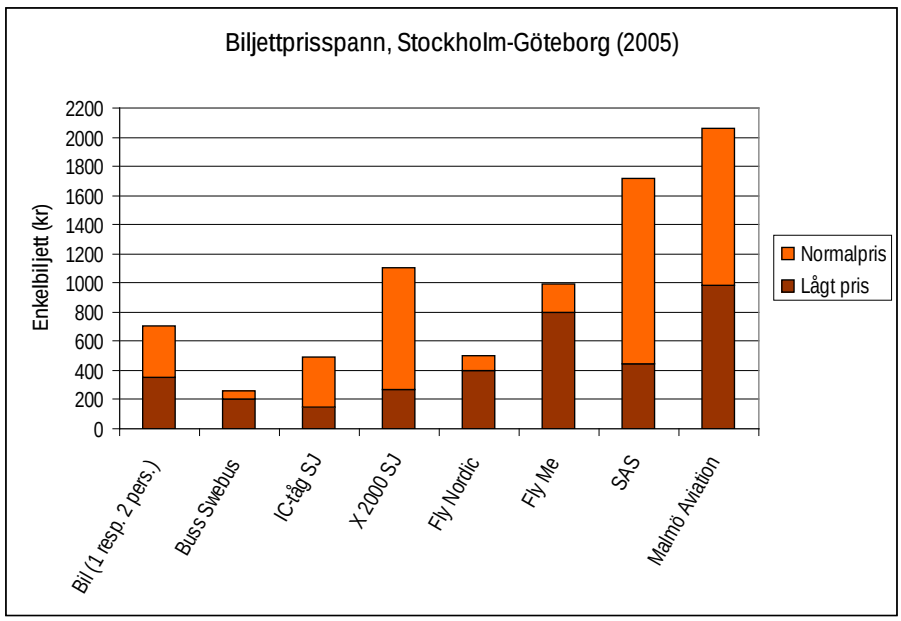
Biljettpris

En viktig ingrediens i utbudets attraktivitet är biljettpriserna. Intäktsstyrning (*yield management*) har introducerats av de flesta flygbolag och även av SJ AB. Baserat på en enkel princip om nytta syftar det till att minimera konsumentöverskottet genom statistiska analyser av efterfrågan. Ett kännetecken på intäktsstyrning är ett varierande men begränsat antal extremt billiga biljetter för att sälja tomma sittplatser (jämför SJ:s utbud av tågbiljetter för 95 kr eller till och med 1 kr utropspris vid auktion).

Väl genomfört kan intäktsstyrning öka både efterfrågan och intäkterna (se figur; Doganis, 2002). Nydanande prissättning är en viktig faktor för ökat tågresande i Storbritannien sedan 1990 (Wardman, 2006). Om DB skulle introducera intäktsstyrning i tågtrafiken i Tyskland skulle företaget vara mycket mer konkurrenskraftigt gentemot lågkostnadsflygbolagen än utan sådana taxor (Eisenkopf, 2005).



Figur 10. Enhetspris baserat på produktionskostnaden (bilden till vänster) genererar intäkter på 2500 euro för en avgång, men bara hälften av sittplatserna säljs när biljettpriset är 50 euro. Med marknadsbaserat pris och intäktsstyrning (*yield management*), som minimerar konsumentöverskottet, blir det 4000 euro i intäkter och 80 % sålda sittplatser i exemplet längst till höger. Källa: Doganis, 2002



Figur 11. Skillnaden mellan normalpris och lågprisbiljetter är i regel mycket stor när bolaget aktivt använder intäktsstyrning för att öka beläggningen. I exemplet från februari 2005 framgår det tydligt för de två största aktörerna på marknaden Stockholm–Göteborg, SJ AB (IC-tåg och X 2000) och SAS.[3] Källa: Nelldal och Troche, 2006

[3] Lågkostnadsbolaget Fly Me gjorde konkurs 2007. Lågkostnadsbolaget Fly Nordic är sedan 2007 en del av Norwegian, men bolaget flyger inte längre mellan Stockholm och Göteborg.

Vägtrafik

Bil

På längre sträckor är bilresor relativt långsamma jämfört med flyg och snabbtåg. Restiderna är väsentliga för många möjliga resor, speciellt en tur- och returresa under samma dag, och bil är under dessa förutsättningar inte förstahandsvalet när det finns ett snabbare kollektivresealternativ. Å andra sidan är anledningarna att resa långt med bil att det är billigare för en familj, man behöver transportera mycket bagage, och att bilen också behövs på slutmålet eller av andra anledningar som ofta förknippade med fritidsresor.

På kortare och medellånga distanser är skillnaden i restid mot tåg mindre, särskilt genom att vägnätet på allt fler sträckor byggs ut till motorväg. Dessutom ökar betydelsen av turtäthet med kortare reseavstånd eftersom väntetid utgör en allt större del av hela resans tidsuppoffring. Anslutningsresor och byten gör kollektivtrafiken både relativt långsam och ofta dyrare. Tåget har därför svårare att konkurrera med bil när det erfordras anslutningsresor, och turtätheten inte är hög nog.

Den framtida utvecklingen av bilresandet beror i hög grad av tillgång till billig energi, och miljöfrågorna. Det senaste seklets utveckling av bilismen vilar på tillgång till billig olja och andra råvaror men det ger miljöproblem inklusive växthuseffekten som följd. Utsläppen av växthusgaser måste skäras ned för att få en långsiktigt hållbar transportsektor (Åkerman och Höjer, 2006).

Det finns dock goda möjligheter att attrahera bilister med ett bra utbud av tågtrafik. Korta restider, hög turtäthet, låga biljettpriser, god komfort och service är attraktivt för det stora flertalet resenärer som kan välja färdmedel, vilket flera undersökningar visar (bland annat Svealandsbanan; Fröidh 2003). Beroende på resärende och marknadssegment är tågets möjligheter olika, men det finns all anledning att räkna bilresenärer som tågets största marknadspotential.

Långväga busstrafik

En studie av parallella tåg- och bussutbud i Intercitytrafik på Irland visar att busstrafiken föredras av (värderas högre) än tågtrafiken av de flesta resenärer. Men situationen på Irland är att tågtrafiken ofta bedrivs med gamla tåg (medelåldern på den rullande materielen var 25 år vid undersökningstillfället) på omoderna banor. Bussarna är i allmänhet fräscha och moderna och har kortare restider och lägre taxor än tågen. Slutsatsen är att utbudet i sig är viktigare än färdmedlet (Ahern och Tapley, 2008).

Undersökningen av den regionala snabbtågstrafiken på Svealandsbanan (Fröidh, 2003) visar dock att bilister värderar snabbtågstrafik med färdmedlet

X2-tåg betydligt högre än busstrafik – det finns i det senare fallet följaktligen en ”spårfaktor” (tågpreferens) som inte kan förklaras bara med utbudsfaktorer i form av restider, taxor och turtäthet.

Resenärerna längs Blekinge kustbana visar i en undersökning att de för interregionala resor (över 100 km) föredrar tåg framför buss. Introduktion av genomgående Öresundståg mellan Köpenhamn och Karlskrona efter elektrifiering av banan har medfört flera resenärer och större upptagningsområde runt stationerna än vad den ersättande tågbusstrafiken hade, trots samma taxa och restider (Fröidh och Kottenhoff, 2009).

Om tåget får konkurrens från långväga busstrafik med låga biljettpriser tvingar det tågoperatören att sänka priserna så att de blir konkurrenskraftiga med busstrafiken. I praktiken har biljettpriserna blivit mer differentierade på tåg genom intäktsstyrning än på buss. När taxorna på tåg och på buss är jämförbara får tåget en väsentligt högre marknadsandel så länge som restiderna är kortare och komforten bättre på tåg än på buss (Nelldal och Troche, 2006).

Flygtrafik

Under efterkrigstiden växte flygtrafiken kraftigt, som ett exklusivt och snabbt sätt att resa. Nationella flygbolag byggde upp linjenätet runt sitt respektive nav i de flesta av Europas länder. Sedan 1990-talet har avreglering och konkurrensutsättning, förutom nya motorvägar, snabbtåg och höghastighetsbanor, tvingat flygsektorn att omstrukturera kraftigt. Vi är fortfarande inne i en period där de tidigare nätverken raseras och ersätts med lågkostnadsbolag som satsar på nya direkta relationer med låga biljettpriser. Kortare matarlinjer försvinner som olönsamma, och de riktigt långväga rutterna ökar i omfattning som följd av globalisering av näringsliv och turism.

Det är en stark nedåtgående trend i biljettpriser och intäkter för flygbolagen som måste reducera sina kostnader för att nå framgång (Doganis, 2001). Lågkostnadsbolagen använder en mängd olika strategier för att reducera sina kostnader. Några exempel är att enbart sälja biljetter för punkt till punkt-resor och därmed inte ta ansvar för byten, att använda mindre flygplatser för att få lägre flygplatsavgifter och mindre risk för förseningar, att använda Internet som försäljningskanal, att avgiftsbelägga all typ av extraservice och arbeta med stödjande intäkter, att ha en modern och uniform flygplansflotta, men framför allt att producera mycket effektivt med minimal administration (Franke, 2004).

Lågkostnadsbolagen har i Europa inriktat sig på kort- till medeldistansrutter på i genomsnitt 634 km, där 70 % är kortare än 1000 km (Dobruszkes, 2006). Ofta handlar det om att ge flygförbindelser till städer vid sidan av höghastighetsnäten eller de traditionella flygbolagens linjer. Det antyder att en

framgångsfaktor för lågkostnadsbolagen är utvecklandet av nya geografiska marknader genom hög tillgänglighet till nya områden.

En erfarenhet från Tyskland är att det etablerade flygbolagen har tappat flera resenärer till lågkostnadsbolagen än vad tågtrafiken har gjort (Eisenkopf, 2005).

2.3 Produktionskostnader för tåg och flyg

Tåg och flyg har olika produktionskostnader. Biljettpriset sätts dock efter andra premisser hos de operatörer som tillämpar intäktsstyrning, som redan nämnts. Operatörens vinst är dock skillnaden mellan genomsnittliga intäkter och kostnader. Produktionskostnaderna ger därmed en bild av de genomsnittliga kostnaderna även om fördelningen på olika kategorier av resenärer varierar.

Exempel från flygbolagen är att de genomsnittliga produktionskostnaderna för lågkostnadsbolaget Ryanair år 2004/2005 var 0,039 euro (0,35 kr[4]) per sittplatskm, medan det för SAS 2004 var 0,078 euro (0,71 kr) vilket var dubbelt så mycket (Fröidh, 2008). Kostnaden är dock starkt beroende av hur produktionen sker och förutom uppenbara skillnader i personalkostnader och administration inverkar även flygplansstorlek (-typ), linjenät och ruttens sträcka på totalkostnaderna.

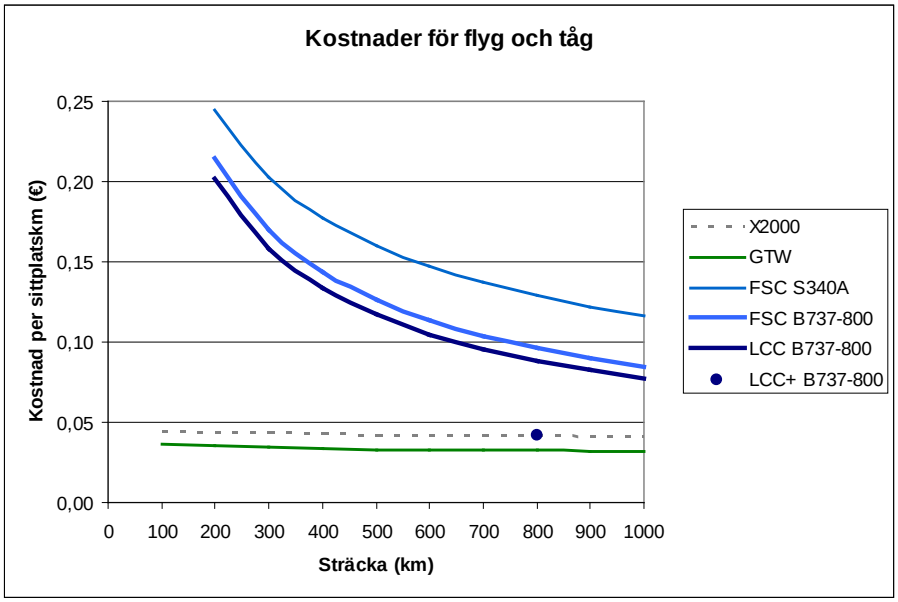
För inrikes flygtrafik kan kostnader beräknas med hjälp av en modell som Luftfartsverket, numera Transportstyrelsen, tagit fram med hjälp av Cranfield University (Hofton, 2006). Modellen är anpassad för svenska förhållanden och den version som används här avser år 2005.

Genom att jämföra resultaten från inrikesmodellen med Gröna tågets kostnadsmodell (se nästa avsnitt) kan kostnadsstrukturen i konkurrens mellan tåg och flyg beräknas.

De totala kostnaderna per sittplatskm i flygtrafik är tydligt exponentiellt avtagande med sträckan på flygrutten vilket även stöds av andra källor (Pavaux, 1991; Babikian et al., 2001; även i Mayer, 2005). Förklaringen är att en stor del av flygtrafikens kostnader är associerade med start, landning och terminalhantering.

Större flygplan ger också signifikant lägre kostnader per sittplatskm än mindre flygplan (Doganis, 2002). Modellen exemplifierar här den mindre flygplanstypen Saab 340A med 34 sittplatser och högre kostnader per sittplatskm jämfört med den större Boeing 737-800 med 179 sittplatser (fullservicebolaget) eller 189 sittplatser (lågkostnadsbolaget).

[4] Växelkurs i exemplet: 1 euro = 9,1 kr (november 2004)



Figur 12. Modellberäknade kostnader för inrikes flyg- och tågtrafik i Sverige, per sittplatskm i euro (2005 års värden). GTW: Gröna Tåget Wide. FSC (Full Service Carrier): fullservicebolag. LCC (Low Cost Carrier) lågkostnadsbolag, varav punkten LCC+ som jämförelse motsvarar Ryanairs genomsnitt i internationell trafik. Flygplanstyperna är (Saab) S340A och (Boeing) B737-800. Källa: Fröidh, 2008

Tågtrafikens kostnader är per sittplatskm endast svagt avtagande med sträckan, och det beror i första hand på en mindre andel terminaltid av den totala omloppstiden.

Resultatet visar att tågtrafiken kan produceras med lägre kostnader per sittplatskm än för inrikes flygtrafik. Ryanairs genomsnittliga värde i internationell trafik har en brytpunkt med X 2000 vid 800 km. Ryanair och andra lågkostnadsbolag kan dock inte få lika låga kostnader i inrikes trafik bland annat eftersom flygplatserna har en annan kostnadsstruktur i Sverige och matarresor till flygplatserna skulle utgöra en så pass stor del av den totala restiden och reskostnaden. För inrikes rutter går en brytpunkt för kostnaderna per sittplatskm på så pass långa sträckor att det är utanför alla större inrikesrelationer i Sverige.[5] Tåget har följaktligen lägre kostnader i inrikes fjärrtrafik än flyget.

[5] Pavaux (1991; i Mayer 2005) beräknar brytpunkten för lika stora kostnader per sittplatskm matarflyg/höghastighetståg någonstans i intervallet 1200-3000 km.

Några faktorer som påverkar resultatet är dock viktiga att komma ihåg:

- Beläggningsgraden
- Kostnadsutvecklingen
- Fördelningen av kostnaderna (intäktsstyrning).

Beläggningsgraden är ofta signifikant bättre inom flygsektorn än i tågtrafik. Ett lågkostnadsbolag som flyger punkt till punkt ligger i regel på 75-85 % beläggningsgrad (eller kabinfaktor), medan de bästa fjärrtågsträckorna ligger på ca 70 % och SJ i genomsnitt på ca 50 % (2008). Orsaken till de i genomsnitt lägre beläggningsgraderna på tåg är att mellanmarknaderna försvårar en optimal sittplatsbeläggning och även de större dygnsvariationerna i arbetsrelaterat resande. Det påverkar brytpunkten för kostnaden per personkm (och biljettpriset) till flygets fördel.

Kostnaderna inom flygsektorn är märkbart sjunkande över tiden i första hand beroende på en stark konkurrens och prispress inom sektorn (Doganis, 2001). Motsvarande förhållande har inte funnits inom järnvägssektorn. Det kan dock komma att ändras genom en avreglering av långväga persontrafik.

Fördelningen av kostnaderna på resenärskategorier varierar, och en stor andel lönsamma tjänsteresor medger också att ett ökat antal billiga biljetter kan erbjudas privatresemarknaden. Korta restider attraherar en betalningsstark bas av tjänsteresenärer och det är nödvändigt att arbeta med intäktsstyrning för ett prismässigt attraktivt utbud. Tåget (SJ i Sverige) konkurrerar idag framgångsrikt med flyget på sträckor upp till 400 km och även på den något längre ändpunktsmarknaden Stockholm–Göteborg, men tåget behöver få ett mer attraktivt utbud även på övriga sträckor för att i längden kunna behålla och vinna ytterligare marknadsandelar.

2.4 Snabbtåg på resemarknaden

Viktigaste utbudsfaktorer

Snabbtåg och särskilt höghastighetståg har visat att modern tågtrafik med höga hastigheter har stor marknadspotential och på många sträckor har tågtrafiken ökat kraftigt tack vare de korta restiderna. Restiderna är också den enskilt viktigaste utbudsfaktorn, men även biljettpris, turtäthet, komfort och service är viktiga.

Lägre genomsnittliga biljettpriser är möjliga genom lägre produktionskostnader. Men det är också nödvändigt att fördela kostnaderna på ett marknadsmässigt sätt genom differentierade biljettpriser, vilket kan uppnås med intäktsstyrning (*yield management*). Genom dessa grundpelare kan en större

andel billiga biljetter erbjudas priskänsliga resenärer. Men fortfarande är en viktig förutsättning de kortare restiderna som får betalningsstarka tjänsteresenärer att välja tåget.

Med flera resenärer ökar underlaget och turtätheten kan utökas. Det i sin tur ökar efterfrågan ytterligare, den så kallade Mohringeffekten (beskrivs bland annat i Small, 1992). Det är också möjligt att bygga upp en marknad genom att erbjuda fler avgångar, vilket Blekinge kustbana och Svealandsbanan med huvudsakligen regionalt resande är exempel på (Fröidh, 2003; Fröidh, 2005; Fröidh och Kottenhoff, 2009). För att kunna upprätthålla en hög turtäthet även på linjer med lägre antal resenärer krävs dock mindre tågenheter med god ekonomi.

Komfort är viktigt för attraktiviteten, och många resenärer jämför med sin egen bil. Tåget måste vara bekvämt och upplevas väl designat för att kunna attrahera flera resenärer. Behovet av och betalningsvilja för service varierar kraftigt med resärende, socioekonomi och individuella behov, men en ny tågtyp ska möjliggöra flexibilitet i serviceutbudet som servering och informationshantering (nätuppkoppling, reseinformation etc).

Sammantaget kommer snabbtåg och höghastighetståg att ha goda förutsättningar på resemarknaderna även i framtiden, förutsatt att:

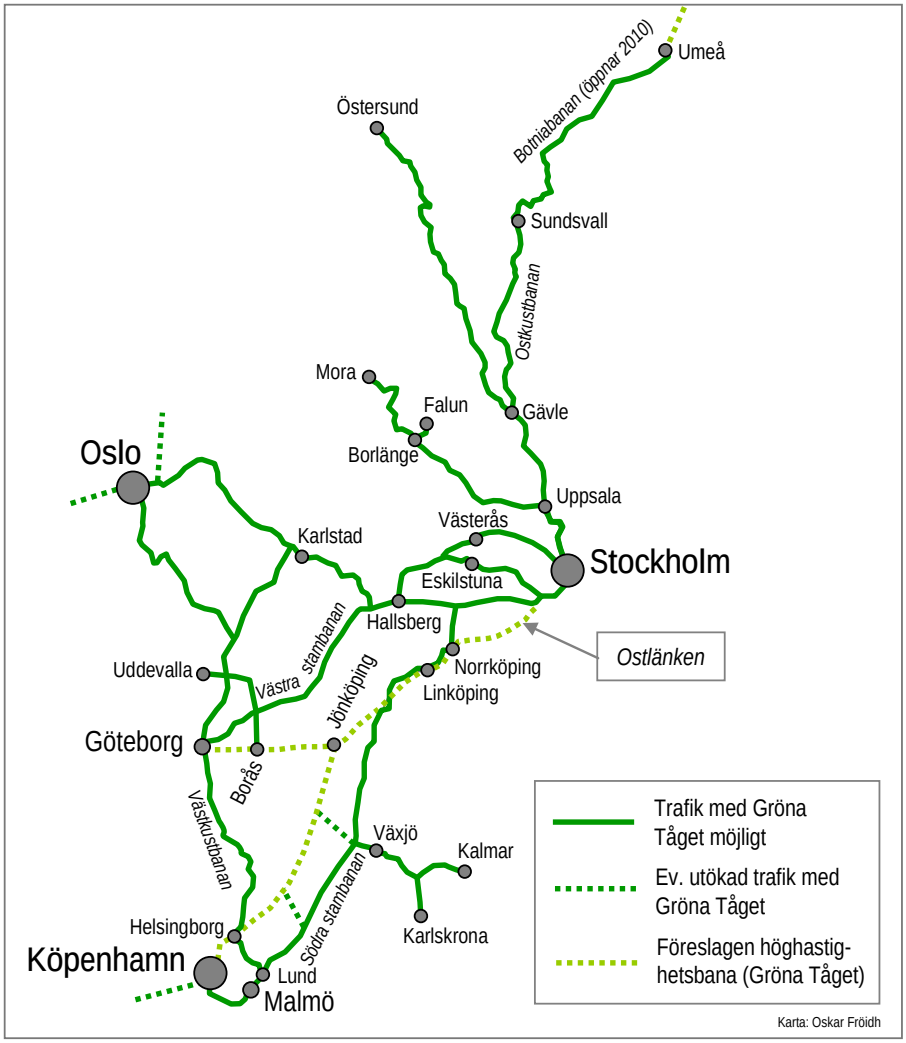
- Restiderna är korta och attraktiva särskilt för tjänsteresemarknaden
- Biljettpriserna är låga särskilt för privatresemarknaden
- Turtätheten är hög särskilt på korta och medellånga sträckor
- God komfort och service kan erbjudas.

Det är följaktligen dessa krav som ska ställas på ett nytt snabbtåg som Gröna tåget.

Sverige

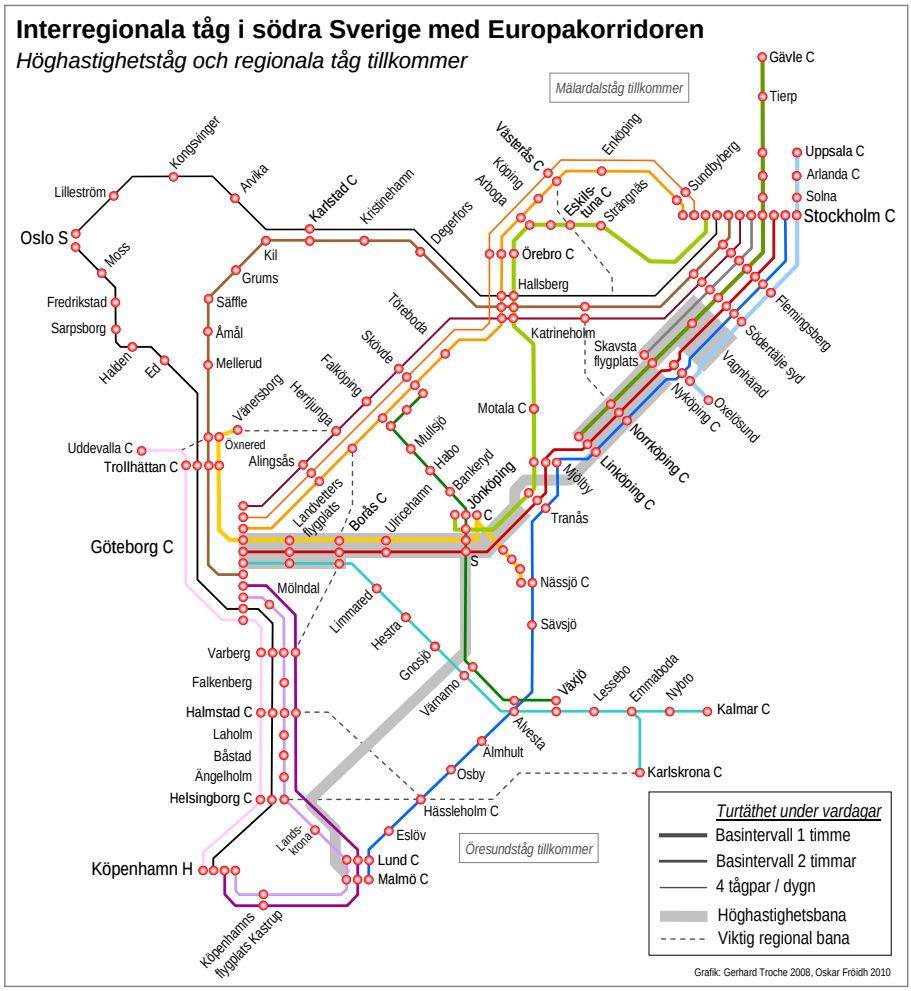
I Sverige ska Gröna tåget kunna trafikera alla elektrifierade järnvägar. De fordon som Gröna tåget kan ersätta och komplettera under 2010-talet är i första hand lok och personvagnar från 1980-talet och X 2000 från 1990-talet, även om inte all rullande materiel kommer att ersättas omedelbart utan successivt förflyttas till mindre kvalificerade uppdrag innan den skrotas.

Avreglering av den långväga persontrafiken som pågår kan komma att öka utbudet av fjärrtrafik på i första hand stambanorna mellan Stockholm, Göteborg och Malmö. Vilka företag som äger den rullande materielen och kör tågtrafiken är beroende av konkurrensläget och järnvägsföretagens investeringar, men Gröna tåget som ger lägre trafikeringskostnader ger en konkurrensfördel jämfört med många andra tågkoncept.



Figur 13. Exempel på fjärrtågssträckor som kan trafikeras med Gröna tåget. Gröna tåget kan förutom att ge kortare restider på befintligt järnvägsnät också köra på höghastighetsbanor och ge snabba, direkta förbindelser till orter utanför det egentliga höghastighetsnätet.

En eventuell utbyggnad av höghastighetsbanor medför att en stor del av dagens snabbtågstrafik på stambanorna skulle ersättas med höghastighetståg på de planerade sträckorna Götalandsbanan och Europabanan. Gröna tåget som koncept är lämpligt för högre hastigheter och kan med fördel också användas i trafik där både nya höghastighetsbanor och det äldre kurviga bannätet trafikeras.



Turtäthet under vardagar
Basintervall 1 timme
Basintervall 2 timmar
4 tågpar / dygn
Höghastighetsbana
Viktig regional bana

Grafik: Gerhard Troche 2008, Oskar Fröidh 2010

Figur 14. Förslag till nytt trafiksystem med interregionala tåg (höghastighetståg och regionala tåg tillkommer) i södra Sverige som delvis använder Götalandsbanan eller Europabanan (Höghastighetsbanor, 2009). Tågkonceptet Gröna tåget kan användas för denna trafik.

Det föreslagna trafiksystemet med interregionala linjer som delvis använder höghastighetsbanorna förutsätter ett tåg med Gröna tågets främsta egenskaper, snabbt och ekonomiskt. Genom att de planerade höghastighetsbanorna ger kortare restider mellan många orter som tidigare hade dåliga eller helt saknade tågförbindelser ökar efterfrågan kraftigt och en överströmning av tidigare bilresenärer till tåg skulle ske på framför allt mellanmarknaderna. De nya banorna ger kraftigt ökad bankapacitet, men för att utnyttja kapaciteten på bästa sätt och inte hindra höghastighetståg med få uppehåll behöver de interregionala tågen som trafikerar höghastighetsbanorna nå en topphastighet på 280-320 km/h och ha god acceleration.

Av praktiska skäl är de flesta analyser i Gröna tåget genomförda på svenska förhållanden. Det finns dock flera länder där Gröna tåget passar minst lika bra som nedanstående genomgång visar.

Norge

Förhållandena i Norge är likvärdiga med i Sverige med bland annat samma elsystem, 15 kV, 16 2/3 Hz. Eftersom banornas tekniska standard är jämförbar kan samma tågtyper i regel trafikera båda länderna. En skillnad är dock att bannätet har en större andel skarpa kurvor och enkelspår, vilket påtagligt sänker medelhastigheterna och ger sämre möjligheter att konkurrera med bil- och flygtrafik. En modernisering av järnvägsnätet där nya länkar byggs med en standard för upp till 250 km/h pågår på intercitysträckningarna, det vill säga banorna runt Oslo med restider på högst ett par timmar.

NSB skaffade en serie moderna motorvagnståg runt sekelskiftet (BM73) som följs av en serie motorvagnståg för långväga regionaltrafik med leverans 2010-2013. Äldre personvagnar från 1970- och 1980-talen behöver ersättas under 2010-talet. Nya banor som genererar mera resande kan dock innebära ett behov av flera tågsätt än vad den annars relativt svaga fjärrtrafiken i Norge nyttjar idag. Dessutom ger Gröna tåget med breda korgar bättre ekonomi än de redan levererade motorvagnstågen vilket gör att ökad konkurrens skulle kunna medföra att breda tåg snart får en plats på norska banor.

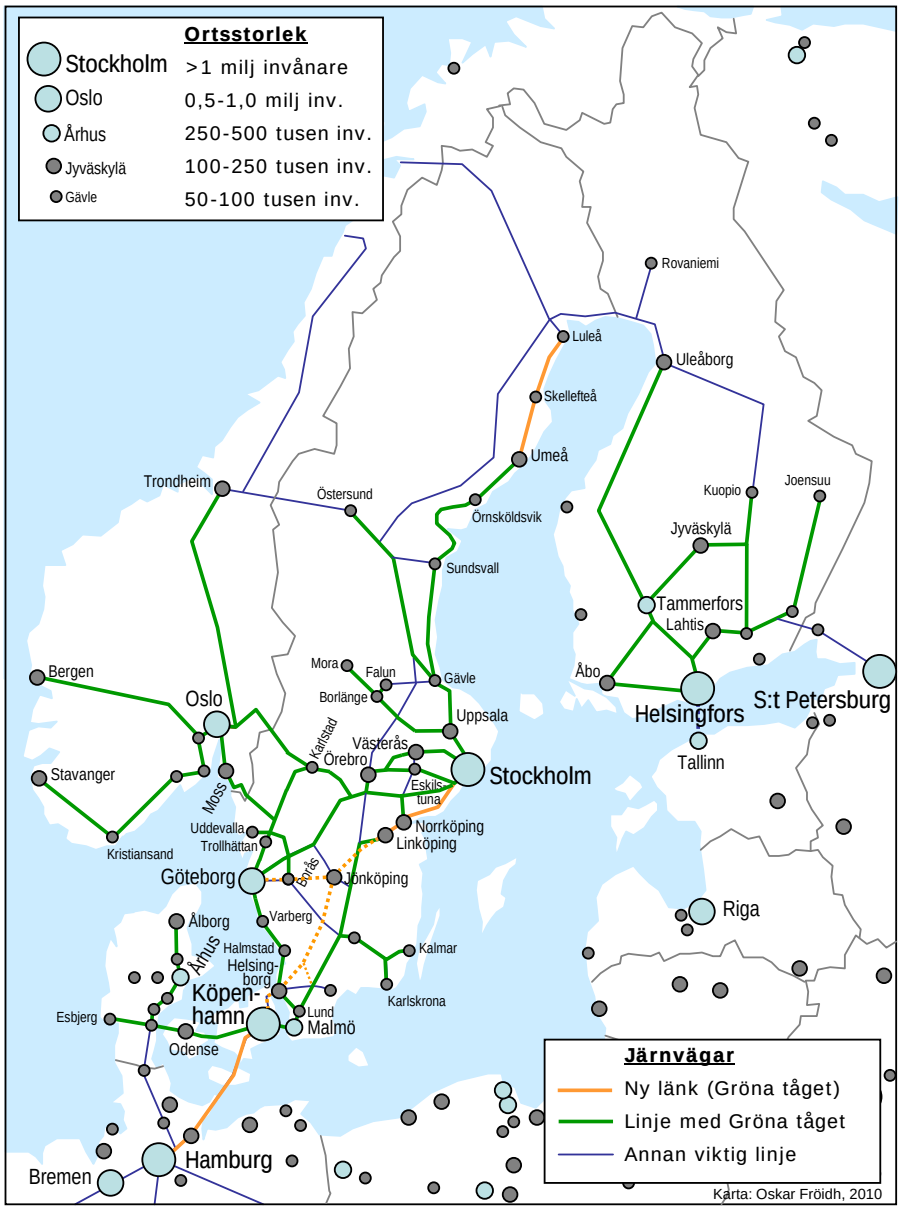
Även i Norge utreds nya höghastighetsbanor (Samferdseldepartementet 2010-02-19). Tågkonceptet Gröna tåget skulle passa bra också på dessa banor.

Danmark

Det finns idag två förhållanden som begränsar möjligheterna att föreslå Gröna tåget för trafik i Danmark. Det ena är den mer begränsade lastprofilen som gör att breda tåg inte kan trafikera danska banor mer än under särskilda villkor. Ett undantag är sträckan Öresundsförbindelsen–Köpenhamn H. Det andra är att bara vissa danska fjärrlinjer är elektrifierade, med standardsystemet 25 kV, 50 Hz.

Gröna tåget i en variant med kontinental profil, eller mycket korta vagnskorgar liknande det senaste köpenhamnska S-banetåget, kan vara möjliga versioner även för dagens danska bannät. Men så länge som snabba, breda, eldrivna tåg inte kan trafikera mer än enstaka sträckor ger inte heller Gröna tåget några speciella fördelar.

I Danmark har man dock fattat ett principbeslut om att bygga en ny höghastighetsbana för 250 km/h som kapacitetsförstärkning på sträckan Köpenhamn–Ringsted. Det kan bli första sträckan i ett upprustat linjenät som passar för Gröna tåget. Även elektrifiering av flera sträckor diskuteras.



Figur 15. Tänkbara linjer för trafik med Gröna tåget i Norden efter år 2020.

Finland

Det finska bannätet är bredspårigt, 1524 mm, till skillnad från normalspårvidden (1435 mm) i Västeuropa. Elsystemet 25 kV, 50 Hz är också en standardlösning. Breda tåg för bredspår bör kunna trafikera det finska bannätet eventuellt med mindre anpassningar.

Kommersiellt är det i dagsläget svårt med Gröna tågets egenskaper i Finland: Dels medger den finska fordonsprofilen bekväma och rymliga dubbeldäckarvagnar som också ger god ekonomi i trafiken, dels går den finska snabbtågsanpassningen av banorna långsamt vilket inte möjliggör restidsvinster med korglutande tåg på alla sträckor.

Under 2010-talet ska många äldre personvagnar fasas ut i Finland. Lokdragna tåg i Intercitytrafik på de snabbtågsanpassade huvudsträckorna Helsingfors–Tammerfors och Helsingfors–Åbo skulle med fördel kunna ersättas med Gröna tåget. Övriga linjer kan bli aktuella successivt.

Övriga länder i Europa

Ryssland och Baltikum

Spårvidden är 1520 mm, det vill säga i princip densamma som i Finland, men elsystemet på flera sträckor är 3 kV likström medan det på andra är 25 kV, 50 Hz växelström. Breda tåg kan i regel trafikera bannätet, eventuellt med vissa anpassningsåtgärder. I Estland har man nyligen beställt regionaltåg med 3,5 m utvändig korgbredd (And in Estonia, 2010).

Det finns ett stort behov av nya tåg men problem med att skaffa kapital för banupprustning och fordonsanskaffning gör att moderniseringen går långsamt. Nyligen har den ryska järnvägen köpt åtta höghastighetståg bland annat för sträckan Moskva–S:t Petersburg, och i samarbete med den finska järnvägen ytterligare fyra tågsätt av Pendolinotyp för sträckan S:t Petersburg–Helsingfors.

Tyskland och kontinentala Europa

Det finns också ett intresse av att anpassa Gröna tåget för olika trafikuppgifter på kontinenten, bland annat genomgående tåg från Köpenhamn till Hamburg och Berlin när den fasta Fehmarn bält-förbindelsen enligt avtal ska stå klar år 2018. Reginatågen med en yttre korgbredd på 3,45 m kan transporteras från tillverkaren genom nordöstra Tyskland som specialtransport, men breda tåg är generellt inte möjligt. Det är istället Gröna tåget med kontinental korgbredd som är mest realistiskt. Ett Gröna tåget med kontinental korgbredd kan byggas så att det möjliggör direkta förbindelser mellan till exempel Oslo och Berlin eller Stockholm och Hamburg. Även ett koncept som omställbart dag- och nattåg kan vara tänkbart för att öka utnyttjandegraden (Troche, 1999) men har inte studerats inom forskningsprogrammet Gröna tåget.

De spanska höghastighetsbanorna är byggda för att medge breda tåg med i princip samma bredd som japanska höghastighetståg, det vill säga 3,35-3,40 m yttre korgbredd. Där skulle Gröna tåget kunna erbjuda ett alternativ till dagens fordonskoncept.

2.5 Resande med Gröna tåget i Sverige

Efterfrågeelasticiteter

Med ett förbättrat, mer attraktivt utbud kommer resandet att öka. Med hjälp av efterfrågeelasticiteter kan en grov beräkning av den ökade efterfrågan göras.

Elasticitetsberäkningar kan bara användas vi marginella förändringar i utbudet. Stora utbudsförändringar och många samverkande faktorer gör att efterfrågeelasticiteterna inte förmår spegla den faktiska efterfrågeförändringen och under dessa omständigheter ger en (bra) prognosmodell bättre resultat.

Elasticiteten måste också alltid sättas i sitt sammanhang, dels i vilket intervall den gäller (vilket i sig är en approximation eftersom den är derivatan av en funktion), dels under vilka förutsättningar den är framtagen (utgångsläge i utbudet som restid, marknadsandel, med eller utan flygkonkurrens etc.). Det finns tröskelvärden vid vilken elasticiteten får en markant topp som när resenärernas tidsbudget av en liten förändring möjliggör till exempel daglig arbetspendling (Nelldal, 2005b).

Efterfrågeelasticiteter som är mindre än 1 kallas oelastiska, medan värden över 1 är elastiska och innebär större efterfrågeökning än utbudsförändring räknat i procent.

Sammanställningen visar att restidselasticiteten ofta är stor och elastisk med värden runt 2 eller mer. Förutsättningen är att restiden är kritisk för tillgängligheten (tröskelvärden) eller i konkurrens med flyg och därmed är avgörande för färdmedelsvalet. Under andra omständigheter kan restidselasticiteten vara oelastisk, det vill säga resenärerna som redan valt bort tåget tycker inte att kortare restid med tåg är fullt så avgörande för färdmedelsvalet.

Den elasticitet som tillämpas i Sverige vid elasticitetsberäkningar bygger också på antagandet att de nytillkomna resenärerna huvudsakligen kommer från bil (Beräkningshandledning, 2009), vilket medför lägre elasticitetstal än om de kommer från flyg. När resenärerna kommer från flyg medför det i sin tur minskat utbud av flygförbindelser som bidrar till att öka restidselasticiteterna för tåget, det vill säga en Mohringeffekt (se avsnitt 2.4).

Priselasticiteten är i de flesta undersökningar oelastisk, men undantag finns. Erfarenheter från TGV i Frankrike visar på klart elastiska värden på längre TGV-sträckor, upp till -1,8. Noterbart är också att en källa visar att elasticiteten är väsentligt högre på längre sikt än på kort sikt – det tar följaktligen tid att bygga upp efterfrågan. Några exempel på förändringar som sker på några års sikt innan en ny jämvikt nås är individernas val av arbetsplats och bilinnehavet (Fröidh, 2003).

Tabell 5. Exempel på efterfrågeelasticiteter för tågutbudet

Utbudsfaktor	*Gäller intervall*	*Elasticitet*	*Källa*
Restid	Restid 2-4 h (topp vid 2,5-3 h tågrestid vid flygkonkurrens)	-1,5- -2,0	Nelldal, 2005b
	Modellberäknad för höghastighetståg i Spanien	-2,4- -2,6	Bel, 1997 Martín&Nombela, 2007
	Restid ca 1 h vid långväga regionalt resande på Svealandsbanan	-1,7- -2,4	Fröidh, 2003
	Sverige, avståndsberoende, övervägande bilkonkurrens 600 km medelreslängd 400 km 200 km	 -1,7- -1,9 [1] -1,0- -1,1 [1] -0,4- -0,5 [1]	Beräkningshandledning, 2009
	IC-tåg i Storbritannien 1996	-0,9	Seabright, 2003 (Wardman)
	IC-tåg i Storbritannien 1991	-0,6- -0,7	Seabright, 2003 (Macket&Nash)
Pris	TGV Sud-Est och TGV Atlantique 2005 (högre på längre sträckor)	-0,9- -1,8	SNCF (ej publicerad)
	Transfer till flygplats i Storbritannien under 1990-talet	-0,6- -0,8	Lythgoe&Wardman, 2002
	IC-tåg i Storbritannien 1996	-0,6	Seabright, 2003 (Wardman)
	IC-tåg i Storbritannien 1992	-0,6 kort sikt -1,1 lång sikt	Seabright, 2003 (Goodwin et al.)
Turtäthet	Sverige, ASEK 4 (generellt)	0,5	Beräkningshandledning, 2009
	10-20 % ändrad turtäthet, Storbritannien	0,3-0,4	DfT National Traffic Model (2002)

1 Beroende av fördelning mellan privat- och tjänsteresor

Turtäthetselasticiteten hamnar i regel i intervallet 0,3-0,5 och är därmed oelastisk. För denna liksom för alla efterfrågeelasticiteter är det dock utgångsläget som är viktigt, och högre elasticitet kan förväntas vid tröskelvärden. Ett tänkbart tröskelvärde är att 2 timmars turtäthet upplevs som

för dåligt för arbetspendling medan 1 timme kan accepteras som indikerats i värdering av turtäthet i en undersökning längs Svealandsbanan (Fröidh, 2003).

För fjärrtrafik med Gröna tåget används nedanstående efterfrågeelasticiteter vid beräkning av förändrat resande.

Tabell 6. Efterfrågeelasticiteter i beräkningar för Gröna tåget

Utbudsfaktor	*Elasticitet*	*Gäller intervall*
Restid	-1,5	2-4 h restid med snabbtåg
	-0,9	Övriga snabbtågsmarknader
Pris	-0,8	Fjärrtågsresor med ca 70 % privatresenärer
Turtäthet (väntetid)	0,3	Upp till 10 % förändring
	0,4	10-30 % förändring
	0,5	Över 30 % förändring

För tågbyten används den empiriska elasticiteten -0,2, det vill säga ett tågbyte minskar resandet med 20 %.

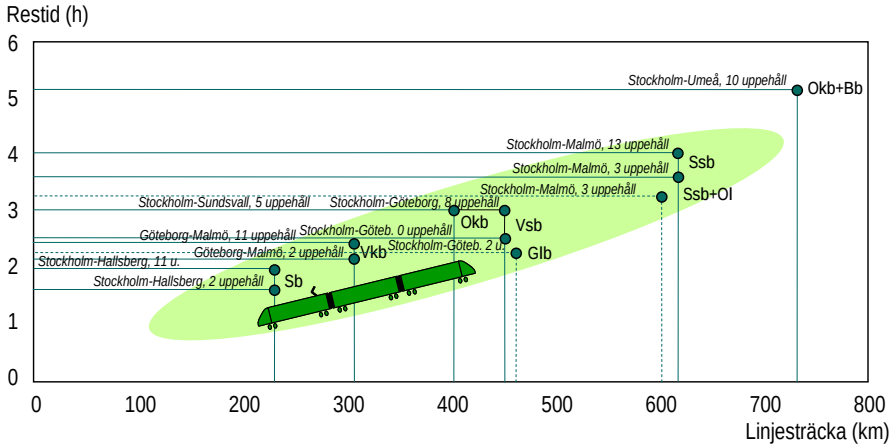
Efterfrågeberäkningar

Gemensamt

Basprognosen 2020 för framtida resande omfattar trafik på ett järnvägsnät om ett decennium där beslutade och pågående projekt färdigställs men utan nya projekt (Nationell plan, 2009). Utgångspunkten för beräkningarna av resande och intäkter är transportproduktionen, antal personkm per år, i Bas 2020.

Prognosen Gröna Tåget 2020 bygger på Basprognosen (Bas) 2020, med den skillnaden att investeringar för högre hastighet, upp till 250 km/h på befintliga banor inklusive vissa kapacitetsutbyggnader ingår (se avsnitt 6.3). Banorna trafikeras också med Gröna tåget istället för basprognosens typtåg 2 (motsvarar ett X2-tåg). Restiderna, turtäthet och biljettpriset är således ändrade.

Beräkning av framtida resande med Gröna tåget sker med hjälp av efterfrågeelasticiteter per bana. Effekter i hela nätverk (järnvägsnätet) ingår således inte, inte heller eventuella multiplikatoreffekter av flera samlade förbättringar som ofta ger betydligt större effekter en än enskild faktor (Fröidh, 2005; Nelldal, 2005b).



Figur 16. Exempel på några sträckor med restider på 1-5 timmar och distanser på 100-700 km i Sverige som Gröna tåget kan trafikera. Streckade hjälplinjer anger trafik helt eller delvis på höghastighetsbana.

Bb: Botniabanan, Glb: Götalandsbanan, Okb: Ostkustbanan, Ol: Ostlänken, Sb: Svealandsbanan, Ssb: Södra stambanan, Vkb: Västkustbanan och Vsb: Västra stambanan.

Intäkten per personkm för snabbtåg ansätts till 1,10 kr/pkm på Västra stambanan, Södra stambanan och Ostkustbanan och Botniabanan i utgångsläget vilket är samma nivå som för X 2000 i en annan prognos (Höghastighetsbanor i Sverige, 2010). För Mälarbanan och Svealandsbanan ansätts den till 0,80 kr/pkm vilket är samma intäkt som för SJ Intercitytåg (Höghastighetsbanor i Sverige, 2010). Det regionala resandet med mer arbetspendling liksom konkurrenstrycket från bilresor motiverar skilda genomsnittsintäkter. För Västkustbanan har här ett värde mellan dessa ansatts, 0,99 kr/pkm. Det motiveras av att ökad andel snabbtågsresande med förbättrat utbud kan ge högre intäkter än vanlig intercitytrafik eftersom utbudet förbättras.

För basprognosens snabbtågslinjer antas att halva kostnadsminskningen med Gröna tåget kommer konsumenterna tillgodo och andra halvan producenten, det vill säga tågtrafikoperatören på Västra stambanan, Södra stambanan och Ostkustbanan och Botniabanan. Gröna tåget kan få 20 % lägre totala kostnader än X2 (X 2000). Det innebär att genomsnittsintäkten sjunker med 10 % till 0,99 kr/pkm vid en lika fördelning av kostnadsminskningen på producenten och konsumenterna.

Å andra sidan kan Gröna tåget medföra en ökad andel fjärresande på banor med regional karaktär, som Västkustbanan, Mälarbanan och Svealandsbanan, genom ett större antal långväga förbindelser. Här har antagits att intercitytaxan 0,80 kr/pkm och taxan på Västkustbanan 0,99 kr/pkm är oförändrad i utredningsalternativet med Gröna tåget.

Stockholm–Göteborg

I basprognosen 2020 ingår fem snabbtågslinjer (linjenummer 6001-6005) på Västra stambanan, varav tre går Stockholm–Göteborg med varierande uppehållsmönster, restid och turtäthet medan två går Stockholm–Borås respektive Stockholm–Uddevalla.

I prognosen Gröna tåget 2020 förlängs en av snabbtågslinjerna (6001) till att gå Uppsala–Stockholm–Göteborg–Halmstad vilket minskar antalet byten för en del resenärer. Sammanlagt ökar turtätheten från 20 till 24 turer per (vardags-) dygn på Västra stambanan. Restiderna förkortas med i genomsnitt 9 % genom hastighetshöjning till 250 km/h där bangeometrin så medger enligt beräkningar för Gröna tåget (Sipilä, 2008). Detta trafikscenario är i princip detsamma som använts i det så kallade Stambanealternativet i utredningen Höghastighetsbanor (2009) men omfattar inte alla där föreslagna kapacitetsutbyggnader av Västra stambanan och ger därmed inte fullt lika korta restider.

Beläggningsgraden sätts till 0,6.

Tabell 7. Stockholm–Göteborg

	Bas 2020	*Gröna Tåget 2020*
Antal snabbtågslinjer	5	5
Tågtyp	Snabbtåg, typ 2 (tågsätt med 300 sittplatser)	Gröna Tåget Wide (tågsätt med 300 sittplatser)
Totalt antal dubbelturer per dag	20 varav 7 med två enheter i multipel	24 varav 10 med två enheter i multipel
Väntetid (medel)	48 min	40 min (-17 %)
Restid (medel)	187 min	170 min (-9 %)
Intäkt (medel)	1,10 kr/pkm	0,99 kr/pkm (-10 %)
Reslängd (medel)	412 km	423 km
Summa resandevolym	1 261 milj pkm	1 656 milj pkm (+31 %)
Summa intäkter	1 387 mnkr	1 640 mnkr (+18 %)

Resultatet av utbudsförbättringarna är 31 % ökat resande med de fem snabbtågslinjerna, varav förkortade restider svarar för 14 procentenheter och lägre biljettpriser för 8 procentenheter. Intäkterna beräknas öka med 18 % eftersom de totala kostnaderna, och biljettpriset, beräknas minska med 10 % vardera per personkm.

Stockholm–Malmö–Köpenhamn

I basprognosen 2020 ingår fem snabbtågslinjer (linjenummer 8001-8005) på Södra stambanan, varav en mellan Stockholm och Köpenhamn via Malmö, tre går Stockholm–Malmö med varierande uppehållsmönster, restid och turtäthet medan den återstående linjen går Stockholm–Jönköping via Nässjö. En av malmölinjerna samt jönköpingslinjen körs endast i högtrafik. Sammanlagt blir det 16 turer per vardagsdygn på Södra stambanan.

Belastningen på mest belastade delsträcka är i genomsnitt 345 resenärer per tåg (linje 8003), vilket är 40 % mer än på Västra stambanan. Tänkbara åtgärder för att möta efterfrågan är till exempel flera avgångar, en annan tågtyp eller förlängda plattformar, eller att dämpa efterfrågan med högre biljettpriser.

I de följande kostnadsberäkningarna ingår i Bas 2020 multipelkopplade tåg av typ 2 med 600 platser (2 enheter) vilka utnyttjar hela plattformslängden. För vissa avgångar skulle det vara önskvärt med flera sittplatser i tåget, men det kan inte tillgodoses och den dimensionerande beläggningsgraden har därför ökats till 0,8 i båda scenarierna. I praktiken förutsätter det attraktiv kompletterande tågtrafik på mellanmarknader främst mellan Stockholm och Östergötland för att utjämna efterfrågevariationer i snabbtågstrafiken längs linjen. Särskilt om Ostlänken byggs accentueras behovet av snabba avlastande tåg.

I prognosen Gröna tåget 2020 ändras upplägget så att av de fem linjerna går två i bastrafik mellan Stockholm och Köpenhamn respektive Stockholm och Malmö med varierande uppehållsmönster. De andra tre linjerna körs enbart i högtrafik, förlängs i norr till Uppsala och har i söder slutstationer i Jönköping, Köpenhamn respektive Kalmar. Det minskar antalet byten för en del resenärer. Sammanlagt ökar turtätheten från 16 till 22 turer per (vardags-) dygn på Södra stambanan. Gröna tåget med breda korgar rymmer erforderligt antal sittplatser vid nuvarande plattformslängd.

Restiderna förkortas med i genomsnitt 9 % genom hastighetshöjning till 250 km/h där bangeometrin så medger enligt beräkningar för Gröna tåget. Med Ostlänken för 320 km/h och hastighetshöjning till 250 km/h söder om Linköping förkortas restiderna med i genomsnitt 17 % (Sipilä, 2008).

Liksom för Västra stambanan är detta trafikscenario i princip detsamma som använts i det så kallade Stambanealternativet i utredningen Höghastighetsbanor (2009) men omfattar inte alla där föreslagna kapacitetsutbyggnader av Södra stambanan och ger därmed inte fullt lika korta restider, inte heller tillräcklig kapacitet för gods- och regionaltrafik på längre sikt enligt nuvarande utvecklingstrend.

Tabell 8. Stockholm–Malmö–Köpenhamn

	Bas 2020	*Gröna tåget 2020*
Antal snabbtågslinjer	5	5
Tågtyp	Snabbtåg, typ 2 (tågsätt med 300 sittplatser)	Gröna Tåget Wide (tågsätt med 300 sittplatser)
Totalt antal dubbelturer per dag	16 varav 13 med två i enheter i multipel	22 varav 14 med två enheter i multipel. Med Ostlänken 22 varav 11 med två och 4 med tre enheter i multipel
Väntetid (medel)	60 min	44 min (-27 %)
Intäkt (medel)	1,10 kr/pkm	0,99 kr/pkm (-10 %)
Utan Ostlänken		
Restid (medel)	275 min	251 min (-9 %)
Reslängd (medel)	399 km	414 km
Summa transportproduktion	1 759 milj pkm	2 284 milj pkm (+30 %)
Summa intäkter	1 935 mnkr	2 261 mnkr (+17 %)
Med Ostlänken		*Linjeförkortning ca 25 km*
Restid (medel)		229 min (-17 %)
Reslängd (medel)		390 km
Summa resandevolym		2 447 milj pkm (+39 %)
Summa intäkter		2 422 mnkr (+25 %)

Resultatet av utbudsförbättringarna utan Ostlänken är 30 % ökat resande med de fem snabbtågslinjerna och 17 % ökade intäkter om biljettpriserna sänks med 10 %. Med Ostlänken ökar snabbtågsresandet med 39 % och intäkterna beräknas öka med 25 % med samma förutsättningar. Ostlänken medför en linjeförkortning på omkring 25 km mellan Stockholm och Linköping vilket i sig minskar de kilometerberäknade intäkterna i kalkylen, men inte nödvändigtvis marknadspriset på biljetterna.

Ostlänkens största effekter på resandet uppkommer dock mellan Stockholm och Östergötland, men det ingår inte i kalkylen för snabbtågsresandet utan förutsätter nya snabba interregionala tåglinjer. Enligt en annan prognos beräknas Ostlänken medföra 12 % ökat resande mellan Stockholms län och Skåne län och 70 % ökat resande mellan Stockholms län och Norrköpings och Linköpings kommuner (Järnvägsutredning Ostlänken, 2008).

(Öxnered–) Göteborg–Malmö–Köpenhamn

På Västkustbanan omfattar basprognosen 2020 ett trafikupplägg med 7 turer med regelrätta fjärrtåg (linje 10001 Göteborg–Malmö) som motsvarar SJ:s trafik 2009, men sammanlagt 32 turer i vardera riktningen (halvtimmestrafik) med motsvarande Öresundståg mellan Göteborg och Halmstad och vidare mot Malmö–Köpenhamn respektive Hässleholm. Basprognosen förutsätter följaktligen att fjärrtrafiken får en underordnad betydelse även i framtiden, trots de kortare restider som blir möjliga av pågående dubbelspårsutbyggnad.

Tabell 9. (Öxnered–) Göteborg–Malmö–Köpenhamn

	Bas 2020	*Gröna Tåget 2020*
Antal snabbtågslinjer	1[1] (+fiktivt omfördelat från Öresundståg)	2
Tågtyp	Tåg typ 1 (+16) (tågsätt med ca 200 sittplatser)	Gröna Tåget Wide (tågsätt med 300 sittplatser)
Totalt antal dubbelturer per dag	7 (+8) varav 0 (5) med två enheter i multipel	16 varav 11 med två enheter i multipel
Väntetid (medel)	64 min	60 min (-6 %)
Restid (medel)	148 min	130 min (-12 %)[2]
Intäkt (medel)	0,99 kr/pkm	0,99 kr/pkm
Reslängd (medel)	173 km	174 km
Summa resandevolym	116 (+404) milj pkm	666 milj pkm (+28 %)
Summa intäkter	172 (+343) mnkr	659 mnkr (+28 %)

[1] Endast linje 10001 i basprognosen, ett tåg utan korglutning som trafikerar sträckan Göteborg–Malmö.

[2] För sträckan Göteborg–Köpenhamn 14 % och Göteborg–Öxnered 5 %

En överströmning av resande från Öresundståg till fjärrtåg kommer dock att ske i praktiken om utbudet med fjärrtåg förbättras med Gröna tåget. Här har en del av basprognosens resande med Öresundståg omfördelats till snabbtågslinjer och Öresundstågtrafiken antas minska från 32 till 24 turer samtidigt som snabbtågstrafiken ökar från 7 till 16 turer i utredningsalternativet.

Snabbtågslinjerna förlängs från Malmö till Köpenhamn, och hälften, 8 turer, även norrut från Göteborg till Trollhättan och Uddevalla. Vidare förkortas restiderna genom hastighetshöjning från 180 km/h utan korglutning till 250 km/h med korglutning med i genomsnitt 14 % på Västkustbanan. Dessutom tillgodoräknas en restidsvinst på linjen Göteborg–Öxnered på 5 minuter för snabbtågslinjen mot Oslo.

Beräkningen ger 28 % ökat resande och lika stor intäktsökning vid konstant biljettpris. Resandeökningen kan förklaras av ganska stora utbudsförbättringar i fjärrtågstrafiken i form av kortare restider och färre byten med genomgående tåg till Köpenhamn och Uddevalla.

Stockholm–Sundsvall–Umeå

I basprognosen 2020 ingår tre snabbtågslinjer på Ostkustbanan Stockholm–Sundsvall (linjenummer 4101, 4102 och 4203), varav en linje fortsätter till Umeå och en till Östersund.

Tabell 10. Stockholm–Sundsvall–Umeå

	Bas 2020	*Gröna Tåget 2020*
Antal snabbtågslinjer	3	3
Tågtyp	Snabbtåg, typ 2 (tågsätt med 300 sittplatser)	Gröna Tåget Wide (tågsätt med 300 sittplatser)
Totalt antal dubbelturer per dag	14 varav 6 med två enheter i multipel	14 varav 10 med två enheter i multipel
Väntetid (medel)	69 min	69 min (±0 %)
Restid (medel)	235 min	212 min (-10 %)
Intäkt (medel)	1,10 kr/pkm	0,99 kr/pkm (-10 %)
Reslängd (medel)	394 km	398 km
Summa resandevolym	1 174 milj pkm	1 484 milj pkm (+26 %)
Summa intäkter	1 291 mnkr	1 469 mnkr (+14 %)

I prognosen Gröna tåget 2020 bibehålls samma trafikupplägg, men ytterligare ett tågpar förlängs från Sundsvall till Umeå så att antalet snabbtågsturer på Botniabanan blir 7 per dygn men som tidigare sammanlagt 14 mellan Stockholm och Sundsvall. Anledningen att turtätheten inte utökas mer är att bankapaciteten begränsas av enkelspårssträckor framför allt på Ostkustbanan som inte möjliggör tätare snabbtågstrafik.

Restiderna förkortas med i genomsnitt 10 % genom hastighetshöjning till 250 km/h där bangeometrin så medger enligt beräkningar för Gröna tåget (Sipilä, 2008).

Den dimensionerande beläggningsgraden har också här satts till 0,8 eftersom prognosen visar på mycket hög belastning på vissa delsträckor. Resultatet av utbudsförbättringarna är 26 % ökat resande med de tre snabbtågslinjerna och 14 % ökade intäkter trots 10 % lägre biljettpriser.

Stockholm–Örebro via Eskilstuna och Västerås

Tabell 11. Stockholm–Örebro

	Bas 2020	*Gröna Tåget 2020*
Antal snabbtågslinjer	3*	3
Tågtyp	Tåg typ 1 (tågsätt med ca 200 sittplatser)	Gröna Tåget Wide (tågsätt med 300 sittplatser)
Totalt antal dubbelturer per dag	32 (många i multipel)	32 (många i multipel)
Väntetid (medel)	30 min	30 min
Restid (medel)	110 min	100 min (-9 %)
Intäkt (medel)	0,80 kr/pkm	0,80 kr/pkm
Reslängd (medel)	82 km	82 km
Summa resandevolym	608 milj pkm	659 milj pkm (+8 %)
Summa intäkter	487 mnkr	527 mnkr (+8 %)

* Basprognosen förutsätter tåg utan korglutning.

Relationen Stockholm–Örebro kan trafikeras antingen norr om Mälaren, på Mälarbanan via Västerås, eller söder om Mälaren, på Svealandsbanan via Eskilstuna. I basprognosens trafikupplägg ingår entimmestrafik Stockholm–Örebro både på Mälarbanan och på Svealandsbanan, där vartannat tåg på Mälarbanan dessutom fortsätter till Göteborg. Utöver denna fjärrtrafik tillkommer mer regional trafik bland annat med förtätning mellan Stockholm och Västerås respektive Eskilstuna.

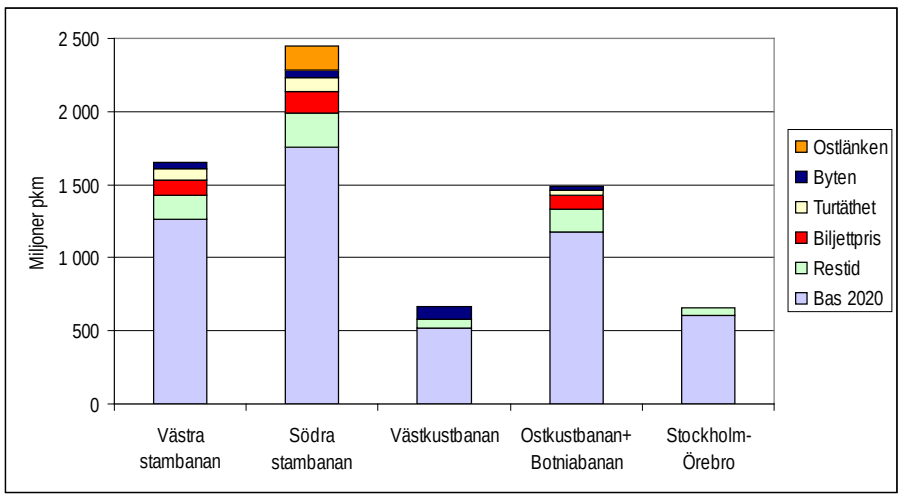
Samma trafikupplägg antas för Gröna tåget, men de tre fjärrtrafiklinjerna trafikeras istället med snabbtåg i 250 km/h som ger i genomsnitt 9 % kortare restider.

Eftersom det är måttliga förbättringar av restiden men ingen annan utbudsfaktor ökar resandet med 8 % vid elasticitetsberäkningar. Det finns dock möjlighet att utveckla trafiksystemet ytterligare och öka andelen fjärrtrafik på både Mälarbanan och Svealandsbanan genom att förlänga flera tåg från Örebro mot till exempel Karlstad, Göteborg eller Jönköping. Svealandsbanans tåg kan dessutom förlängas norrut från Stockholm C mot Arlanda och Uppsala för att bredda marknaden.

Sammanställning av resandeberäkningarna

Tabell 12. Efterfrågan på snabbtågsresor per stråk

Stråk	*Västra stambanan Stockholm–Göteborg*	*Södra stambanan Stockh.–Malmö Utan / med Ostlänken*	*Västkustb.* (se texten) *Göteborg–Malmö*	*Ostkustb.+ Botniab. Stockholm–Umeå*	*Mälarbanan Svealandsb. Stockholm–Örebro*
Resande-volym (milj. pkm/år)					
Bas 2020	1 261	1 759	520	1 174	608
GT 2020	1 656	2 284 / 2 447	666	1 484	659
Skillnad	395	525 / 688	146	310	51
Förändring	+31 %	+30 %/+39 %	+28 %	+26 %	+8 %
Antal resor (miljoner/år)					
Bas 2020	3,06	4,41	3,01	2,98	7,43
GT 2020	3,92	5,52 / 6,27	3,84	3,73	8,05
Skillnad	0,86	1,11 / 1,86	0,83	0,75	0,62



Figur 17. Resande med snabbtåg (miljoner personkm) enligt Banverkets basprognos 2020 (Bas 2020) och ökningar beräknade med efterfrågeelasticiteter för färre byten, ökad turtäthet, lägre biljettpris och kortare restider med Gröna tåget. ”Ostlänken” avser endast nettoeffekten på snabbtågsresandet exklusive marknaden Stockholm–Östergötland.

Västra stambanan, Södra stambanan och Ostkustbanan med Botniabanan

För Västra stambanan, Södra stambanan och Ostkustbanan med Botniabanan ligger ökningarna i snabbtågsresandet mätt i personkm vid införande av Gröna tåget i intervallet 26-31 % enligt beräkningarna, med Ostlänken på Södra stambanan 39 %. Det är effekter av ett förbättrat utbud med kortare restider, lägre biljettpris, ökad turtäthet och något färre byten av en del nya direkta linjer. Det finns också flygkonkurrens på dessa sträckor.

Banorna har i basprognosen 2020 ett acceptabelt snabbtågsutbud, även om prognosen visar att utbudet särskilt på Södra stambanan och Ostkustbanan är snålt tilltaget vilket skulle medföra betydligt flera resenärer i tågen än idag. Det är också uppenbart att resandeökningen på Ostkustbanan skulle bli större om turtätheten kunde ökas.

För Västra och Södra stambanan kan en jämförelse med det så kallade stambanealternativet, det vill säga en omfattande satsning på stambanorna men inga höghastighetsbanor, visa om elasticitetsberäkningarna ger rimligt resultat eller inte. Stambanealternativet innehåller en hastighetshöjning till 250 km/h och ökad kapacitet genom tre- och fyrspårsutbyggnad på flera sträckor, däremot inte Ostlänken på Södra stambanan (Höghastighetsbanor, 2009; Höghastighetsbanor i Sverige, 2010).

I stambanealternativet beräknas transportarbetet längs linjen Stockholm–Göteborg öka med 47 % i Samvipsprognosen, medan det med enbart hastighetshöjning beräknas öka med 31 % med snabbtåg enligt elasticitetsberäkningar. För Södra stambanan längs linjen Stockholm–Malmö beräknas motsvarande tal till 67 % ökning i stambanealternativet respektive 30 % med elasticitetsberäkningar utan Ostlänken och 39 % med Ostlänken.

För att normera resultatet mellan prognoserna kan resandeökningarna räknas om till restidselasticiteter, där ingen hänsyn tas till de andra utbudsförändringarna som är likvärdiga i de båda alternativen. Även restidselasticiteterna blir då likvärdiga och hamnar i intervallet -3,0- -3,7, förutom med Ostlänken där det blir -2,2.

Elasticitetsberäkningarna ger resultat som är jämförbara med prognosberäkningarna för hastighetshöjningen, men effekterna av Ostlänken tycks bli underskattade. En anledning är att Ostlänken ger en förkortad sträcka för snabbtågen som ger en minskning av resandet mätt i personkm och därmed maskerar en del av det tillkommande resandet. En annan anledning är att Ostlänken ger störst effekter på resandet mellan Stockholm, Södermanland och Östergötland som till övervägande del inte ingår i det här definierade snabbtågsresandet utan förutsätter kompletterande trafikutbud.

Tabell 13. Jämförelse mellan elasticitetsberäkningar och prognosmodell

	Gröna tåget	*Stambanealternativet* [1]
Prognosmetod	Efterfrågeelasticiteter	Samvips
Infrastrukturåtgärder	Hastighetshöjning till 250 km/h på befintlig bana. Kapacitet etapp 1, är dock otillräckligt på sikt (se avsnitt 6.3)	Hastighetshöjning till 250 km/h på befintlig bana. Kapaciteten säkras (etapp 1-4) med flera planskilda spåranslutningar och utbyggnad till tre eller fyra spår (se avsnitt 6.3)
Trafikering	*Snabbtågsturer*: Stockholm–Göteborg 24 Stockholm–Malmö 22	*Snabbtågsturer*: Stockholm–Göteborg 24 Stockholm–Malmö 22
Kortaste restid Basprognosen 2020: Stockholm–Göteborg 2:45 Stockholm–Malmö 4:10	Stockholm–Göteborg 2:30 Stockholm–Malmö 3:45 d:o med Ostlänken 3:25	Stockholm–Göteborg 2:20 Stockholm–Malmö 3:25
Ökning resande (pkm) Jmfr. basprognosen 2020	Västra stambanan +31 % Södra stambanan +30 % d:o med Ostlänken +39 %	Västra stambanan +47 % Södra stambanan +67 %
Restidselasticitet [2]	Västra stambanan -3,4 Södra stambanan -3,0 d:o med Ostlänken -2,2	Västra stambanan -3,1 Södra stambanan -3,7

[1] Höghastighetsbanor i Sverige (2010)

[2] Här bortses från andra utbudsförändringar som är likvärdiga mellan alternativen

En generell skillnad är att vid prognosberäkningarna med Samvips studeras alla förändringar i hela prognosområdet som följd av åtgärderna i utredningsalternativet, det vill säga nätverkseffekter, medan det med elasticitetsberäkningar enbart är de studerade snabbtågslinjerna som ingår.

Det stora problemet på Södra och Västra stambanan är dock brist på kapacitet. Konflikterna mellan snabbtågstrafik och gods- och regionaltrafik ökar med ökande tågresande och ökande godstransporter. För att kunna dra nytta av den ökade tillgängligheten som Gröna tåget kan ge med kortare restider och flera turer krävs mer spårkapacitet, antingen i form av höghastighetsbanor eller utbyggnad av de mest belastade sträckorna på stambanorna med flera spår (se avsnitt 6.3).

Västkustbanan och Göteborg–Öxnered

Västkustbanan har få snabbtågsturer i basprognosen men desto fler Öresundstågsturer. Det medför att prognosmodellen fördelar resandet

huvudsakligen på Öresundstågen i kraft av betydligt högre turtäthet med 32 turer jämfört med 7 snabbtågsturer i basprognosen 2020. Snabbtågen beräknas därför i Bas 2020 endast få 12 % av trafikproduktionen, exklusive regionaltåg.

Med kortare restider med snabbtåg kan en överströmning förväntas dels från Öresundstågen, dels från bilresande, som ger ytterligare underlag för turtäthetsförbättringar. Av den anledningen har resandet delvis omfördelats från Öresundståg till snabbtågsresande med Gröna tåget. Under dessa förutsättningar, med 60 % av trafikproduktionen som snabbtågsresor, beräknas ökningen med Gröna tåget bli 28 % genom efterfrågeelasticiteter där kortare restider och genomgående tåg i Göteborg och Malmö svarar för ungefär lika stora andelar.

Här behövs dock en ny prognosberäkning med dessa förutsättningar för att få mer exakta resultat.

I den samhällsekonomiska kalkylen slås Västkustbanan ihop med sträckan Göteborg–Öxnered till ett gemensamt objekt.

Mälarbanan och Svealandsbanan

Sträckan Stockholm–Örebro både via Västerås (Mälarbanan) och via Eskilstuna (Svealandsbanan) har många interregionala arbetsresor och kommer därmed upp i stora resandevolymer som här klassificeras som snabbtågsresor. Gröna tåget är tänkt även för långväga regionaltrafik på dessa banor.

Även i detta fall skulle en ny resandeprognos med andra förutsättningar och utökad fjärrtrafik som blir följden av omfördelning från Västra stambanan behöva göras för att jämställa snabbtågsresandet med de andra banorna.

2.6 Efterfrågevariationer i trafiken

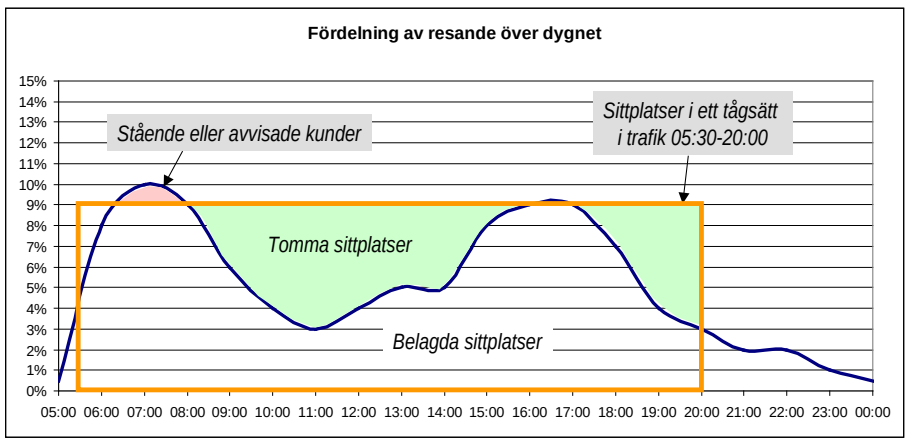
Att styra efterfrågan

Genom intäktsstyrning kan efterfrågan påverkas. Höga priser när tåget börjar bli fullbokat och låga priser när det finns lediga sittplatser påverkar priskänsliga men inte så tidskänsliga resenärer, oftast fritidsresenärer, att välja mindre belastade avgångar. Principerna beskrivs närmare i avsnitt 2.2. Det finns följaktligen möjlighet att utjämna efterfrågan mellan låg- och högtrafik. Vid planering på längre sikt är dock målet att anpassa utbudet av sittplatser inom rimliga gränser till efterfrågan vid varje tidpunkt.

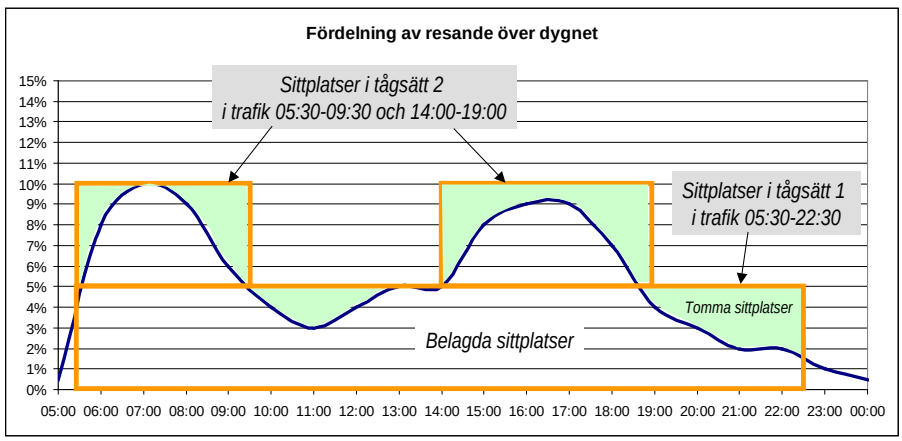
De efterfrågevariationer som sker vid ostyrd efterfrågan är större än vid styrd efterfrågan men samma principer gäller i båda fallen.

Variationer över tiden

En tidsbunden variation i efterfrågan förekommer per säsong, vecka och dygn (Rosenlind, Lind och Troche, 2001). Variationerna i resandet uppkommer av variationer i människors olika aktiviteter. En säsongsvariation är till exempel att det under semesterperioden är få som reser i tjänsten eller till arbetet, men desto fler gör fritidsresor. Liknande fluktuationer förekommer också per vecka och per dygn. För järnvägens del är det följaktligen arbetslivet som påverkar resandet i hög grad.



Figur 18. Trafik med ett fast tågsätt under trafikdygnet. Dygnsvariationerna i efterfrågan är typisk för arbetsrelaterat resande på vardagar, men kan variera i magnitud.



Figur 19. Samma efterfrågekurva som i bilden ovan, men trafik med två tågsätt. Tågsätt 2 kan antingen multipelkopplas eller användas att öka turtätheten i rusningstrafiken om det finns ledig bankapacitet. Beläggningsgraden ökar jämfört med trafik med ett tågsätt, trots ytterligare kvällsturer.

Skillnaden i belastning varierar med resärende och reslängd, men för Gröna tågets vidkommande bör det vara rimligt att räkna med en faktor på 2-3 gånger högre belastning vid högtrafik än lågtrafik, undantag sena kvällar och nätter som har ännu mindre efterfrågan. Arbetsrelaterat resande (tjänsteresande och arbetspendling) ger markanta toppar morgon och eftermiddag måndag-fredag, medan långväga fritidsresande har markerade toppar på eftermiddag-kväll fredag och söndag samt i viss mån lördag förmiddag.

Flera kortare tågsätt kan användas att öka turtätheten jämfört med ett längre tågsätt under förutsättning att det finns ledig bankapacitet. Ökad turtäthet ger flera resenärer när utbudet förändras, vilket gör att efterfrågekurvorna egentligen ser olika ut beroende på turtätheten.

Kortare tågsätt har ytterligare en fördel: flexibilitet. Både vid tekniskt underhåll och ändrade trafikuppgifter under tågets livslängd innebär kortare enheter bättre utnyttjande än ett långt tågsätt.

Variationer per sträcka

Efterfrågan på tågresande varierar beroende på vilken linje som trafikeras, och även utefter linjen. För bedömning av tågens kapacitet ligger elasticitetsberäkningarna för snabbtågsresande i Sverige till grund (se ovan). Utifrån dessa förutsättningar kan antalet resande per avgång på olika linjer i landet beräknas.

I första steget beräknas antalet resenärer i genomsnitt per mest belastade delsträcka för varje tur. Antalet resor är beräknat utifrån årsdygnsresande delat med antalet avgångar. En uppskattad faktor för andel av resenärerna på mest belastade delsträcka kompenserar för påstigande längs linjen som kan använda samma sittplats som en avstigande resenär lämnat.

Tabell 14. Belastning i tågen utan dygns-, vecko och säsongsvariation

GT prognos 2020	*Antal resor per tur* *Hela linjen*	*Andel av resenärerna på mest belastade delsträcka*	*Resande per tur* *Mest belastade delsträcka*
Västra stambanan	255	0,9	230
Södra stambanan	390	0,8	315
Västkustbanan	285	0,8	230
Ostkustbanan	415	0,8	335
Mälarbanan Svealandsbanan	395	0,7	275

I nästa steg beräknas tre nivåer av resande; lågtrafik, normaltrafik och högtrafik. Lågtrafik antas vara alla kvällar, lördag eftermiddag och söndag förmiddag, och även om eventuell nattrafik skulle köras till exempel i Mälardalen. Högtrafik motsvarar morgnar och eftermiddagar måndag-fredag samt söndag eftermiddag, men inte under semesterperioder då bland annat skolloven istället bestämmer högtrafikperioderna. Normaltrafik motsvarar all annan tid under trafikdygnet. Här ingår följaktligen dygnsvariation, veckovariation och säsongsvariation. Antalet resenärer under lågtrafik antas vara 50 % av antalet resenärer under normaltrafik, och under högtrafik 150 % av antalet resenärer under normaltrafik. Dessa siffror varierar i praktiken beroende av hur intäktsstyrning används för att med hjälp av biljettpriserna styra efterfrågan.

Tabell 15. Belastning i tågen med dygns-, vecko och säsongsvariation

GT prognos 2020	*Resande per tur*		
	Lågtrafik (x0,5)	*Normaltrafik (x1,0)*	*Högtrafik (x1,5)*
Västra stambanan	115	230	345
Södra stambanan	155	315	470
Västkustbanan	115	230	345
Ostkustbanan	165	335	500
Mälarbanan Svealandsbanan	135	275	410

Tågstorleken (antal sittplatser) är i sin tur beroende även av beläggningsgraden. Generellt sett ger stort ändpunktsresande (till exempel Stockholm–Göteborg) högre beläggning. Banverket använder i sina samhällsekonomiska kalkyler 60 % genomsnittlig beläggning för snabbtåg (Beräkningshandledning, 2009), medan beläggningsgraden på sträckan Stockholm–Göteborg i praktiken har nått över 70 % vilket innebär över 90 % beläggning i högtrafik.

Stor arbetspendling (till exempel i Mälardalen) ger lägre beläggningsgrader beroende av de större efterfrågevariationerna med en markerad rusningstid. Beräkningshandledningen (2009) anvisar en beläggningsgrad av 40-50 % för regional trafik. Enligt trafikanträkningar i Mälardalsområdet (2007) är det 14 % av tågen som har mer än 80 % beläggning medan medianbeläggningen hamnar i intervallet 40-60 %. Om andelen arbetsrelaterat resande är mindre, det vill säga mindre andelar tjänsteresande och arbetspendling, minskar variationen.

Utgående från Gröna tågets prognos 2020 och antagande om beläggningsgrader kan intervall för lämpliga tågstorlekar för trafik i Sverige bestämmas. Beläggningsgraden har här ansatts till 50 % i lågtrafik, 80 % i normaltrafik och 90 % i högtrafik.

Tabell 16. Tågstorlekar beräknade utifrån belastning

GT prognos 2020	*Lågtrafik* *Beläggning 50 %*	*Normaltrafik* *Beläggning 80 %*	*Högtrafik* *Beläggning 90 %*
Västra stambanan	230	290	385
Södra stambanan	310	395	520
Västkustbanan	230	290	385
Ostkustbanan	330	420	555
Mälarbanan Svealandsbanan	270	345	455

De minsta tågsätten skulle enligt dessa beräkningar ha en ekonomisk storlek på 200-250 sittplatser, dels för trafik under lågtrafiktid på Västra stambanan, Västkustbanan, Mälarbanan och Svealandsbanan, och dels som förstärkning (multipelkoppling) i högtrafik på dessa linjer.

Ett medelstort tågsätt på omkring 300 sittplatser skulle vara mera generellt användbart i fjärrtrafik. Framför allt på Ostkustbanan men även på Södra stambanan beräknas antalet resande per snabbtågstur bli stort. Där kommer en stor andel av tågen att behöva multipelköras om tågstorleken är 300 platser, och möjligen skulle ett större tågsätt på omkring 400 sittplatser kunna övervägas. Nackdelarna är då att flexibiliteten minskar, och om det skulle vara möjligt att sätta in flera turer utöver de som ingår i prognosen kommer 400 sittplatser att vara ett för stort tågsätt för normaltrafiken. En sådan situation skulle till exempel kunna uppstå om två järnvägsföretag börjar konkurrera på samma linje. Av den anledningen rekommenderas att basen i normaltrafik bör vara ett medelstort tågsätt med 300 sittplatser.

Dessa tågstorlekar gäller under förutsättning att järnvägsföretaget arbetar aktivt med att anpassa tågstorleken efter efterfrågan samt också använder intäktsstyrning som ett instrument att utjämna efterfrågan över olika perioder. I annat fall kommer den genomsnittliga beläggningsgraden att minska och behovet av flera sittplatser i tågen att öka. Behov av flera sittplatser i tågen gäller generellt om efterfrågan på tågresor skulle öka plötsligt av någon händelse i omvärlden, till exempel kraftigt höjda bensinpriser eller neddragning av flygtrafiken.

Sammanfattningsvis visar analysen på betydelse av flexibilitet i tågkonceptet. Förutom att snabb till- och frånkoppling och multipelkörning är nödvändig bör också tågsätten kunna förlängas och förkortas semipermanent genom att köpa till mellanvagnar i befintliga tågsätt, eller koppla ur mellanvagnar och konfigurera om fordonsparken.

2.7 Sammanfattning

En analys av resandemarknaderna för långväga persontrafik visar att snabbtåg kommer att ha goda förutsättningar även i framtiden, förutsatt att:

- Restiderna är korta och attraktiva särskilt för tjänsteresemarknaden
- Biljettpriserna är låga särskilt för privatresemarknaden
- Turtätheten är hög särskilt på korta och medellånga sträckor
- God komfort och service kan erbjudas.

Det är följaktligen dessa krav som ska ställas på ett nytt snabbtåg som Gröna tåget.

Tabell 17. Exempel på möjliga restider i Sverige

	Antal uppehåll	*Möjlig restid idag med X 2000*	*Möjlig restid med upprustad bana och Gröna tåget*
Stockholm–Göteborg (455 km)	0	2:45	2:30
Stockholm–Malmö (614 km)	2	4:00	3:35
d:o med Ostlänken (590 km)	2		3:15
Göteborg–Malmö (305 km)	3	2:30	2:15
Stockholm–Sundsvall (402 km)	5	3:20	3:05
Stockholm–Umeå (737 km)	10	5:40	5:05

Not: Hastighetshöjning på befintlig linje utan kurvrätningar. Restiderna förutsätter att kapacitetstilläggen blir samma som idag eller mindre.

Med Gröna tåget i snabbtågstrafik beräknas resandeökningar i storleksordningen 30 % jämfört med dagens utbud i basprognosen 2020 genom kortare restider, ofta också lägre biljettpris och i vissa fall färre byten och högre turtäthet.

Tabell 18. Resandeökningar med Gröna tåget

Stråk *Prognos 2020*	*Västra stambanan* *Stockholm–Göteborg*	*Södra stambanan* *Stockholm–Malmö*	*Västkust-banan* *Göteborg–Malmö*	*Ostkustb.+ Botniab.* *Stockholm–Umeå*	*Mälarbanan Svealandsb.* *Stockholm–Örebro*
Ökning, resande (milj. pkm/år)	+31 %	+30 %	+28 %	+26 %	+8 %

En generellt användbar tågenhet för fjärrtrafik i Sverige och Norden är 300 sittplatser. I många avgångar på stambanorna behöver tågen multipelköras.

Även en mindre enhet på 200-250 sittplatser är användbar för förstärkning under högtrafik och under lågtrafik. En större tågenhet på ungefär 400 sittplatser kan också övervägas men den får mindre flexibel användning på linjer och vid tider när resandet är mindre.

3. Ekonomi för Gröna tåget

Företagsekonomiska beräkningar av tågtrafikens kostnader är viktiga för att kunna utforma tågkonceptet för ekonomisk trafik. I Marknad och trafik har en kostnadsmodell tagits fram för att göra generella analyser av konceptförslag och olika trafikupplägg för Gröna tåget.

3.1 Kostnadsmodellen

Kostnader i tågtrafik

Kostnaderna för tågtrafik är till stor del fasta eller trögrörliga och tidsberoende. Lönsam tågtrafik bygger följaktligen på att generera så mycket intäkter som möjligt när investeringarna väl är gjorda.

De totala kostnaderna kan delas in i kapitalkostnader, tidsberoende och sträckberoende driftkostnader och i omkostnader (administration och försäljning). I Gröna tågets kostnadsmodell räknas dock alla kostnader om till sträckberoende kostnader beroende av trafikupplägg. Samma tågtyp kan följaktligen ge olika resultat beroende på vilket trafikupplägg analysen avser. Avsikten är att få så realistiska beräkningsfall som möjligt.

Kostnaderna har olika tidshorisont, det vill säga de kan påverkas på olika lång tid. Grunden för detta är de olika avtalens giltighet där större belopp medför en större risk (egentligen konsekvens eftersom sannolikheten kan antas vara oberoende av beloppet) och följaktligen är mer långfristiga avtal.

Förbrukningsrelaterade kostnader handlar i regel om standardiserat ”förbrukningsmaterial”, som vatten för tvätt och komfort till tågen, el för tågtrafiken och tåglägen och banavgifter. Dessa kostnader uppkommer i princip omedelbart i samband med förbrukning.

Personalrelaterade kostnader är mer trögrörliga. Det beror i första hand på att personalen behöver ha en viss kompetens vilket kräver utbildning. Anställningsskyddet gör också att personal inte kan minskas utan en viss uppsägningstid eller vidareutbildning. Personalavtal kan utformas olika, men järnvägsföretagets syfte är att tågtrafiken under en viss tågplaneperiod (upp till ett år) ska fungera som planerat. Det finns ofta möjlighet att med kortare tidshorisont hyra såväl fordon som personal men tillgången på lämpliga tåg och kompetent personal är i regel begränsad till att täcka marginella förändringar. Dessutom blir marginalkostnaderna i regel högre för inhyrda än för egna produktionsresurser vid stabila förhållanden.

Underhållskostnaderna har här klassificerats som huvudsakligen personalrelaterade eftersom underhåll förutsätter kompetent personal, men det finns också varierande andelar som är förbrukningsrelaterade eller investeringsrelaterade.

Tabell 19. Tågdriftskostnadernas karaktär

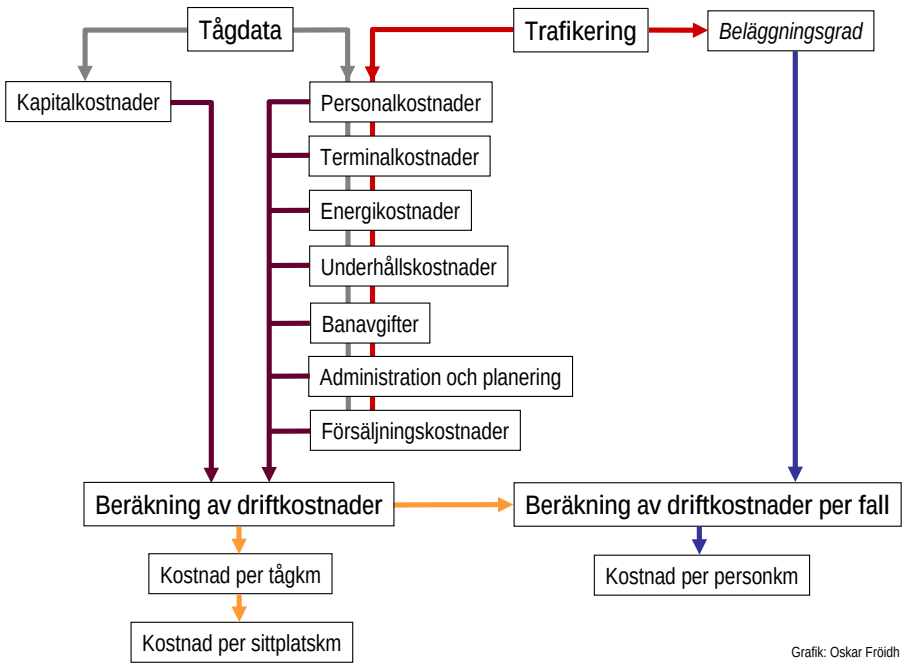
Kostnaders karaktär	*Kostnadspost*	*Enhet*
Förbrukningsrelaterade *Direkta kostnader, uppstår omedelbart*	Terminalkostnader	Kr/tidtabellstimme och fordon (*funktion* av fordonsegenskaper, trafikupplägg)
	Energikostnader	Kr/tågkm (*f* fordon, trafik)
	Banavgifter	Kr/tågkm (*f* fordon, trafik)
Personalrelaterade *Mellanrörliga kostnader, upp till 1 års sikt/en tågplan*	Personalkostnader (åkande personal)	Kr/tidtabellstimme och tåg (*f* fordon, trafik)
	Administration och planering (personal och lokaler)	Andel av alla andra kostnader exkl. försäljningskostnader (kr/tågkm)
	Försäljningskostnader (personal och lokaler)	Kr/personkm (*f* beläggning)
	Underhållskostnader (personal, verkstadslokaler och komponenter)	Kr/tågkm (*f* fordon, trafik)
Investeringsrelaterade *Trögrörliga kostnader på längre sikt än 1 år*	Kapitalkostnader för fordon (förvärv och avyttrande)	Kr/tidtabellstimme och tåg (*f* fordon, trafik)
	Ev fasta anläggningar (ingår ej i modellen)	

Investeringsrelaterade kostnader kräver i regel planering och åtaganden på flera års sikt. Järnvägsfordon är en beställningsvara och omfattar förutom själva fordonet också dokumentation för handhavande och underhåll, och utbildning av personalen. Det tar i regel 2-5 år att få nya fordon i trafik efter beställning, längre tid om det är första beställningen och större serier, och det kan också ta tid att avyttra fordon om det inte just då finns någon köpare. Ett alternativ är att järnvägsföretaget ställer av tillfälligt obehövliga fordon för att ta fram dem

igen när behovet ökar. Fordonen är följaktligen av synnerligen stor strategisk betydelse och medför trögrörliga kostnader på längre sikt än ett år. Även större komponenter för reparationer och underhåll behöver beställas och tillverkas med lång framförhållning.

Tabellen (ovan) visar kostnadernas karaktär och är ett försök att generalisera, men det finns undantag från huvudregeln.

Modellens uppbyggnad



Figur 20. Struktur för Gröna tågets kostnadsmodell.

I delprojektet Marknad och trafik har en kostnadsmodell för persontågstrafik byggt upp. Gröna tågets kostnadsmodell beräknar totala kostnader för tågtrafik i form av generella kostnader per tågkilometer (tågkm). Genom att trafikeringen och beläggningsgrad ingår kan också specifika totala kostnader beräknas som såväl kostnad per sittplatskilometer (sittplatskm) som personkilometer (personkm) för speciella trafikupplägg.

Modellens första version bygger på data insamlade 2005-2007 från tågtrafikoperatörer, Banverket och några andra experter i Sverige. Icke-officiella, kommersiellt känsliga uppgifter är dock ungefärliga. Kostnadsnivån har därefter räknats upp till år 2010, förutom för banavgifterna där en utgåva av Järnvägsnätsbeskrivningen 2011 använts (avses gälla från december 2010).

Kostnadsmodellen är dock ofullständigt validerad i brist på oberoende externa data, vilket gör att resultaten ska betraktas med försiktighet. I Gröna tågets kostnadsmodell kan skillnader mellan olika faktorer förväntas vara mer rättvisande än absoluta belopp. Det fåtal uppgifter som finns tillgängliga visar dock en relativt god överensstämmelse för långväga trafik med persontåg. En källa är Kottenhoffs (1999) modell Tåganalys som ger likvärdiga resultat.

När det gäller regional persontrafik på järnväg finns det väsentliga skillnader i kostnader genom olika trafikproduktion och -upplägg, efterfrågan över tiden och administration och försäljning, men en kalibrering mot kostnader för Upplands lokaltrafiks (UL) Upptåget visar att förhållanden i regionaltrafik går att återskapa relativt väl.

De totala kostnaderna måste vägas mot intäkterna vid jämförelser av ekonomin i trafikuppläggen. I många analyser korrelerar kostnader och intäkter, det vill säga ett billigare alternativ ger färre resenärer och därmed lägre biljettintäkter. Vid varje analys anges hur jämförelserna har gjorts.

Värden i modellen 2010

Kapitalkostnader

I analysen ansätts avskrivningstiden för fordon till 20 år, det vill säga detsamma som SJ AB tillämpar för snabbtåg. Företagsekonomisk effektiv ränta antas till 6,5 % (Samhällsekonomiska principer, 2008).

För persontågsmateriel har en schablon för anskaffningspriser använts. Den är framtagen från uppgifter i fackpressen och gäller vid en valutakurs av omkring 10 svenska kronor per euro. I grundutförande ingår fordon som är anpassade för nordiskt klimat och funktionshindrade resenärer. Två olika hastighetsnivåer anges; dels 200-240 km/h, dels 250-280 km/h. I regel kan den högre hastighetsnivån inkludera trycktrögt utförande för bättre komfort vid gång genom tunnlar förutom ett anpassat löpverk.

Ett exempel är att SJ:s elmotorvagnståg X55 för största tillåtna hastighet 200 km/h består av 3 motorvagnar och 1 mellanvagn utan drivutrustning, och har en förarhytt i vardera änden. X55 saknar korglutningsutrustning och är inrett som ett smalt tåg men Regina har ändå en bred korg som standard. Schablonpriset för ett X55-sätt blir (3 x 25 + 1 x 19 + 2 x 5) x 1,05 = 109 miljoner kr, vilket här avrundas till närmaste femtal miljoner kr (se tabell nedan). Ordersumman för de 20 X55-tågen som beställdes 2008 var 221 miljoner euro (SJ AB, 2008), vilket blir 110 miljoner kr per tågsätt med antagen växelkurs. I detta fall får skillnaden mellan 2008 års och 2010 års penningvärde antas falla inom felmarginalen och överskuggas av eventuella växelkursförändringar.

Tabell 20. Generella schablonpriser (2010) för persontågsmateriel

Fordonstyp	*Sth 200-240 km/h*	*Sth 250-280 km/h*
Grundutförande	(mnkr)	(mnkr)
Ellok eller drivenhet	40	
Mellanvagn utan drivutrustning eller personvagn	19	24
Elmotorvagn (med drivning)	25	30
Tillägg per förarhytt i motorvagnståg/manövervagn	5	5
Tillägg på grundutförande		
Korglutningsutrustning	5 %	5 %
Bred korg inkl inredning	5 %	5 %

Sth: Största tillåten hastighet för fordonet

Gröna tåget kan komma att utformas på fler olika sätt, men här beräknas ett koncept med långa vagnskorgar och antingen bred korg (GTW) eller med kontinental profil som passar för trafik söder om Köpenhamn (GTC). Ett ledat koncept med kortare vagnskorgar och jakobsboggier (GTA) har tills vidare inte beräknats men är också tänkbart.

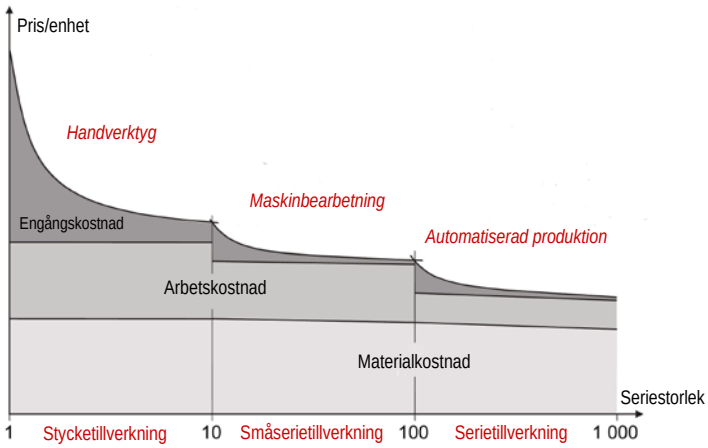
Tabell 21. Schablonpriser (2010) för Gröna tåget och några andra tågtyper

	Antal vagnar i tågsättet		*Lok*	*Tillägg på grundutförande*		*Schablonpris för tågsätt*
	Totalt	*varav drivna*	*eller drivenh*	*Korglutn.*	*Bred korg*	*(mnkr)*
Gröna tåget *250-280 km/h*						
GTW-3	3	2	Nej	Ja (+5 %)	Ja (+5 %)	105
GTW-4	4	2	Nej	Ja (+5 %)	Ja (+5 %)	130
GTC-4	4	2	Nej	Ja (+5 %)	Nej	125
GTC-5	5	3	Nej	Ja (+5 %)	Nej	155
Andra tågtyper *200-240 km/h*						
SJ Regina X55	4	3	Nej	Nej	Ja (+5 %)	110
SJ X2	6	0	Ja	Ja (+5 %)	Nej	165
ÖBB Railjet	7	0	Ja	Nej	Nej	180

GTW: Gröna Tåget Wide; GTC: Gröna Tåget Continental

I beräkningen av schablonpriser bortses från olika inredningsstandard och utrustningsalternativ. Erfarenheten är att seriestorleken och fördelningen av utvecklingskostnader har större betydelse för priset än olika utrustningsalternativ.

De använda priserna gäller grovt vid småserietillverkning, det vill säga seriestorlekar mellan ungefär 10 och 100 enheter. Mindre serier kan ge väsentligt högre styckpris, medan större serier ger lägre styckpris.



Figur 21. Pris per enhet som funktion av seriestorlek, generell princip.

Personalkostnader

Lönerna för åkande personal är tidsberoende (kr/h), men räknas i modellen om till sträckberoende (kr/tågkm) genom att räkna på ett speciellt trafikupplägg. Månadslönen räknas upp med sociala avgifter (60 %) och därefter kostnader för personaladministration (15 %) för att få lönekostnaden. Dessutom tillkommer en faktor, effektiv arbetstid, som avser den del av årsarbetstiden 1440 timmar (inklusive frånvaro oavsett orsak) som är tidtabellagd i tåg och följaktligen inkluderar tjänstgöring utanför tågets tidtabell med uppstart och avställning och övernattningar.

Tabell 22. Kostnader för åkande personal

Yrkeskategori	*Månadslön*	*Effektiv arbetstid*	*Personalkostnad (per tidtabelltimme)*
Lokförare	32 000 kr	60 %	818 kr/h
Ombordansvarig/tågmästare	26 500 kr	70 %	580 kr/h
Annan servicepersonal	21 500 kr	90 %	366 kr/h

Schablonmässigt ingår här i beräkningarna en lokförare i varje tåg, en tågmästare per (påbörjade) 200 sittplatser, och en annan serviceperson i mindre serveringsavdelning och två i större serveringsavdelning. I vissa avgångar med många resenärer och vid lämplig måltidstidpunkt är efterfrågan på förtäring så pass hög att det skulle täcka lönekostnaderna för serveringspersonalen, men det gäller inte generellt (Mägi, 2010-03-08). Här ingår följaktligen de fulla personalkostnaderna för att kunna erbjuda en definierad service för resenärerna i varje trafikupplägg medan nettointäkterna av försäljningen kommer att variera. I praktiken finns det även möjlighet att förstärka med ordinarie tågmästare i serveringen vissa tider, men det förändrar inte lönekostnaderna.

Terminalkostnader

Terminalkostnader avser kostnader för service, som yttre tvättning, städning, vattentryckning och fekalietömning. Dessutom ingår kostnader för spårhyra och värme för uppställning av tågsättet innan nästa avgång vid trafikupplägg med till- och frånkoppling. Här används värdet 150 kr/vagntimme, det vill säga per tidtabellagd timme och vagn.

Energikostnader

Energiförbrukningen beräknas genom att beräkna tågets gångmotstånd, som beror av tågsammansättning, aerodynamik och hastighet. Dessutom ingår i kostnadsmodellen energi för acceleration efter stationsuppehåll samt effekten av återmatning. I regel ansätts 20 % återmatning av intagen elenergi för motorvagnståg men lägre för X2 med drivenhet (11-12 %).

Energiförbrukningen av komfortutrustning som luftkonditionering med värme/kyla, belysning med mera ingår med schablonvärdet 0,5 kWh/vagnkilometer.

Gröna tågets kostnadsmodell har här kalibrerats mot delvis uppmätta värden och modellberäknad energiförbrukning med ERTSim för X2 och Gröna tåget under jämförbara förhållanden (Andersson och Lukaszewicz, 2006; Lukaszewicz och Andersson, 2009).

Energiförbrukningen för ett X2-tåg med drivenhet och sex vagnar med 309 sittplatser och största hastighet 200 km/h är 79 Wh/personkm med två uppehåll på Västra stambanan mellan Stockholm och Göteborg. För Gröna tåget med 300 sittplatser i fyra breda vagnar och största hastighet 250 km/h på samma sträcka förbrukas 49 Wh/personkm. Den minskade energiförbrukningen på 38 % uppnås, trots högre hastigheter, med bättre aerodynamik och kortare tåg som ger lägre gångmotstånd, fördubblad återmatning av bromsenergin från 11 % till 22 %, och i exemplet också högre beläggningsgrad från 55 % till 60 % till följd av ökad efterfrågan och bättre

anpassning av tågstorleken med Gröna tåget. En ytterligare utvecklad version av Gröna tåget för höghastighetstrafik i 320 km/h beräknas förbruka i genomsnitt 60 Wh/personkm på Götalandsbanan mellan Stockholm och Göteborg, vilket är lägre energiförbrukning än dagens X 2000 på Västra stambanan (Lukaszewicz och Andersson, 2009).

Kostnaden för elkraft i tågets strömavtagare antas 2010/2011 vara 72 öre/kWh inklusive skatt, nätavgift och elcertifikat (Järnvägsnätsbeskrivning 2011).

Underhållskostnader

Kostnader för underhåll delas in i fyra olika delar: Lätt underhåll (veckovis), tungt underhåll (tåget taget ur trafik), försäkringskostnader för skador och en kostnad för modernisering och ombyggnad vid tågets halva livslängd. Underhållskostnaderna är delvis hastighetsberoende och ökar med ökande största tillåten hastighet hos fordonet eftersom högre hastigheter ofta kräver mer komplicerade konstruktioner och mindre toleranser.

I kostnadsmodellen antas det lätta, veckovisa underhållet kosta 4 kr/vagnkm för lok/drivenhet respektive motorvagn med drivutrustning, och 2,50 kr/vagnkm för mellanvagn eller personvagn utan drivutrustning.

Underhållskostnaderna är de kostnader som bedöms ha störst osäkerhet i kostnadsmodellen. Av de modellberäknade totala kostnaderna för tågtrafiken svarar underhållet (summan av lätt, tungt, skador och modernisering) i regel för 20-25 %. Av denna andel utgör det lätta underhållet omkring 60 %. Modernisering och ombyggnad efter tågets halva livslängd bedöms kosta 10 % av anskaffningspriset.

Banavgifter

Banavgifterna består av fyra olika komponenter. Tåglägesavgiften antas vara den högre, det vill säga 1,67 kr/tågkm som avses gälla på de största stambanorna Stockholm–Göteborg, Stockholm–Malmö, Göteborg–Malmö och Stockholm–Gävle, men exklusive högtrafikavgiften för storstäderna. I övrigt tillkommer 0,81 kr/tågkm i olycksavgift samt 0,0036 kr/bruttotonkm i spårslitage och 0,0081 kr/bruttotonkm i särskild avgift (Järnvägsnätsbeskrivningen 2011).

Det finns möjlighet att räkna med banavgifter beroende av spårkrafter vilket skulle gynna fordon som orsakar mindre slitage på banan, i första hand genom låga axellaster och mjuka boggier. Denna modell (DeCAySys) används dock tills vidare inte varken av Trafikverket eller i modellberäkningarna.

Administration och planering

Kostnaderna för administration och planering ansätts till 15 % av driftkostnaderna, det vill säga alla de andra kostnaderna förutom försäljningskostnader.

Försäljningskostnader

I modellen antas försäljningskostnader (biljettförsäljning och marknadsföring) i fjärrtrafik uppgå till 0,11 kr/personkm med sittplatsreservation, som antas vara standard i fjärrtrafik. Denna kostnad är följaktligen beroende av trafikupplägget och antalet resenärer i tågen. På sikt påverkar också försäljningskanalerna utfallet och en ökad användning av Internet och mobilbiljetter istället för manuell försäljning och pappersbiljetter sänker kostnaderna. I summan ingår också järnvägsföretagets kostnader för publika utrymmen på stationerna.

Trafikupplägg

Trafikupplägget inkluderar sträcka, antalet uppehåll, restid (tidtabellstid) och uppehållstid på ändstationen innan nästa avgång samt turtäthet. Modellen beräknar därefter sammanlagt antal tågkilometer och erforderligt antal tågsätt för trafiken inklusive 12 % fordonsreserv. Den antagna utsättningen av varje fordon beräknas på ett genomsnittligt fjärrtrafikupplägg exklusive reserv till 290 dagar per år och 14 timmar per dag.

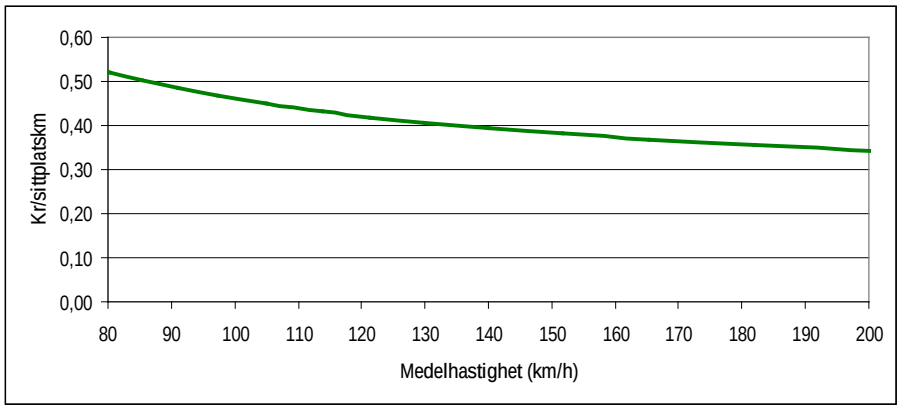
Beläggningsgraden kan varieras enligt önskemål. En nivå som använts i analyserna av fjärrtrafik och bedöms vara ekonomiskt hållbar på längre sikt är 60 % i genomsnitt, vilket även stämmer med samhällsekonomiska kalkyler (Beräkningshandledning, 2009) men är lite lägre än vad SJ uppnår på flera huvudlinjer idag. 60 % bör vara möjligt att uppnå generellt på huvudlinjer med relativt jämn efterfrågan, det vill säga att intäktsstyrning används som ett instrument att öka beläggningen och med en hög andel ändpunktsresande, och anpassat utbud av sittplatser. På sidolinjer och vid stor andel arbetspendling sjunker i allmänhet beläggningsgraden.

Med kortare tågsätt och aktiv till- och frånkoppling kan det i flera fall vara möjligt att uppnå högre teoretisk beläggningsgrad än med fasta, långa tågsätt. I praktiken finns det många faktorer som gör att det är osäkert antagande, bland annat utökad trafik i lågtrafik till följd av lägre fordonskostnader, en kommande avreglering med konkurrerande utbud och att efterfrågan påverkas mer eller mindre kraftigt med intäktsstyrning.

3.2 Generella analyser

Medelhastighet

Medelhastigheten har betydelse dels för produktionskostnaderna och de totala kostnaderna, dels för intäkterna. En hög medelhastighet är mer attraktivt för resenärerna än en låg uttryckt som betalningsvilja för (kortare) restid.



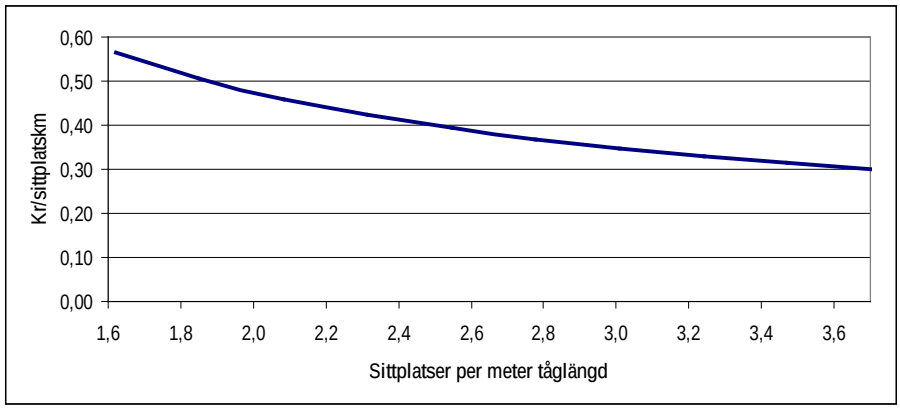
Figur 22. Totala kostnader (kr/sittplatskm) som funktion av medelhastighet för tåget.

I exemplet antas samma tågtyp, samma turtäthet och samma terminaltid oavsett medelhastighet. Med ökande medelhastighet minskar antalet tågsätt för att upprätthålla trafiken, det vill säga omloppstiden minskar. Här bortses från att lägre topphastighet kan medföra billigare tåg eftersom en låg medelhastighet också kan bli följden av en (delvis) dålig bana eller kapacitetsproblem, samt att låg medelhastighet ger mindre resande. Energiförbrukningen skulle öka om samma tågtyp ökade hastigheten, men i regel är det tågtyper som är anpassade för högre hastigheter genom lägre gångmotstånd vilket eliminerar effekten av hastighetsökningar på energiförbrukningen (se Energikostnader i avsnitt 3.1). 100 km/h motsvarar en restid på 4:30 mellan Stockholm och Göteborg (455 km), medan 3 timmars restid motsvarar 150 km/h.

De totala kostnaderna sjunker med ökande medelhastighet genom ökad produktivitet. Kostnadselasticiteten är vid 80 km/h 0,56, det vill säga 10 % kortare restider ger 5,6 % minskade kostnader (kr/sittplatskm). Vid 100 km/h är kostnadselasticiteten 0,5, vid 150 km/h 0,38 och vid 200 km/h 0,34.

Högre medelhastigheter, det vill säga kortare restider, är följaktligen ett effektivt sätt att sänka kostnaderna. Oftast är dock ökade intäkter genom mer attraktivt utbud en ännu större pluspost. Kortare restider är därmed en åtgärd som alltid bör övervägas.

Utrymmesutnyttjande



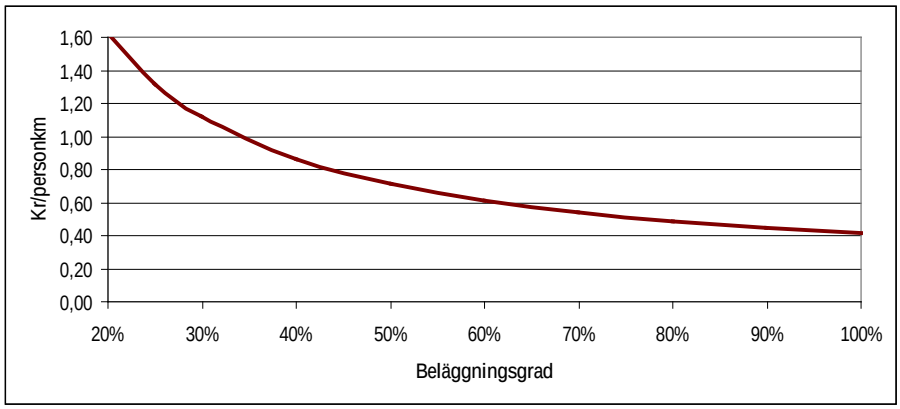
Figur 23. Totala kostnader beroende av utrymmesutnyttjande i tåget mätt i sittplatser per meter tåglängd.

Ett gott utrymmesutnyttjande, det vill säga många sittplatser per meter tåglängd, kan sänka de totala kostnaderna per sittplats. Typiska värden för europeiska motorvagnståg med kontinental korgprofil och komfort för fjärrtrafik är 2,0-2,2 sittplatser per meter tåglängd. Lägre värden har tåg med bara första klass som ligger på 1,5. Dubbeldäckare eller tåg med bred korg brukar ha 2,7-3,0 sittplatser per meter, och de breda Shinkansentågen har 3,3 sittplatser per meter. Det bästa värdet uppnås i de japanska Shinkansentågen JR East E1 och E4 Max som är avsedda för långväga regionaltrafik och är både dubbeldäckade och har bred korg och därmed ger över 4 sittplatser per meter tåglängd.

Det finns ett klart samband mellan utrymmesutnyttjandet och totala kostnader per sittplatskm. I kurvan mellan 2 och 3 sittplatser per meter tåglängd är utrymmeselasticiteten omkring -0,55 vid en steglös anpassning av personalkostnaderna. Det innebär i detta intervall att 50 % bättre utrymmesutnyttjande sänker de totala kostnaderna med 27 % per sittplatskm. Tidigare forskning har gett liknande resultat med en utrymmeselasticitet på -0,5 (Kottenhoff, 1999).

Beläggningsgrad

Antalet resenärer per tillgängliga sittplatser i tåget, eller beläggningsgraden, har stor betydelse för kostnaden per resa. Beläggningsgraden är 100 % när tåget är fullsatt, men de flesta turerna går med flera lediga sittplatser åtminstone på en del av sträckan. Den genomsnittliga beläggningsgraden över dygnet, veckan, säsong eller året och på respektive sträcka är betydelsefull för järnvägsföretagets ekonomi (se kapitel 2).



Figur 24. Totala kostnader i kr per personkm som funktion av beläggningsgrad.

I analysen har tåget samma bemanning oavsett beläggning. I verkligheten kan operatören försöka minska personalkostnaderna om det är få resenärer, men vid ojämn beläggning tillkommer ändå sträckor där full bemanning krävs för att få personalturerna att stämma.

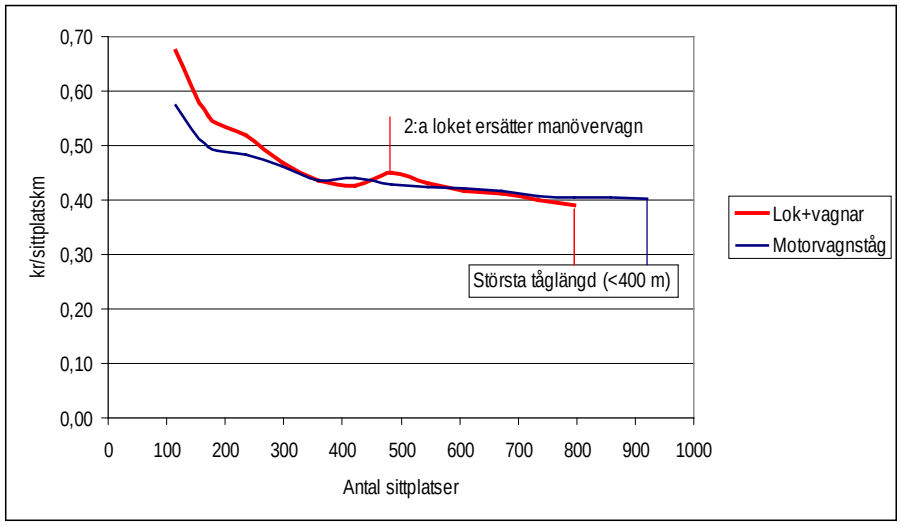
Analysen visar att kostnaden per personkm (eller per resa) kan halveras om den genomsnittliga beläggningen ökar från 30 % till 70 %. Marginalkostnaden för att transportera ytterligare en resenär är följaktligen sjunkande.

En slutsats av analysen är att det är dyrt att köra tomma sittplatser. God ekonomi i tågtrafiken förutsätter hög beläggning. Men beläggningsgraden kan påverkas genom att anpassa utbudet (det vill säga koppla till eller från vagnar eller ändra antalet avgångar) eller påverka efterfrågan. Intäktsstyrning är ett effektivt instrument att påverka efterfrågan genom att lediga sittplatser kan säljas till en (mindre) marginalkostnad.

3.3 Analyser av tågkoncept

Loktåg eller motorvagnståg?

Ett loktåg har drivutrustningen koncentrerad till ett lok eller en drivenhet som saknar utrymme för passagerare. Flera lok kan kopplas in i samma tåg och multipelköras. Ett motorvagnståg har drivutrustningen fördelad på vagnarna med varierande antal drivna vagnar (hjulaxlar) och odrivna vagnar i tåget. Till konceptet är snabbtåget X2 egentligen loktåg, liksom höghastighetståg som TGV Duplex och ICE1 och ICE2, men genom att det är sammanhållna tågenheter med enhetlig design klassificeras de som motorvagnståg i andra sammanhang.



Figur 25. Jämförelse av totala kostnader mellan loktåg och motorvagnståg. Båda tågtyperna har här kontinental korgbredd, samma möblering och saknar korglutning vilket ger samma restider.

Ett jämförbart loktåg och motorvagnståg har samma antal sittplatser i varje vagn, med samma komfort och servicenivå. I den följande analysen har eventuella skillnader i restider eliminerats och typexemplet är beräknat på fjärrtrafik mellan Stockholm och Göteborg (455 km) med 60 % beläggningsgrad och i övrigt helt jämförbara förhållanden. Jämförelsen avser endast tågkonceptet som sådant.

Analysen gjorts för tåglängder upp till 400 m, vilket överensstämmer med den europeiska plattformsnormen för höghastighetsbanor, men det finns många andra både standardiserade och icke standardiserade plattformslängder.

Loktåg antas ha som minimum 2 vagnar och som mest 7 vagnar (inklusive en manövervagn) per lok. Större antal vagnar på varje lok skulle ge ännu lägre kostnader och är möjligt för långsammare tåg. Däremot finns det tekniska problem med att få tillräcklig dragkraft för höga hastigheter. Loktåg med 8-13 vagnar har istället två lok för att få acceptabla restider. Motorvagnståg antas här ha minst 50 % drivna axlar och det ryms upp till 15 vagnar med långa vagnskorgar i tågsättet inom given tåglängd.

Serveringsavdelningen antas ha ett utrymme proportionellt med antalet sittplatser men något mindre area per sittplats för de minsta och de största tågstorlekarna.

Loktågskoncept är som mest ekonomiska med relativt många vagnar per lok. Jämfört med motorvagnskoncept kan loktågen få lika låga eller till och med något lägre (upp till 4 %) totala kostnader med 6-7 vagnar per lok. Loken tar

dock upp utrymme som kunde utnyttjas till sittplatser och ett fullängds loktåg rymmer inte lika många sittplatser som ett lika långt motorvagnståg.

Vid tågstorlekar på upp till 5 vagnar (i exemplet 300 sittplatser med kontinental korgbredd) ger ett motorvagnståg signifikant (1-15 %) lägre totala kostnader än ett loktåg. Över hela längdregistret ger motorvagnståg i genomsnitt 3 % lägre kostnader. Motorvagnståg har också större maximal kapacitet eftersom en större andel av tåglängden utnyttjas för passagerarutrymmen.

Motorvagnståg kan följaktligen rekommenderas för kortare tåg och för tåg som behöver maximal kapacitet inom en given tåglängd, medan det däremellan kan vara andra faktorer som avgör.

Korglutning eller inte?

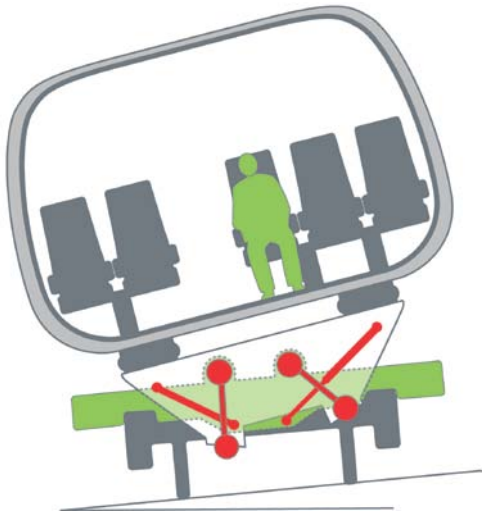
Korglutande tåg ger kortare restider på kurviga banor genom överhastighet i kurvorna. Systemets funktion och effekter beskrivs mer ingående i bland annat Persson (2008).

Det pågår forskning om hur man kan reducera problem med åksjuka som drabbar en del resenärer i korglutande tåg. Omkring 6 % av resenärerna men större andel kvinnor blir åksjuka i X 2000. Andelen varierar med hur korglutningen verkar och en verksam åtgärd är till exempel att minska sidokompensationen jämfört med dagens värden (Förstberg, 1996; Persson, 2008).

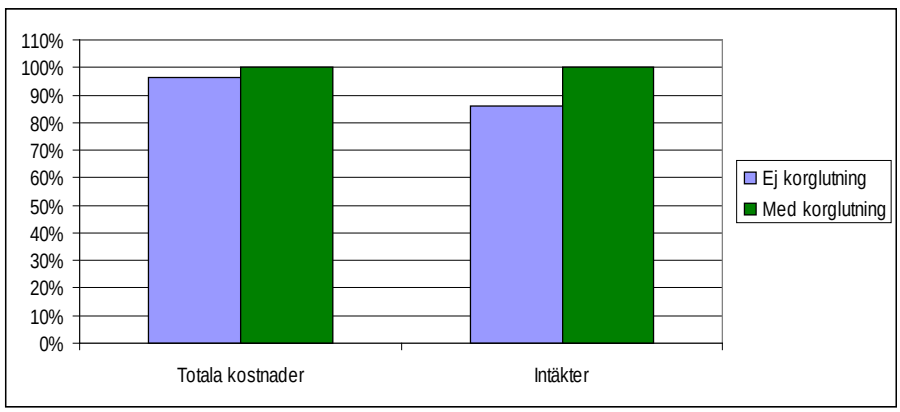
På exempelsträckan mellan Stockholm och Göteborg kan efter banupprustning till 250 km/h ett tåg med korglutning med tre uppehåll köra på 2:45. Ett likadant tåg men utan korglutning behöver ca 17 minuter längre restid, det vill säga 3:02 (Sipilä, 2008). I det här fallet innebär det att det är möjligt att förkorta omloppstiden från 8 h till 7 h, vilket sparar ett tågsätt vid entimmestrafik.

De kortare restiderna genererar flera resor. Om restidselasticiteten ansätts till -1,5 (Nelldal, 2005b) innebär drygt 9 % restidsbesparing en resandeökning på 14 %. På mellanmarknaderna blir det inte fullt lika stor ökning, men vi bortser här från detta eftersom ändpunktsmarknaden dominerar. Biljettintäkterna blir följaktligen 14 % större genom ett mer attraktivt utbud till följd av de kortare restiderna med korglutning. Det blir också ökade trafikeringskostnader när det behövs flera sittplatser i tågen till följd av den ökade efterfrågan, men det ingår inte i exemplet.

Kostnaden för korglutning i anskaffningspris och underhållskostnader är omkring 5 %. Korglutningen ger lägre totalkostnader när den bidrar till färre tåg i omlopp. Den största effekten är emellertid att den ger högre intäkter.



Figur 26. Principskiss på aktiv hydraulisk korglutningsanordning med pendellänkar. Bild från foldern Gröna Tåget, 2009.



Figur 27. Exempel på totala kostnader och intäkter för ett tåg utan korglutning jämfört med korglutning.

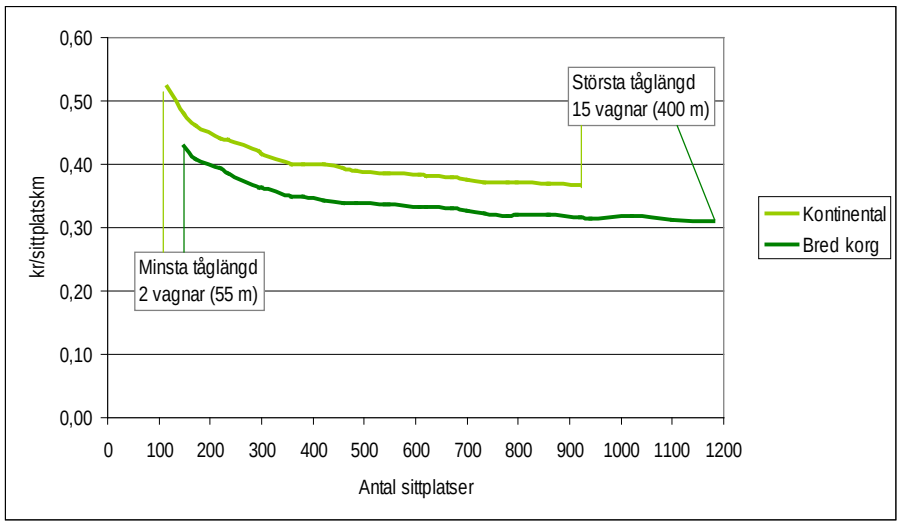
Korglutning kan följaktligen rekommenderas under förutsättning att banan är anpassad för överhastigheter i kurvor.

Breda tåg eller kontinental profil?

Breda tåg möjliggör en möblering med 2+3 sittplatser i bredd (plustecknet markerar mittgången) i ekonomiklass och 2+2 i affärsklass med samma komfort som ett smalare tåg med kontinental profil. Tåget med kontinental profil möbleras 2+2 i ekonomiklass och 1+2 i affärsklass. I genomsnitt rymmer det breda tåget 22 % flera sittplatser per vagn enligt möbleringsstudier, vilket

inkluderar att stolsraderna med tre sittplatser i bredd ges en något längre (7,5 cm) stolsdelning för ökad bekvämlighet (se avsnitt 4.8).

I exemplet inkluderas en serveringsavdelning vars yta i stort sett är proportionell mot antalet sittplatser, med undantag för de allra minsta och de allra största tågstorlekarna som har mindre serveringsutrymme per sittplats. Även serveringsavdelningen blir mera rymlig i ett bredare tåg. Det bredare tåget rymmer dessutom flera sittplatser på en given tåglängd, vilket är en fördel om tåglängden begränsas av tillgänglig plattformslängd.



Figur 28. Jämförelse av totala kostnader mellan ett motorvagnståg med kontinental profil och ett med breda vagnskorgar men i övrigt identiska tåg. Det breda tåget har i genomsnitt 15 % lägre totala kostnader per sittplatskm.

I exemplet antas att anskaffningskostnaden för varje vagn är 5 % högre för det bredare tåget jämfört med det kontinentala, eftersom det bredare innehåller lite mer material och flera sittplatser. Tågets massa per vagn antas ha samma förhållande vilket påverkar såväl banavgifter som energiförbrukning.

Analysen omfattar fjärrtrafik med 60 % beläggning i båda fallen, och allt i övrigt är identiskt mellan tågtyperna.

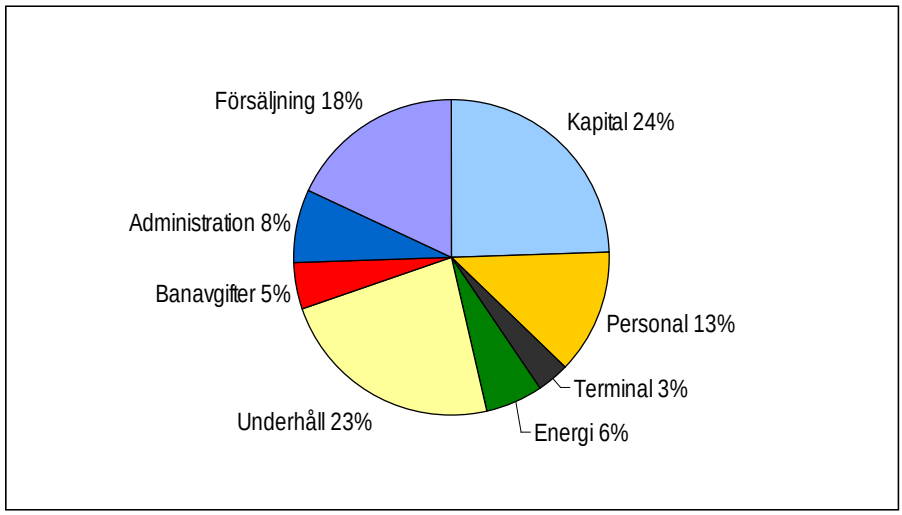
Resultatet av analysen visar att det breda tåget i genomsnitt ger 15 % lägre totala kostnader vid ett givet antal sittplatser som en effekt av att det breda tåget kan göras kortare (färre vagnar). Det ska jämföras med att resenärernas värdering av att sitta tre i bredd i breda tåg i genomsnitt är -2 % av biljettpriset.

Kostnadselasticiteten för utrymmesutnyttjande i motorvagnståg blir i exemplet -0,5 (22 % flera sittplatser ger 11 % lägre kostnader), vilket stämmer med tidigare forskning (Kottenhoff, 1999).

Om de lägre kostnaderna helt tas ut som lägre taxor kan biljettpriserna med breda tåg sänkas med upp till 15 %. Alternativet är att en större eller mindre del av denna kostnadsminskning tas ut som producentöverskott med ökad lönsamhet för järnvägsföretaget. Breda tåg rekommenderas följaktligen som ett sätt att sänka kostnaderna genom ökad produktivitet med bibehållen komfort.

Även dubbeldäckade tåg kan förväntas ge liknande positiva effekter men har inte analyserats i detta projekt då utgångspunkten är att de inte kan utrustas med korglutning.

Kostnader för olika tågkoncept



Figur 29. Fördelning av totala kostnader för Gröna tåget med fyra vagnar och bred vagnskorg (GTW; se tabell 23) beräknade med Gröna tågets kostnadsmodell.

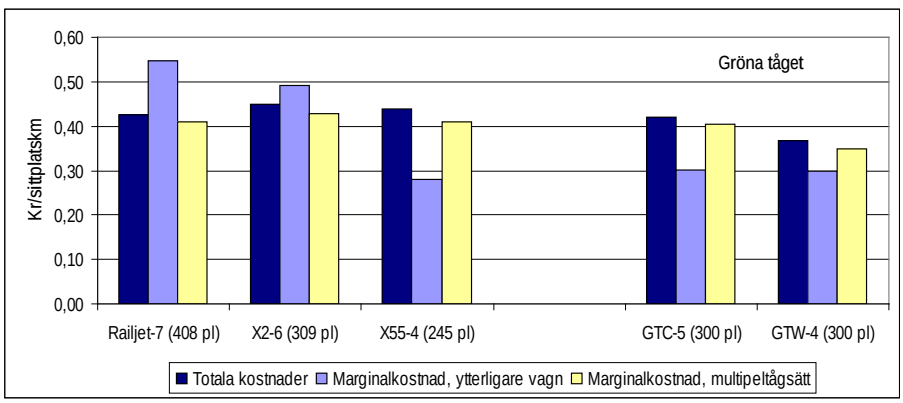
Med hjälp av kostnadsmodellen kan olika tågkoncept analyseras. I exemplet ingår tre olika tågkoncept, ÖBB Railjet med 7 vagnar och ett lok, SJ X2 med 6 vagnar och en drivenhet och motorvagnståget SJ Regina X55 med 4 vagnar. Alla dessa har kontinental eller svensk normal (X55 något bredare) korgbredd med möblering 2+2 i ekonomiklass. Dessutom har två möjliga motorvagnskoncept för Gröna tåget inkluderats som jämförelse, ett med kontinental korgprofil (GTC) med 5 vagnar och ett med breda korgar (GTW) med 4 vagnar. Kostnaderna för anskaffning avser schablonpris 2010, det vill säga ett troligt pris om tågen skulle nybeställas nu.

I såväl totala kostnader som i marginalkostnadsberäkningarna ingår antagande om bemanning (med hela personer) som innebär att vissa tågstorlekar är mer gynnsamma än andra.

Tabell 23. Exempel på tågkoncept

	ÖBB Railjet	*SJ X2-6*	*SJ Regina X55*	*Gröna tåget GTC*	*Gröna tåget GTW*
Koncept	Loktåg (kontinental bredd)	Loktåg (normal bredd)	Motorvagn (normal bredd)[1]	Motorvagn (kontinental bredd)	Motorvagn (bred korg)
Sammansättning	1 lok, 7 vagnar	1 drivenhet, 6 vagnar	4 vagnar varav 3 drivna	5 vagnar varav 3 drivna	4 vagnar varav 2 drivna
Schablonpris 2010	180 mnkr	165 mnkr	110 mnkr	155 mnkr	130 mnkr
Antal sittplatser	408	309	245	300	300
Pris per sittplats	*441 tkr*	*534 tkr*	*449 tkr*	*517 tkr*	*433 tkr*
Korglutning	Nej	Ja	Nej	Ja	Ja
Topphastighet (sth)	230 km/h	200 km/h	200 km/h	250 km/h	250 km/h
Medelhastighet [2]	140 km/h	150 km/h	137 km/h	165 km/h	165 km/h
Totala kostnader					
Kr/tågkm	174	139	107	126	110
Kr/sittplatskm	0,43	0,45	0,44	0,42	0,37
Marginalkostnad för sittplats					
Kr/sittplatskm					
Ytterligare vagn [3]	0,55	0,49	0,28	0,30	0,30
Multipeltågsätt	0,41	0,43	0,41	0,40	0,35

[1] Breda korgar men möblerade som normal bredd (2+2)
[2] Beräknat på Stockholm–Göteborg med fyra uppehåll och upprustad bana
[3] För loktågskoncepten innebär det dessutom ytterligare ett lok/drivenhet



Figur 30. Totala kostnader per sittplatskm för tre existerande tågkoncept och två möjliga tågkoncept för Gröna tåget, samt marginalkostnad för ytterligare en sittplats vid tillkoppling av en extra vagn respektive ett multipeltågsätt.

Alla tågkoncept har räknats i fjärrtrafik, här på sträckan Stockholm–Göteborg, med olika medelhastigheter beroende på korglutning och topphastighet. Banan antas anpassad för tågen med ny största tillåten hastighet på upp till 250 km/h.

Gröna tåget beräknas få lägre totala kostnader än de tre existerande tågkoncepten räknat per sittplatskm, och särskilt alternativet med breda korgar ger en kostnadsbesparing.

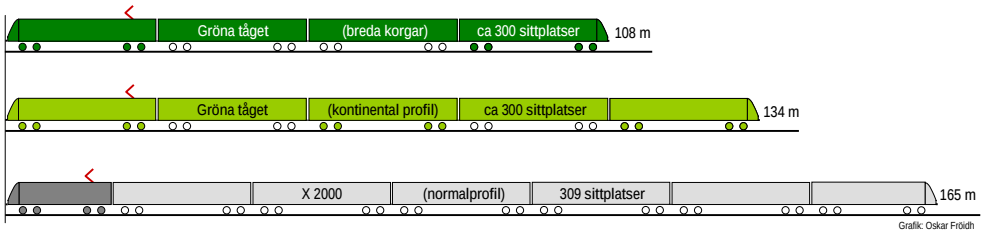
Marginalkostnaden för ytterligare en sittplats i tåget, beräknat på en extra vagn, är väsentligt högre för loktågskoncepten än för motorvagnskoncepten. Det beror på att både ÖBB Railjet och SJ X2-6 antas redan ha maximalt antal vagnar på loket/drivenheten för att få erforderlig dragkraft, och att ytterligare ett lok behövs om en vagn tillkommer. Å andra sidan är marginalkostnaden sjunkande för följande vagnar som kan kopplas in när tåget har två lok. Beräkningen förutsätter att alla motorvagnståg lätt kan förlängas med en vagn och kan därmed sägas missgynna loktågen, men inflexibiliteten är en följd av strävan att nå så god ekonomi som möjligt för loktågskoncepten (maximalt antal vagnar per lok). När marginalkostnaden istället räknas på ett multipeltågsätt av samma typ blir skillnaderna betydligt mindre mellan loktågskoncept och motorvagnskoncept.

Kostnader för Gröna tåget jämfört med X 2000

Konceptförslaget för Gröna tåget med bred korg har jämförts med X 2000 i ett trafikupplägg Stockholm–Göteborg. Utgångsläget är trafik med X 2000 (X2-6) med 20 turer i vardera riktningen, av varav 7 är multipelkopplade. Antalet sittplatser i de båda tågtyperna antas vara lika stort, eller 300 sittplatser per enhet.

Tabell 24. Totala kostnader i fjärrtrafikupplägg

Variabel	*Utbud med Gröna tåget i trafikupplägg Stockholm–Göteborg*	*Kostnadsförändring för GTW-4 jämfört X2-6*
Grundantagande	9 % kortare restider med GTW, omloppstid i bastrafik 7 h istället för 8 h. I övrigt lika som X2 med 8 100 sittplatser/dygn och riktning och kapitalkostnader baserade på schablonpris	-21 %
Restid	Samma restid och omloppstid som med X2	-18 %
Kapitalkostnader	X2 beräknat på 50 % av schablonpris	-1 %



Figur 31. Skillnader i utrymmesutnyttjande mätt som antal sittplatser per meter tåglängd medför att tåglängderna och kostnaderna varierar väsentligt.

Om Gröna tåget används istället för X 2000 blir restiderna i genomsnitt 9 % kortare. Utgångsläget är samma antal turer och lika många sittplatser i tågen, det vill säga utbudet av sittplatser är identiskt. I utbudet ingår såväl multipelenheter som några turer utan uppehåll i högtrafik.

Omloppstiden dimensionerar antalet fordon som behövs i trafikupplägget. Det bekräftas av känslighetsanalysen av kapitalkostnaderna, där nya tåg med höga kapitalkostnader ger högre totala kostnader än gamla tåg utan kapitalkostnader (helt avskrivna). Brytpunkten går i det här fallet vid ungefär 50 % kapitalkostnader beräknade på schablonpriset för nyanskaffning, det vill säga X2-6 avskrivna med 50 % av hela kapitalkostnaden ger samma totala kostnader som helt nya fordon (Gröna tåget).

Exemplet förutsätter att underhållskostnaderna inte påverkas av avskrivningen eller fordonets ålder. I praktiken har äldre fordon som närmar sig sin ekonomiska livslängd stigande underhållskostnader. De genererar i regel också lägre intäkter eftersom de inte är lika attraktiva eller har lika bra prestanda som nya fordon.

3.4 Ekonomiska nyckeltal för konceptförslaget

Intäkter för varje sittplats

Ett högt utrymmesutnyttjande i tåget ger lägre kostnader per sittplatskm. Marginalintäkterna för en sittplats är också möjliga att beräkna.

I ett exempel med ett trafikupplägg med entimmestrafik och enkla tågsätt i varje avgång mellan Stockholm och Göteborg (455 km) rullar varje snabbtågsätt 440 000 km per år inklusive 12 % fordonsreserv. Siffran kan variera bland annat beroende på hur stora efterfrågevariationerna är över dygnet.

Medelintäkten i fjärrtågstrafik uppskattas här till 1 kr/personkm, det vill säga en resa Stockholm–Göteborg genererar 455 kr i genomsnittlig biljettintäkt.

Vid 60 % genomsnittlig beläggning kan följaktligen intäkten för ytterligare en sittplats beräknas till (440 000 x 1 x 0,60 =) 264 000 kr per år och tågsätt. Det förutsätter att efterfrågan är lika hög på marginalen. Skulle den extra sittplatsen förutsätta lägre biljettpris för att uppnå 60 % beläggning sjunker nyttan. 0,50 kr/personkm i medelintäkt, alternativt endast 30 % beläggning på den extra sittplatsen, genererar då biljettintäkter på 132 000 kr per år, sittplats och tågsätt.

Trafikupplägget Stockholm–Göteborg som beskrivits ovan kräver 9 tågsätt. Om tågsätten möbleras effektivt och vardera rymmer 10 extra sittplatser jämfört med vad som annars skulle vara fallet ökar följaktligen de totala biljettintäkterna med 12-24 miljoner kr per år.

Värdet av kortare uppehåll

Avsikten med detta räkneexempel är att peka på vikten av korta uppehållstider och följaktligen kunna göra en avvägning mellan antalet dörrar, den tekniska tiden vid uppehåll och värdet av extra sittplatser i tåget.

Körtidsvärdet

Uppehållstiden vid stationer ingår i körtidsvärdet, som beräknas i den samhällsekonomiska kalkylen (se nedan). Ett generellt företagsekonomiskt värde är 4,7 miljoner kr per körtidsminut och år i ett trafikupplägg, eller 51 miljoner kr per körtidsminut kapitaliserat till fordonets ekonomiska livslängd.

Ett exempel på ett trafikupplägg där uppehållstiderna vid 10 mellanliggande stationsuppehåll kan minskas från 120 s till 90 s ger sammanlagt 5 minuters körtidsvinst per tåg. Det motsvarar ett företagsekonomiskt värde på 23,5 miljoner kr/år eller 255 miljoner kr diskonterat under fordonets ekonomiska livslängd (20 år). Det är med andra ord lönsamt att bygga fordonet så att det kortar uppehållstiderna med 30 s om merkostnaden i anskaffning och underhåll är högst 255 miljoner kr för hela fordonsflottan i trafikupplägget.

Infrastrukturen

Långa uppehållstider för på- och avstigning vid stationerna kan antas bli ett problem vid stora stationer med många resenärer och där den tillgängliga tiden vid plattform är begränsad av kapacitetsskäl. Dimensionerande tid är persontrafikens högtrafikperioder när både antalet tåg och antalet resenärer i varje tåg är som störst. Framför allt gäller det i Sverige Stockholm C, Göteborg C och Malmö C.

Ett exempel på en station som kan antas bli en särskilt problematisk är Malmö C. Citytunneln dimensioneras för drygt 460 tåg/dygn på längre sikt, av varav 48 tåg/dygn antas bli snabbtåg men med okänd fördelning av tåg över

dygnet och maxtimmen (Planbeskrivning, 2007). Skånetrafiken anger att ett önskvärt trafikupplägg ger sammanlagt 16 Öresunds- och Pågatåg samt 3 snabbtåg (två från Södra stambanan och ett från Västkustbanan) per högtrafiktimme i vardera riktningen i Citytunneln år 2037, det vill säga ett tåg var tredje minut inklusive ett reservläge (Tågstrategi 2037, 2008).

Stationen Malmö C nedre utformas med fyra plattformsspår, två i vardera körriktningen. Maximal uppehållstid inklusive teknisk tid och förseningsmarginal kan därmed antas vara 2-3 minuter vid plattform vid saxad infart till båda plattformsspåren. Under den tiden när tåget står stilla ska dörrarna öppnas, resenärer gå av och på, dörrarna stängas och tåget vara avgångsberett.

Alternativet till Citytunneln och Malmö C nedre är säckbangården i banhallen. Problemen med banhallen är dels att den endast medger infart norrifrån och inte i Citytunneln och därmed kräver tågvändning för tåg till och från Köpenhamn, vilket medför sammanlagt 6-10 minuter längre restider. Dessutom ansluts banhallen i plan till ett fyrspårssystem vilket förutsätter korsande tågvägar som starkt begränsar kapaciteten.

Förutsatt att inga ytterligare investeringar i infrastrukturen görs måste följaktligen uppehållstiderna för ett nytt snabbtåg begränsas till 2-3 minuter även vid hög belastning, inklusive resenärer med mycket bagage eller funktionshinder. Annars kan ytterligare två plattformsspår vid Malmö C nedre övervägas, men det kan komma att kosta en eller flera miljarder kronor eftersom bygget skulle bli mycket komplicerat. Som en framtida kapacitetsutbyggnad föreslås därför en planskild anslutning av banhallen och driftbangården i Malmö C (se vidare i avsnitt 6.3).

Det finns följaktligen ett samband mellan anläggningskostnader och uppehållstider. Det samhällsekonomiska värdet av korta uppehållstider, både resenärernas restidsvinst och anläggningskostnader i infrastrukturen, är större än de företagsekonomiska vinsterna för järnvägsföretaget.

Tågets vikt

En analys av hur mycket tågets massa (tjänstevikt) påverkar de totala kostnaderna har gjorts för ett brett motorvagnståg med konventionella långa vagnskorgar i fjärrtrafik. Resultatet pekar på att massan har relativt liten betydelse med en kostnadselasticitet på 0,04 om tåget förutom massan är identiskt. Det är då endast energiförbrukningen och banavgifterna som påverkas.

Om effekten skulle anpassas till massan så att vikt/effektförhållandet är konstant innebär ett lättare tåg med färre traktionsmotorer en kostnadselasticitet på 0,2. Det innebär att ett 20 % lättare tåg får 4 % lägre

totala kostnader av förutom lägre energiförbrukning och lägre banavgifter även lägre kapitalkostnader och lägre underhållskostnader. Alternativet med lika många men svagare traktionsmotorer på ett lättare tåg ligger sannolikt närmare kostnadselasticiteten 0,04 än 0,2.

Låg egenvikt ger således inte någon större besparingspotential i fjärrtrafik med få uppehåll. Däremot sätter axellaster och spårkrafter ett tak för hur mycket fordonet får väga. Besparingar i kostnader för anskaffning och underhåll kan komma i form av till exempel färre boggier per given tåglängd i olika ledade tågkoncept, och i vissa fall förutsätter det då låg egenvikt på korgen och övrig teknisk utrustning för att inte överskrida tillåten axellast.

En implementering av spårkraftsberoende banavgifter skulle dock öka järnvägsföretagets nytta av lägre egenvikt.

3.5 Trafikupplägg

Det finns principiella skillnader i trafiken med långa eller korta tågsätt.

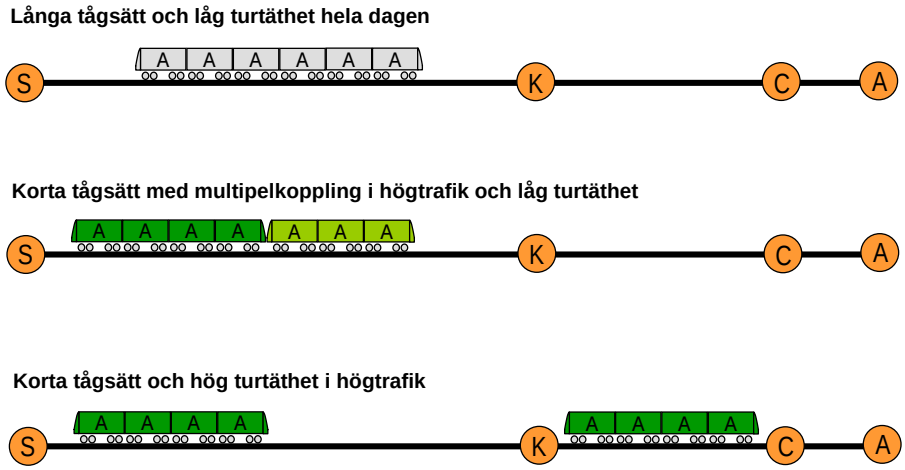
Tidigare beräkningar visar att korta tågsätt på en eller två vagnar är billigare i trafik än längre tågsätt på upp till fem vagnar vid en viss efterfrågekurva i långväga regional trafik. Orsakerna är att utbudet av sittplatser kan variera med efterfrågan och den större flexibiliteten i fordonsanvändningen med korta tågsätt som medger högre turtäthet. Om de korta tågsätten dessutom kan förses med genomgång mellan enheterna som till exempel danska IC/3 (Flexlinerkonceptet) och Öresundstågen kan personalen arbeta mer effektivt och färre konduktörer och serveringspersonal behövs. Det skulle spara ytterligare 6-8 % av driftkostnaderna (Kottenhoff 1999; Effektiva tågsystem, 1997).

I det följande analyseras principiella skillnader med Gröna tågets kostnadsmodell mellan korta och långa tågsätt när det gäller trafikupplägg.

Tågsätt och turtäthet för att möta efterfrågevariationer

Det finns i princip två sätt att möta variationer i resandet för dygns-, vecko- och säsongsvariationer: Turtätheten och tåglängden. Vid stora efterfrågevariationer som i till exempel regional tågtrafik brukar båda metoderna användas.

En konsekvens av att använda långa tågsätt som dimensioneras efter toppbelastning är att den genomsnittliga beläggningsgraden sjunker.



Figur 32. Trafikeringsprinciper att möta variationer i efterfrågan över dygnet, veckan och säsongen. Högre turtäthet ökar efterfrågan och kortare tåg ger lägre kostnader i lågtrafik.

Tabell 25. Trafikering för efterfrågevariationer

	Långa tågsätt	*Korta tågsätt, multipelkopplas i högtrafik*	*Korta tågsätt*
	Låg turtäthet	*Låg turtäthet*	*Hög turtäthet*
Antal turer	15	15 varav 6 i multipel	21 varav 6 insats-turer i högtrafik
Antal sittplatser per dygn [1]	6900	5820	6300
Antal resor per dygn	4100	4100	4700
Beläggningsgrad (medel)	60 %	70 %	75 %
Totala kostnader (index)	100	96	105
Intäkter (index)	100	100	115
Resultat (indexskillnad)	0	+4	+10

[1] I ena riktningen med GTW i tågstorlekar enligt figur

Ökad turtäthet ger flera resenärer och i exemplet med fördubblad turtäthet i högtrafik morgon och eftermiddag antas 15 % ökat resande räknat på hela dygnets resande eftersom tjänsteresande, arbetsresande och skolpendling är relativt känsligt för turtätheten. Det medför att intäkterna ökar mera än kostnaderna för att förbättra turtätheten. Ökad turtäthet förutsätter också att det finns ledig bankapacitet under högtrafiktider.

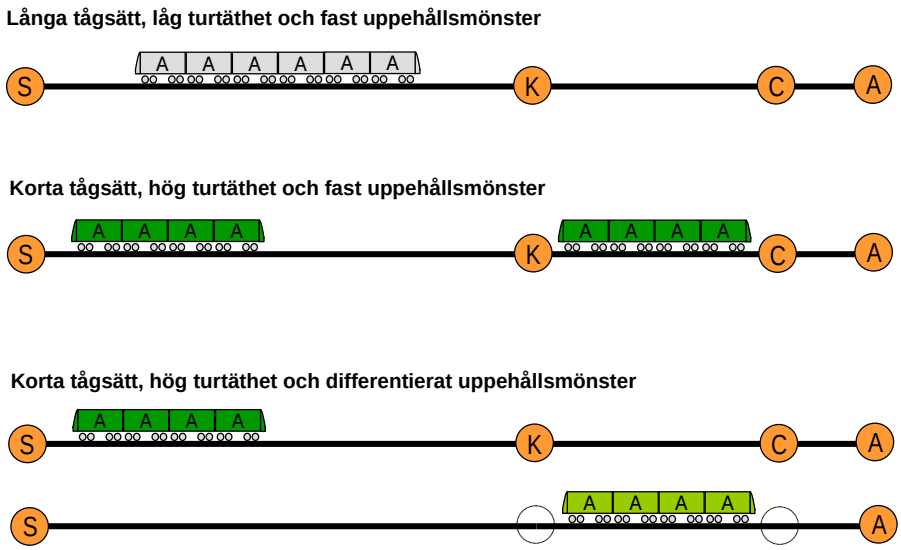
De tillkommande kostnader som blir följden av korta tågsätt är bland annat uppställning av tågsätt i lågtrafiktid. Det behövs också lokförare som kan

genomföra till- och frånkoppling och avställning. Å andra sidan kan dessa tågsätt få skötsel och underhåll mellan insatserna, företrädesvis dagtid. De långa tågsätten behöver istället få skötsel och underhåll nattetid eller genom att vagnreserven utnyttjas dagtid vilket också är en extrakostnad.

Differentierat utbud för mervärde av högre turtäthet

Högre turtäthet kan läggas ut på två principiellt olika sätt; dels att alla tåg stannar enligt samma mönster, dels att tågen har olika (differentierat) uppehållsmönster. Värdet av högre turtäthet på mellanstationerna ska då jämföras med värdet av kortare restid mellan ändpunkterna utan uppehåll, eller de stationer där även de snabbare tågen stannar.

Låg turtäthet förbrukar mindre bankapacitet än hög turtäthet, och enstaka tåg utan uppehåll kan dessutom medföra att kapacitetsläget blir ytterligare ansträngt.



Figur 33. Fast uppehållsmönster eller differentierat utbud med olika uppehållsmönster som ger olika restider.

I räkneexemplet antas resandet öka med 25 % vid fördubblad turtäthet förutom under lågtrafik som sena kvällar, från 15 till 27 turer i vardera riktningen. I exemplet med differentierat utbud antas den kortare restiden på ändpunktsmarknaden attrahera lika många resenärer som man går miste om på mellanmarknaderna i alternativet med hög turtäthet där alla tåg stannar på alla stationer. Det är följaktligen en fråga om hur många uppehåll och vilken efterfrågan som dessa ger respektive som kan vinnas på kortare restider på ändpunktmarknaden.

Tabell 26. Turtäthet

	Långa tågsätt Låg turtäthet	*Korta tågsätt Hög turtäthet*	*Korta tågsätt Hög turtäthet, differentierat utbud*
Antal turer	15	27	15 med och 12 utan uppehåll
Antal sittplatser per dygn [1]	6900	8100	8100
Antal resor per dygn	4100	5100	5100
Beläggningsgrad (medel)	60 %	63 %	63 %
Totala kostnader (index)	100	126	122
Intäkter (index)	100	125	125
Resultat (indexskillnad)	0	-1	+3

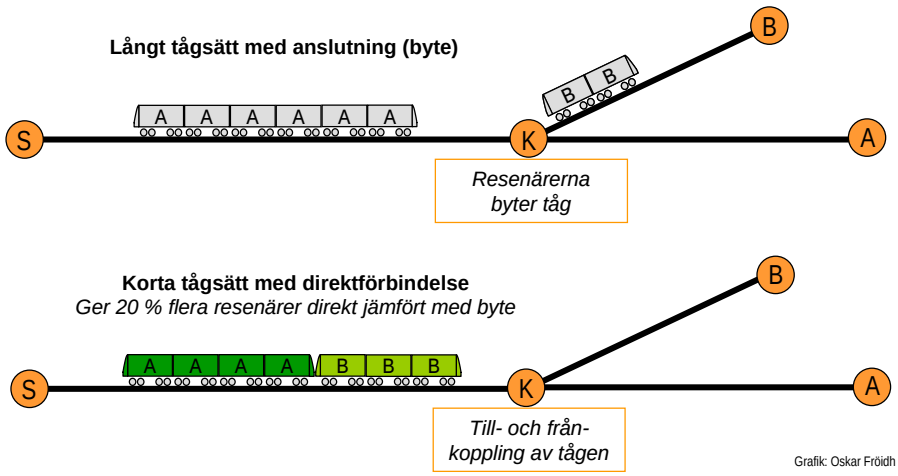
[1] I ena riktningen med GTW i tågstorlekar enligt figur

Resultatet visar att kostnaderna för den ökade turtätheten i princip balanserar de ökade intäkterna. De totala kostnaderna ökar mindre om trafikupplägget differentieras vilket ger ett svagt positivt netto under dessa förutsättningar. Om utbudet minskades ytterligare under lågtrafik eller resandet skulle öka mera än här antaget kan man räkna med en större vinst.

Direktförbindelse jämfört med bytesförbindelse

Det finns möjlighet att koppla isär och ihop två tågsätt vid en knutpunkt, där tågsätten sedan fortsätter till varsin destination. Fördelen är att resenärerna slipper ett byte och kan åka direkt även till den mindre destinationen. Här antas att direkta förbindelser ger omkring 20 % flera resenärer än vid ett tågbyte. Ovana privatresenärer värderar direkttåg högst eftersom de kan koppla av, slipper oroa sig och slipper bära bagage. En tumregel är att ett byte värderas till omkring 30 minuters restid samt bytestiden vid långväga resor, men att även turtätheten och bytesförhållandena har betydelse.

Resultatet visar att direkta tåg lönar sig när det är i det närmaste lika stort resande mellan destinationerna. Vid mer jämnstora relationer genererar den tillkommande direktförbindelsen tillräckligt mycket nytt resande för att ge en nettovinst. I annat fall uppväger knappast de ökade kostnaderna för trafiken de ökade intäkterna av ökat resande med direkta tåg eftersom större tågsätt också (som här) kan innebära minskad beläggningsgrad på någon delsträcka. Nyckelfrågan är att förbättra beläggningen i tågen och slutsatserna kan bli mer positiva med optimerat trafikutbud där tågstorleken är densamma i bytesförbindelsen som i direktförbindelsen.



Figur 34. Byte eller direktförbindelse med till- och frånkoppling. Direkta förbindelser ger ca 20 % flera resenärer jämfört med ett byte.

Tabell 27. Direkta förbindelser

	Tågbyte	*Direkta förbindelser*	
	Olikformig/likformig resande	*Olikformigt resande*	*Likformigt resande*
Antal turer	8	8	8
Andel resor per dygn	A: 67 % alt 50 % B: 33 % alt 50 %	A: Oförändrat B: 33 % x1,2	A: Oförändrat B: 50 % x1,2
Totala kostnader (index)	100	112	108
Intäkter (index)	100	106	110
Resultat (indexskillnad)	0	-6	+2

Några trafikupplägg där till- och frånkoppling av direkta tågdelar som uppfyller de villkoren är:

- Stockholm–Herrljunga–Uddevalla/Borås
- Stockholm–Alvesta–Emmaboda–Kalmar/Karlskrona
- Stockholm–Hässleholm–Helsingborg/Kristianstad
- Stockholm–Sundsvall–Östersund/Umeå

En variant på direkta tågdelar är att koppla av en enhet på en station där efterfrågan minskar påtagligt, och låta den andra tågenheten fortsätta till tågets slutstation. Några tänkbara sträckor är:

- Stockholm–Göteborg (1 enhet avkopplas)–Halmstad
- Köpenhamn–Göteborg (1 enhet avkopplas)–Uddevalla
- Stockholm–Sundsvall (1 enhet avkopplas)–Umeå
- Stockholm–Västerås alt. Eskilstuna (1 enhet avk.)–Örebro

För att trafikupplägget med till- och frånkoppling ska fungera krävs det dels att det tekniskt är möjligt att snabbt koppla på och av enheter, även i vinterväder med snö och isbildning, dels att tågtrafiken är punktlig med få störningar.

3.6 Sammanfattning

Tre faktorer framstår som särskilt viktiga för att få god ekonomi i tågtrafiken;

- Hög beläggningsgrad
- Bra utrymmesutnyttjande
- Hög medelhastighet.

Gröna tåget är ett konceptförslag som tar sikte på att förbättra alla dessa punkter jämfört med existerande tågkoncept. Beläggningsgraden kan förbättras genom att använda relativt korta tågenheter som multipelkopplas när det behövs och därmed minskar andelen tomma sittplatser i lågtrafik.

Utrymmesutnyttjandet ökar med bred korg som rymmer flera sittplatser i samma vagn. Den breda korgen medger 2+3-sittning i ekonomiklass och 2+2-sittning i 1:a klass, vilket minskar de totala kostnaderna per sittplatskm med 15 % jämfört med normal eller kontinental korgprofil.

Hög medelhastighet kan uppnås med god acceleration och korglutning. Korta tågsätt ger intressanta trafikeringsmöjligheter som genererar större intäkter och i vissa fall lägre kostnader, särskilt när beläggningsgraden kan höjas. En förutsättning är att till- och frånkoppling kan ske snabbt och smidigt även i vinterväder.

Den viktigaste slutsatsen är ändå att korta tågsätt är ekonomiskt intressanta så länge efterfrågan (resandet) beaktas. Intäkterna ökar ofta mer än kostnaderna när utbudet förbättras, vilket är möjligt med korta tågsätt.

4. Tågkoncept Gröna tåget

Utformningen av Gröna tåget ska göra det till ett attraktivt snabbtåg för tjänsteresenärer såväl som för fritidsresenärer i alla väder. En bärande idé är den breda vagnskorgen som ger 15 % lägre totala kostnader för tågtrafiken än vagnskorg med normal profil. Ett annat tema är att Gröna tåget ska utformas för att möjliggöra punktliga stationsuppehåll även vid toppbelastning.

4.1 Förutsättningar för tågets utformning

Inledning

I forskningsprogrammet Gröna tåget är målet att ta fram ett attraktivt tågkoncept i form av en konceptspecifikation baserad på företagsekonomiska och samhällsekonomiska bedömningar. Det finns i regel flera olika alternativa lösningar där vissa ibland kan förkastas, men i andra sammanhang kanske föredras. Det är följaktligen viktigt att välja lösning för den kontext den är avsedd, det vill säga för det område och den typ av trafik som Gröna tåget är ägnat.

Som framgår av tidigare kapitel är Gröna tåget tänkt för den nordiska marknaden, med huvudsaklig trafikuppgift i snabb fjärrtågstrafik under dagtid. En grundtanke är att möta den starka konkurrensen från andra färdmedel med ett attraktivt utbud för tjänsteresenärer såväl som fritidsresenärer. Gröna tåget kan med andra ord ses som ett vardagståg som ska fungera i alla väder. Mycket av attraktiviteten för Gröna tåget finns i ekonomin, där såväl korta restider som bra utrymmesutnyttjande ger lägre kostnader och högre intäkter.

Tågkonceptet omfattar flera olika områden:

- Korgbredden (lastprofiler, korglängd, boggicentrumavstånd)
- Tågkonfiguration (korta eller långa vagnskorgar, tåglängd)
- Aktiviteter under resan (service, marknadskoncept)
- Inredning (funktion, huvudmått, disposition, komfort).

Ett attraktivt tågkoncept ska vara både ekonomiskt för järnvägsföretaget och värderas högt av resenärerna.

Funktionshindrade resenärer

Många resenärer har någon form av funktionshinder. Eftersom transportsystemet ska vara tillgängligt för alla behöver funktionen i

tågkonceptet och samverkan med stationer och infrastrukturen samt möjligheterna att få information och service beaktas från början.

De funktionshinder som ska beaktas vid utformning av ett nytt tågkoncept enligt europeiska normer framgår av TSD Tillgänglighet för funktionshindrade (2008). Det gäller rullstolsburna resenärer, resenärer med andra rörelsehinder, resenärer med nedsatt hörsel eller syn, resenärer med nedsatt förstånd eller kommunikationsförmåga samt resenärer med liten kroppsbyggnad. Enligt definitionerna omfattas följaktligen en stor grupp resenärer och inte bara de som traditionellt betraktas som handikappade vid en olämplig fysisk utformning. Till exempel resenärer med tungt eller skrymmande bagage, med barnvagn, gravida resenärer, barn och även besökare som inte kan landets språk räknas i detta sammanhang som funktionshindrade.

En sammanfattning av definitionen av handikapp ger Heinz och Kottenhoff (2001): ”När omgivningens krav är större än funktionsförmågan så uppstår handikapp”.

Vidare är nya CEN-normer för utformning av tåg med tanke på resenärers funktionshinder under arbete (Niklas Henriksson, 2010-06-04).

Tillgängligheten i Gröna tåget behandlas i det följande som en integrerad del i tågkonceptet och redovisas fortlöpande i texten i de delar som är väsentliga för funktionen.

4.2 Säkerhet

Riskvärdering

Gröna tåget, liksom andra tåg, måste uppnå en hög nivå av säkerhet för tågpersonalen, resenärerna, underhållspersonal och andra personer längs järnvägarna. Här ska bara kortfattat beröras några utformningsfrågor som påverkar konsekvenserna av en eventuell olycka.

Sannolikheten för att en olycka ska inträffa ska inte vara högre för Gröna tåget än för andra tåg, och den sannolikheten är redan mycket liten. Det är större risker i normalt vardagsliv än att åka tåg. Däremot måste tåget utformas med säkerhet i åtanke.

Säkerhetsarbetet kan indelas i två huvudriktningar (Brabie, 2007);

- Aktiv säkerhet; metoder som minskar sannolikheten för en olycka som signalsystem, automatisk tågkontroll (ATC/ETCS), inspektioner av hjul och räler etc.
- Passiv säkerhet; metoder som syftar till att minska konsekvenserna när en incident eller en olycka uppstår.

Olycksrisken brukar definieras som produkten av sannolikheten för och konsekvensen av en olycka. Samhällets värderingar av olycksriskerna kan däremot vara skev och det läggs ofta större vikt vid konsekvensen än vid sannolikheten. Tågolyckor är ovanliga men när de trots allt inträffar kan de i enstaka fall bli mycket allvarliga, det vill säga låg sannolikhet och små till stora konsekvenser. Som jämförelse är flygolyckor i regel allvarliga (låg sannolikhet men mycket stora konsekvenser) medan flertalet vägtrafikolyckor är mindre allvarliga (högre sannolikhet men mindre konsekvenser).

I säkerhetskritiska tillämpningar inom industrin och inom järnvägssektorn används riskanalys, där både sannolikheter och konsekvenser identifieras och värderas i syfte att ändra utformningen eller handhavandet för att minska riskerna.

Olycksrisker

Banan

På sträckor där tågets hastighet överstiger 200 km/h måste alla plankorsningar tas bort. Enligt europeiska normer byggs vagnskorgarna alltid för att klara en kollision med föremål som personbilar, men en kollision i hög hastighet med en tung lastbil riskerar att ge stora konsekvenser. Genom att bygga planskilda korsningar som ersätter plankorsningar försvinner det kanske största riskmomentet i järnvägsdrift (Effektiva tågsystem, 1997).

Genom att de banor där Gröna tåget ska köra i allmänhet är utrustade såväl med fjärrstyrt signalsystem som med säkerhetssystem är risken för kollision med andra tåg obetydlig. Däremot kan det finnas en viss risk för påkörning om ett annat tåg har spårat ur och inte står hinderfritt innan trafiken förbi olycksplatsen har stoppats.

Banfel som solkurvor, underminerad banvall eller hinder på spåret vid arbeten, olyckor eller sabotage kan orsaka urspårning, liksom främmande föremål på spåret och andra spårfel. Gröna tåget påverkar inte den risken men en bra utformning kan minska konsekvenserna av en eventuell olycka.

Fordonen

Allvarliga tekniska fel på tågets löpverk som axelbrott, materialfel i hjulet och lagerhaveri, eller nedfallande delar från tåget, kan förekomma och kan i ogynnsamma fall orsaka urspårning. Det går dock att minska konsekvenserna av en incident, eller en olycka, genom att utforma tåget på ett lämpligt sätt. Viktigast tycks vara att tåget stannar i upprätt position på banan och inte välter eller åker av spåret helt och hållet. Brabie (2007) har visat att det är betydelsefullt att boggin utformas så att den följer spåret genom att den kan

kana och styras av rälerna vid en urspårning. Även dämpning av rörelser (styvhet) i boggin, mellan boggi och vagnskorg samt mellan vagnskorgarna har betydelse för tågets beteende vid en urspårning.

Antagonistiska hot

Antagonistiska hot är risken för terrorhandlingar. Det är svårt att förebygga olika terrorhandlingar i ett öppet system. I tågtrafik, med undantag av system med spärrlinjer och någon form av inpasseringskontroll, kan resenärerna röra sig fritt på stationer och i tågen. Någon kontroll av bagaget brukar inte förekomma, varken i omfång eller till innehåll.

Alternativet är ett slutet system i olika nivåer, där biljettkontroll vid spärrlinje som kombineras med genomlysning av bagage är en första nivå. Det förekommer vid höghastighetståg i Spanien och Eurostar London–Paris/Bryssel. Personkontroll och incheckning av bagage som idag förekommer i luftfarten är nästa nivå. Det skulle dock ge nackdelar för resenärerna som lägre tillgänglighet (det tar väsentligt längre tid) och högre kostnader.

En preliminär bedömning är att antagonistiska hot främst påverkar stationsutformningen. Ett slutet system med passerkontroll måste sannolikt införas om risken för terrorhandlingar bedöms som överhängande, även om en effektiv underrättelsetjänst förmodligen är det bästa motmedlet. Däremot kan konsekvenserna av terrorhandlingar, olyckor och bränder minimeras med en genomarbetad utformning av tåget.

Några lättillgängliga källor i denna fråga har dock inte återfunnits, och det material som finns är delvis heller inte allmänt tillgängligt. Frågan om utformning av tåget för att möta antagonistiska hot behandlas inte vidare inom Gröna tåget med hänvisning till att det gäller en allmän säkerhet inom transportsystemet.

Utformning av Gröna tåget

En utformning av tåget som dels förebygger olyckor och bränder genom minskade risker, dels minimerar konsekvenserna av inträffade olyckor är nödvändig. Omfattningen av sådana åtgärder kan dock inte bestämmas på detta stadium i tågkonceptet utan är en fråga som måste detaljstuderas bland annat med riskanalys.

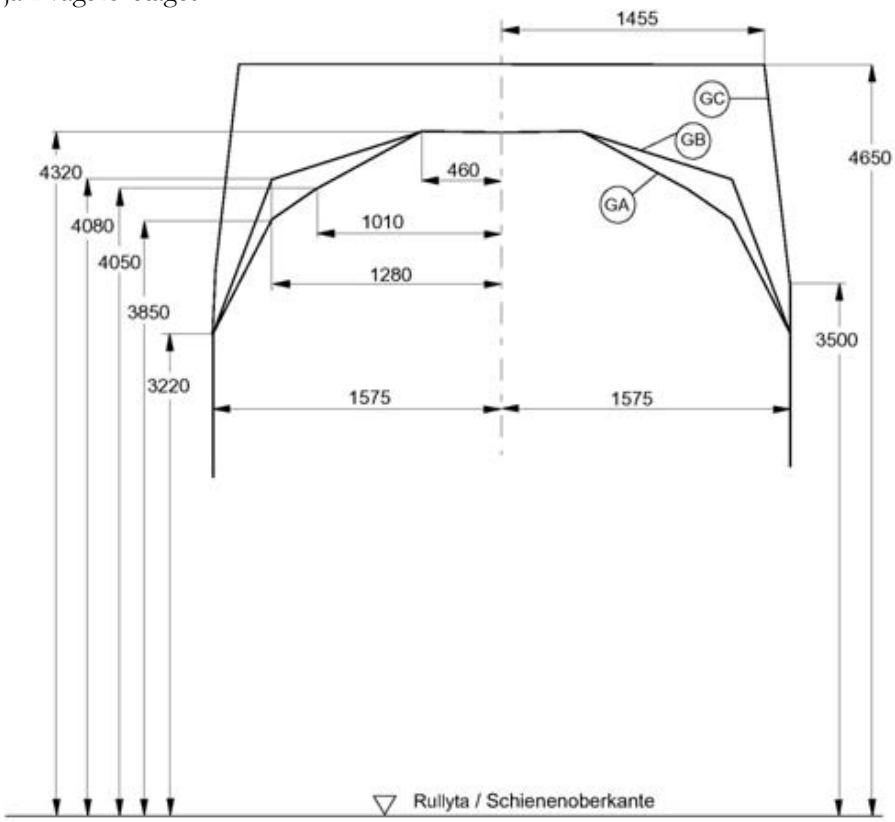
Tågets inre utformning bör göras på ett sådant sätt att konsekvenserna av en olycka eller brand minimeras. I händelse av brand är det viktigt att tåget kan sektioneras för att kunna fortsätta till lämplig plats för räddningsinsatser. Erfarenheter av tidigare olyckor visar att det gäller att hålla personer kvar i vagnarna så att de inte faller ut genom fönstren i olycksögonblicket och att det måste vara enkelt att evakuera dem efter olyckan. Det talar för att fönstren

måste tåla en olycka utan att krossas men att de ska kunna avlägsnas för utrymning, att bagage och kläder ska vara säkrat och ur vägen och att utformningen i övrigt så långt som möjligt ska göras med mjuka former så att personer inte skadas vid en kollision.

4.3 Tågets bredd

Standardiserade lastprofiler i EU

Det finns två goda skäl att utnyttja maximal bredd i tåget: ekonomi och komfort. En lösning med breda tåg som rymmer flera resenärer per tåglängd ger större intäkter med i princip oförändrade kostnader om biljettpriserna anpassas, eller samma intäkter till lägre kostnad. Resenärerna har dessutom en betalningsvilja för god komfort, vilket kan omsättas i intäkter för järnvägsföretaget.



Figur 35. De europeiska lastprofilerna (statiska) GA, GB och GC. Källa: TSD Rullande materiel–godsvagnar, 2006

Regelverket inom EU håller på att harmoniseras även när det gäller järnväg. EU ger ut Tekniska Specifikationer för Driftskompatibilitet (TSD) där normer publiceras. Regelverket stöds av direktivet 2008/57/EG som trädde i kraft i juni 2008 även om det implementeras i svensk lag först under 2010. I kommande versioner av TSD hänvisas för tekniska normer i regel till europanormerna (EN).

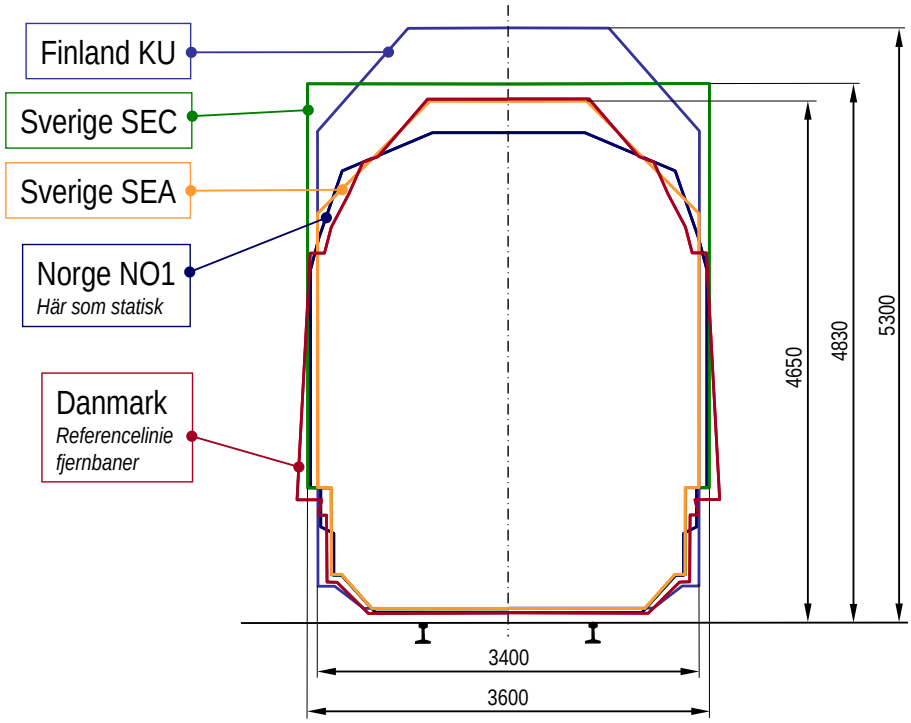
Hos de flesta infrastrukturförvaltningar i Europa används lastprofilerna G1, G2, GA eller GB, och vid nyanläggning GC. Lastprofilerna har samma maximala bredd men skiljer i övre delen där GC är mest generös. GC klarar 4,0 m höga lastbilstrailrar lastade på specialvagnar och dubbeldäckade personvagnar med full takhöjd även i hörnen på övervåningen, men däremot inte breda tåg. De europeiska lastprofilerna fordrar dessutom att längre vagnskorgar görs smalare än den visade profilen (och smalare än kortare vagnskorgar) eftersom en stor del av kurvutslaget ligger på fordonet och inte i banan. Dimensionerande för fordonsbredden är ofta spåravståndet som i Europa kan vara 4,0 m eller till och med några decimeter mindre (i Sverige i regel 4,5 m) mellan parallella spår på linje och bangårdar, i kombination med skarpa kurvor.

Statiska profiler anger vagnens mått, medan kinematiska är något större och även innehåller de flesta av vagnens rörelser under gång. Ett fordon med små fjädringsrörelser kan följaktligen göras något bredare eller högre än ett fordon med stora fjädringsrörelser och det totala tillägget i den kinematiska profilen är 50 mm på höjden (TSD Rullande materiel–godsvagnar, 2006). Det kan utnyttjas i Gröna tåget bland annat genom systemet Active Lateral Suspension (ALS) som ställer vagnskorgen i spårets mittlinje även i kurvor. Genom minskat kurvutslag medger därmed ALS omkring 10 cm bredare vagnskorg än fordon utan ALS.

Lastprofiler i Norden

I de nordiska länderna finns bredare nationella lastprofiler som bara delvis ännu är införda i TSD (TSD anger i regel minimimått). En principiell skillnad är att man i Sverige, Norge och Finland dessutom har flyttat ut föremål från banan i kurvor vilket gör att det för längre vagnskorgar, som konventionella personvagnar och motorvagnar, inte gäller samma begränsningar på bredden som i de europeiska standardprofilerna.

I Sverige har Banverket och i Norge Jernbaneverket systematiskt arbetat med att utvidga lastprofilen efter önskemål från både gods- och persontrafikoperatörer.



Figur 36. Statiska lastprofiler i Norden, förutom Danmark där det fria rummet, referenslinjen för fjärrtågsbanor (kinematisk) anges.

Sverige

Breda tåg med en yttre korgbredd på upp till 3,60 m är möjligt i Sverige, med förbehållet att vissa spår inte klarar den bredden utan åtgärder. En sådan sak är att stoppunkten för hinderfrihet, det vill säga var tågen kan stå fritt på spår som går ihop i växlar, behöver flyttas på många stationsspår. Det finns också enstaka föremål som behöver tas bort eller flyttas ut från spåret på de sträckor som ännu inte har lastprofil SEC införd. I kommande TSD-utgåvor införs lastprofilerna SEA som medger en yttre bredd på 3,40 m och SEC med 3,60 m (statiskt) vilka finns beskrivna i EN15273-2:2009 (TSD Locomotives and passenger rolling stock, förhandsutgåva 2010). Avsikten är att fordonsprofilerna SEA och SEC också ska införas i TSD för kommande höghastighetsbanor i Sverige (Sollander, 2009-11-04).

Norge

Även i Norge är breda tåg möjligt med ungefär samma förbehåll som i Sverige. Den maximala bredden i lastprofilen NO1 är 3,60 m (Network statement 2010) men det fordrar vidare utredning för att klarlägga hur mycket av denna bredd som kan tillgodoräknas vagnskorgen på ett brett fordon.

Danmark

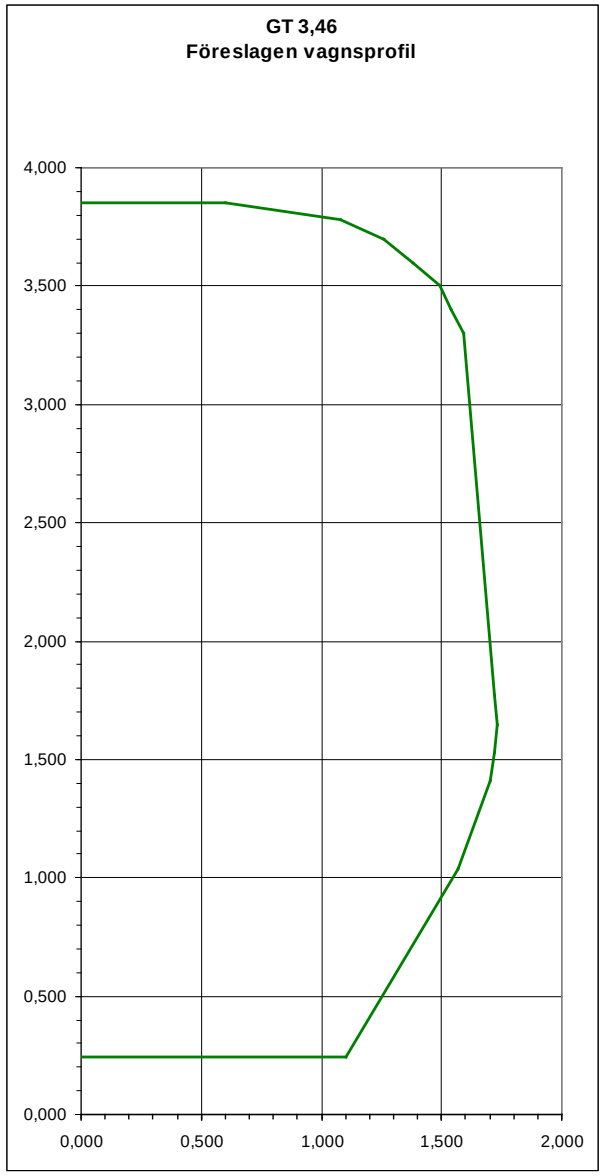
De befintliga lastprofilerna på Banedanmarks nät, referencelinie for fjernbaner respektive lastprofil G2 enligt TSD, medger inte breda tåg. Det blir inskränkningar främst i området mellan plattformshöjd och lastkajshöjd samt i fordonens övre hörn. Däremot medger det fria rummet som dimensionerar utrymmet längs banorna breda tåg på större delen av det danska järnvägsnätet. Ett exempel är S-tågen i Köpenhamn som är Europas bredaste tåg med en yttre korgbredd på 3,60 m. Förutsättningen är att vagnskorgarna är extremt korta och därmed ger väsentligt mindre kurvutslag än en konventionell personvagn.

Liknande möjligheter finns på fjärrtågsbanorna vilket framgår av referenslinjen i figuren. Den yttre korgbredden skulle med hänsyn till det fria rummet behöva begränsas till ca 3,35 m vid en lång vagnskorg med 19 m boggicentrumavstånd för att vara generellt användbar i Danmark, vilket dock ger för liten invändig bredd för att svara mot Gröna tågets komfortmål.

Beräkningar av Banedanmark (Hansen 2007-06-08) visar att en Reginaprofil, dock med 15,0 m boggicentrumavstånd, kan framföras inom det danska fria rummet. Reginaprofilen med det korta boggicentrumavståndet passar ganska väl i fria rummet, med några centimeters marginal i plattformshöjd men på gränsen i det kritiska området 3,45-3,70 m över rälsöverkant.

Vid kontakter med Banedanmark har det framkommit att en lång vagnskorg med en yttre korgbredd på 3,46 m (vilket är det största måttet som kan accepteras med hänsyn till det okända spåravståndet) och 19 m boggicentrumavstånd skulle kunna framföras över Öresundsförbindelsen till Köpenhamn H. En förutsättning är att vissa föremål i spårets närhet tas bort eller flyttas ut. Korgprofilen behöver också vara smalare över taket (ovanför fönstren) än dagens Reginakorg för att minska konflikterna med fasta föremål. Däremot blir det problem på resten av det danska bannätet och särskilt genom tunneln omedelbart norr om Köpenhamn H mot Österport station (Holme Højfeldt, 2008-12-08).

I ett tidigare skede undersökte Banedanmark vilka åtgärder i infrastrukturen som skulle vara nödvändiga för att kunna framföra breda tåg i Danmark som specialtransport, det vill säga förenat med vissa villkor. En preliminär studie för elektrifierade persontågsspår på sträckorna Öresundsförbindelsen–Köpenhamn H–Österport och Köpenhamn H–Fredericia med korgprofilerna GT 3,45 (det vill säga 3,45 m största yttre korgbredd) och GT 3,60 visade att det kräver ett antal åtgärder i infrastrukturen. Det handlar om bland annat några ombyggda broar, flyttning av signaler med mera (se tabell).



Figur 37. Korgprofil GT 3,46 för Gröna tåget med 3,46 m yttre bredd och 19,0 m boggicentrumavstånd som Banedanmark undersökt och meddelat att den under vissa villkor skulle kunna framföras på sträckan Kastrup (Öresundsförbindelsen)–Köpenhamn H.

Det största hindret är dock egentligen spåravståndet mellan närliggande spår som är okänt och medför villkoret att två breda tåg inte får möta varandra på närliggande spår. För att kunna konstruera en ny lastprofil behöver spåravståndet mätas in och eventuellt ökas i vissa kurvor. Notera att det här

inte specificeras några särskilda restriktioner för sträckan Köpenhamn H–Österport (Hansen, 2008-10-10).

Tabell 28. Exempel på åtgärder i infrastrukturen i Danmark

Antal objekt	*Profil GT 3,45*	*Profil GT 3,60 utöver för GT 3,45*
Byggnader (inkl teknikhus)	0	+8
Broar	4	+1
Kontaktledningsstolpar	2	+0
Signaler	75	+14
Andra mindre föremål	3	+8

Not: Gäller som specialtransport på sträckorna Öresundsförbindelsen–Köpenhamn H–Österport och Köpenhamn H–Fredericia. Med tanke på att spåravståndet är okänt får inte ett brett tåg möta ett annat brett tåg på närliggande spår. Källa: Hansen, 2008-10-10

Begränsande för korgbredden 3,46 m är det dimensionerande spåravståndet 4,0 m i kombination med kurvradier på 250 m eller mindre. Till saken hör att Banedanmark av historiska skäl i allmänhet inte känner till spåravståndet på bannätet. Det är därför oklart om den dimensionerande kombinationen av litet spåravstånd och liten kurvradie verkligen uppträder på Köpenhamn H eller på berörda spår, och vilka åtgärder som i så fall skulle behövas för att eventuellt öka spåravståndet. Det finns därför en möjlighet att ett tåg med långa vagnskorgar bredare än 3,46 m skulle kunna framföras till Köpenhamn H.

I den händelse Gröna tåget kan utformas med kortare vagnskorgar med jakobsboggier eller i ett semitrailerkoncept kan korgbredden i alla händelser ökas jämfört med långa vagnskorgar. Korgen kan till exempel göras 136 mm bredare med samma kurvutslag vid 15,0 m boggicentrumavstånd jämfört med 19,0 m boggicentrumavstånd vid en dimensionerande kurvradie på 250 m.

För att komma vidare i frågan planeras inom Gröna tåget en utredning under 2010 som kan komma att innehålla inmätning av spår på Köpenhamn H.

Finland

Lastprofilen i Finland medger 3,40 m breda fordon. Normalsektionen för fria rummet är dock hela 5,00 m bred (Beskrivning av Finlands bannät 2011). Inga speciella undersökningar har gjorts men här antas att det är tekniskt möjligt att köra breda tåg i samma utsträckning som i Norge och Sverige efter inmätning och eventuellt vissa infrastrukturåtgärder.

Korgbredd

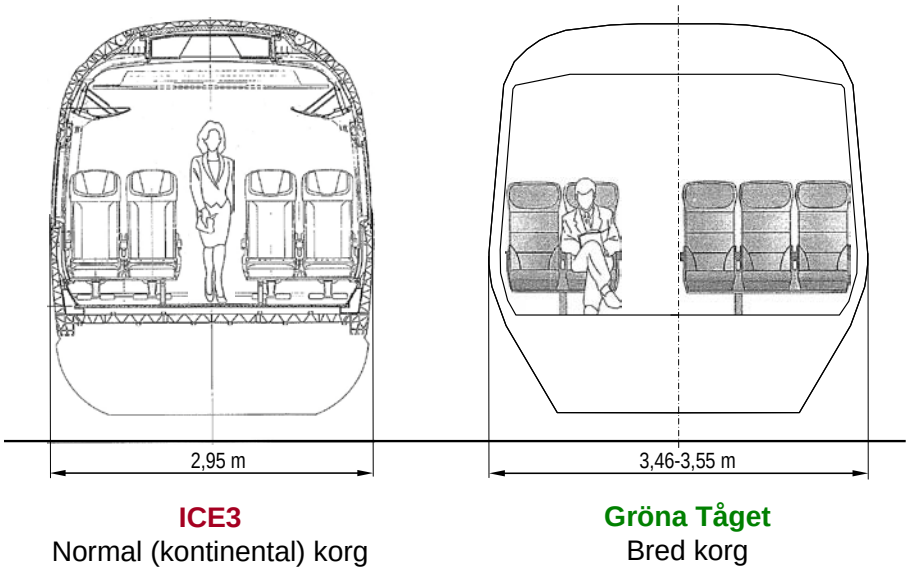
Det finns i princip två kategorier av korgbredd som är intressant för ett framtida Gröna tåget; dels bred korg, dels kontinental. Mellanlägen mellan den breda och den kontinentala bredden är mindre intressanta ur ekonomisk synvinkel så länge de inte rymmer flera sittplatser. Något bredare tåg än kontinental bredd förekommer dock av tradition i alla nordiska länder för att förbättra komforten. Det ger mer armbågsutrymme och några centimeter bredare säten. Ska vagnskorgarna standardiseras är det dock sannolikt en kontinental profil som ligger närmast. Komforten och utrymmesbehovet per sittplats vid en kontinental profil är i princip detsamma som i ett brett tåg.

Undersökningarna av lastprofilen i de nordiska länderna visar att Gröna tåget med långa vagnskorgar kan göras minst 3,46 m brett men förmodligen ytterligare några centimeter bredare efter undersökningar på sträckan från Sverige till Köpenhamn H. Som övre gräns antas här 3,55 m yttre korgbredd vilket ungefär motsvarar lastprofilen i Norge. Ett tåg med korta vagnskorgar skulle framför allt vara en fördel för trafik till Danmark och medför att en korgbredd på mer än 3,50 m kan väljas, alternativt att ett ca 3,46 m brett tåg kan framföras på större delen av det elektrifierade danska bannätet.

Tabell 29. Korgbredd

Variant	*Invändig största bredd*	*Utvändig största bredd vid 10 cm väggtjocklek*	*Områden (vissa åtgärder krävs ev. i infrastrukturen)*	*Sittning*
Bred	3,26-3,35 m	3,46-3,55 m	Sverige, Norge, Danmark[1], Finland	Första klass 2+2 med god komfort. Ekonomiklass 2+3 med god komfort
Kontinental	2,6-2,8 m	2,8-3,0 m	Kontinentala Europa (Tyskland m fl länder)	Första klass 1+2 med god komfort. Ekonomiklass 2+2 med god komfort

[1] I Danmark krävs fullt utnyttjad fritt rum och restriktioner gäller för vilka sträckor som kan trafikeras. Kortare boggicentrumavstånd (15-17 m) medger bredare vagnskorgar



Figur 38. Kontinental korgbredd (tyska höghastighetståget ICE3) respektive bred korg för Gröna tåget.

För att idén med breda tåg ska vara attraktiv för resenärer och operatörer i fjärrtrafik krävs god komfort och ju bredare tåg desto bättre sittkomfort. Men även väggtjockleken har betydelse och många svenska tåg har tämligen tjocka väggar, som Regina med 13 cm och X2-vagnar med 16 cm. För att öka den inre bredden bör det vara möjligt att minska väggtjockleken, och här antas att 10 cm tjocka väggar är möjligt att bygga med uppfyllande av kraven på bland annat krocksäkerhet och värmeisolation. Det medför att den inre bredden skulle kunna bli 3,26-3,35 m.

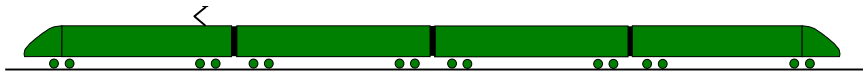
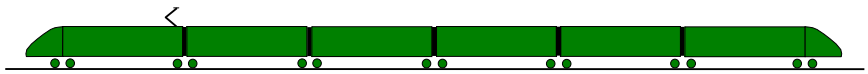
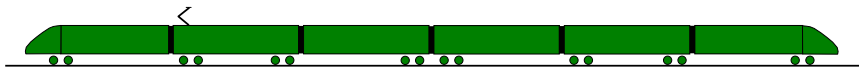
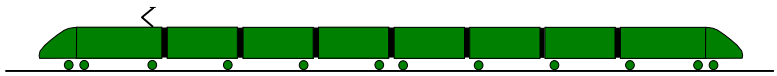
Några jämförbara tågtyper i Sverige är Regina som är 3,19 m bred invändigt och möblerad 2+3 i andra klass, medan X2 med normalprofil är 2,76 m och Öresundståget X31K med kontinental profil 2,64 m, båda med 2+2-sittning i andra klass. Jämfört med X2 kan således Gröna tåget bli 50-59 cm bredare invändigt och jämfört med Öresundståget 62-71 cm bredare, vilket väl motsvarar bredden av en sittplats.

Sittkomforten beskrivs mer i avsnitt 4.8.

Tågkonfigurationer

Tågkonfigurationen av Gröna tåget kan göras på flera olika sätt. Dessutom kan man om Gröna tåget skulle byggas utan korglutning även överväga dubbeldäckade koncept. Här presenteras fyra olika principlösningar för enplanståg som kan förses med korglutning, det vill säga det snabbtåg som Gröna tåget i första hand är tänkt att bli.

Tabell 30. Tågkonfigurationer för motorvagnståg

	Långa vagnskorgar med boggier i ändarna
L	
	Exempel: Regina, höghastighetstågen Zefiro, Velaro m.fl. (vanligaste konfigurationen)
	Korta vagnskorgar med jakobsboggier
J	
	Exempel: Pendeltåg X60 och ET423, höghastighetståget AGV
	Korta vagnskorgar som semitrailer
S	
	Exempel: Tunnelbanevagn C20, regionaltågskonceptet X'trapolis
	Extremt korta vagnskorgar med enkelaxliga boggier
E	
	Exempel: Liknar S-banetåget i Köpenhamn och höghastighetståget Talgo

För samtliga tågkoncept gäller att ekonomin för tåget förbättras med längre vagnskorgar och med färre löpverk (boggier). När antalet boggier minskar medför det däremot att axellasterna ökar upp till största tillåtna värden vilket kan ge högre banavgifter och högre banunderhållskostnader. Det möjliga boggicentrumavståndet för breda tåg i Danmark kan dock begränsa längden på vagnskorgarna och det blir frågan om att väga nyttan av breda tåg mot de eventuella merkostnaderna för kortare vagnskorgar mot varandra. Boggicentrumavståndet på andra tågtyper med jakobsboggier är till exempel på pendeltåget X60 16,4 m och på höghastighetståget AGV 17,3 m, och ett tågkoncept med kortare vagnskorgar än så skulle därmed få lite högre kostnader än de bästa tillämpningarna.

Tabell 31. Fördelar och nackdelar med tågkoncepten

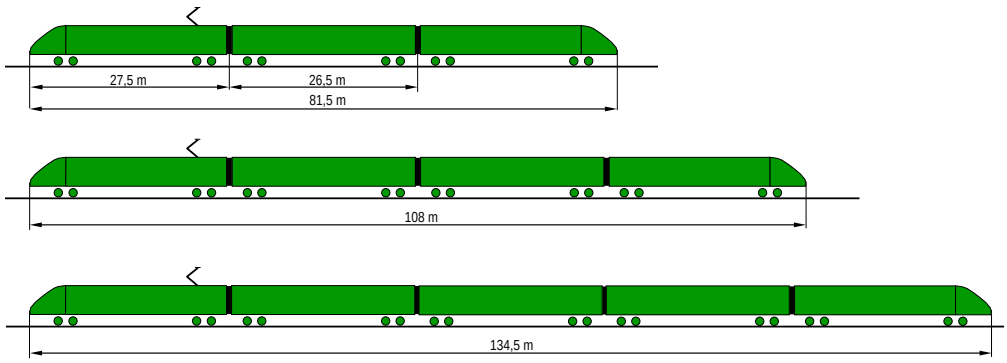
Tågkonfiguration	*Fördelar*	*Nackdelar*
L Långa korgar	• Beprövat • Få övergångar mellan vagnarna	• Begränsad bredd för trafik till Danmark • Relativt enkelt att koppla i och ur vagnar
J Jakobsboggier	• Beprövat • Något färre boggier ger lägre kostnader • Kan göras bredare för trafik i Danmark	• Flera övergångar mellan vagnarna påverkar resandemiljö och utrymmesutnyttjande • Axellasterna kan bli höga • Besvärligt att koppla i och ur vagnar
S Semitrailer	• Kan göras bredare för trafik i Danmark • Eventuellt något färre boggier, i så fall lägre kostnader	• Flera övergångar mellan vagnarna påverkar resandemiljö och utrymmesutnyttjande • Inte prövat för höga hastigheter • Axellasterna kan bli höga • Besvärligt att koppla i och ur vagnar
E Enkelaxlade boggier	• Enkelaxliga boggier lättare och billigare • Kan göras väsentligt bredare för trafik i Danmark	• Ännu flera övergångar mellan vagnarna påverkar resandemiljö och utrymmesutnyttjande • Inte prövat för höga hastigheter (undantag Talgo) • Kräver aktiv hjulstyrning • Något sämre åkkomfort • Besvärligt att koppla i och ur vagnar

4.4 Tåglängd

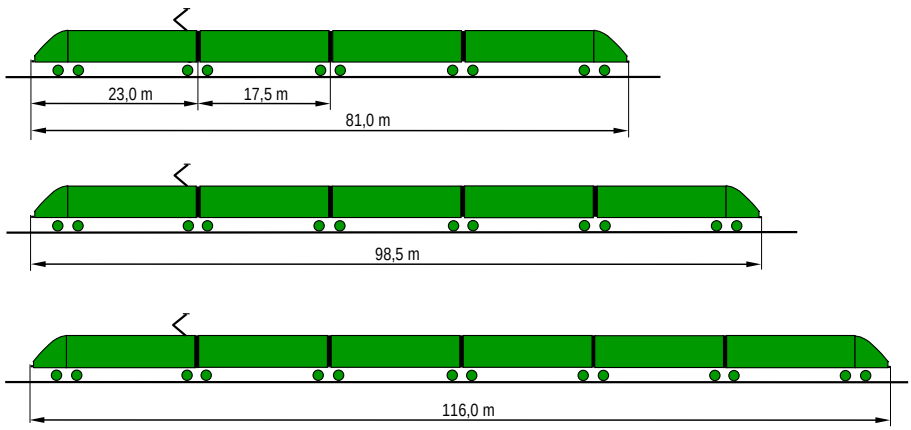
Tåglängden bör väljas dels efter förutsedd efterfrågan (antal resenärer per avgång), dels efter standardiserade plattformslängder. För att kunna upprätthålla en rimlig turtäthet även i lågtrafik med god ekonomi måste den minsta tågenheten vara relativt liten. Å andra sidan begränsar tillgänglig bankapacitet ofta turtätheten i högtrafik. Skillnaden i belastning mellan lågtrafik och högtrafik kan då mötas med till- och frånkoppling av enheter, i den mån turtätheten inte ökas. Korta tågsätt ger möjlighet att använda båda frihetsgraderna för att anpassa utbudet.

Tågsättslängder

För Gröna tåget som ett tänkt tåg för huvudsakligen långväga och medeldistanstrafik har några användbara tåglängder identifierats. Minsta tågsättslängd har här antagits vara drygt 80 m vilket hänger samman med att kostnaderna per sittplatskm ökar vid kortare tågsätt. Det är också fördelaktigt ur teknisk synvinkel att inte ha för korta tågsätt.



Figur 39. Tänkbara tågsätt med tre, fyra respektive fem långa vagnskorgar.



Figur 40. Tänkbara tågsätt med fyra, fem respektive sex korta vagnskorgar med jakobsboggier.

Två principiella tågkoncept visas här; dels ett med långa vagnskorgar med en modullängd på 26,5 m för mellanvagnarna och 27,5 m för ändvagnarna med förarhytt, och med boggier i vagnsändarna med 19,0 m boggicentrumavstånd.

Det andra konceptet har kortare vagnskorgar och jakobsboggier, det vill säga boggicentrum ligger mitt emellan vagnsändarna, förutom i ändvagnarna vars yttersta boggi sitter under vagnskorgen. Boggicentrumavståndet tillika modullängden för mellanvagnarna i exemplet är 17,5 m och ändvagnarna är 23,0 m långa mellan kopplens stötplan.

Ur ett internationellt perspektiv kan en anpassning till TSD för höghastighetståg övervägas. Det innebär att enhetslängden bör vara multiplar som ger ett 400 m långt tåg som största tåglängd. Beroende på trafikuppgifter och tekniska förutsättningar kan användbara tågenheter då vara 80 m, 100 m, 133 m eller 200 m långa. Plattformslängderna har dock olika mått och blir i praktiken styrande för vilka tågsättslängder som ger bra kapacitetsutnyttjande.

Plattformslängder

Det finns flera olika plattformslängder i Norden. Några av de viktigaste för Gröna tågets tänkta trafikområde framgår av tabellen. Notera att det på många stationer endast finns ett fåtal spår med plattformslängd enligt standarden, medan flera spår i regel har kortare plattformar.

Givet att plattformslängderna ska utnyttjas maximalt vid multipelkoppling av korta tågsätt blir för nordiska förhållanden tågsätt med fyra långa vagnar och 108 m enhetslängd användbara i alla de nordiska länderna. I Norge och Sverige passar även tre långa vagnskorgar vid en enhetslängden på 81 m, och i Finland och Danmark fem långa vagnskorgar vid enhetslängden 134 m. Tågsätt med korta vagnskorgar görs med fördel med fyra, fem eller sex vagnskorgar, det vill säga tågsättslängder på omkring 81, 98 eller 116 m.

I det fall tågen bara sällan ska multipelkopplas eller de längsta plattformslängderna normalt inte behöver utnyttjas kan även andra, längre tågsätt vara intressanta för trafikföretagen.

För att uppfylla den enhetslängd som TSD höghastighet stipulerar blir ett sjuvagnarssätt med långa vagnskorgar 188 m långt och två enheter multipelkopplade 375 m. Det ger inte optimalt utnyttjande inom 400 m tåglängd, och ytterligare en mellanvagn skulle kunna kopplas till det ena tågsättet för att få sammanlagt 15 vagnar.

Med korta vagnskorgar blir en elvavagnarsenhet 204 m lång och två multipelkopplade 407 m. En annan variant är att konstruera en tiovagnarsenhet med två lite längre vagnskorgar mitt i tåget och en extra boggi så att tiovagnarsenheten blir delbar i två identiska femvagnarsenheter, men utan förarhytter i kortkopplingsänden. Tåglängden skulle då bli 399 m med två multipelkopplade tågsätt.

Tabell 32. Plattformsstandard och tåglängd

Plattformslängd		*Långa vagnskorgar*		*Korta vagnskorgar*	
		Kombinationer	*Tåglängd*	*Kombinationer*	*Tåglängd*
125 m	SE: Standard på vissa mindre linjer i Sverige	4	108 m	6	116 m
210 m	NO: Vissa stationer EU: Halvmodul TSD-standard	3+4 7	190 m 188 m	5+5 4+6 11	197 m 197 m 204 m
225 m	SE: Minimilängd på höghastighetsbanor i Sverige enligt TSD	4+4	216 m	5+6	214 m
250-255 m	SE och NO: Standard på flera linjer	3+3+3 4+5	244 m 242 m	4+4+4 6+6	243 m 232 m
320 m	DK: Standard i Danmark. FIN: Vissa stationer i Finland	4+4+4 5+5	295 m 269 m	5+5+5 4+6+6 8+8	296 m 313 m 302 m
330-340 m	DK: Spår 3-4 på Köpenhamn H SE: Malmö C nedre	3+3+3+3 4+4+4 6+6	326 m 324 m 323 m	4+4+4+4 5+6+6	324 m 330 m
355 m	SE: Standard på flera stambanor i Sverige. NO: Vissa linjer i Norge. DK: Spår 5-6 på Köpenhamn H (341-355 m Köpenhamn-Fredericia)	3+5+5 4+4+5	350 m 350 m	6+6+6 8+10	348 m 337 m
410 m	FIN: Flera huvudlinjer EU: Höghastighets-standard enligt TSD	5+5+5 7+7	404 m 375 m	5+5+5+5 11+11	394 m 407 m

Tabell 33. Mest användbara tågsättslängder vid multipelkoppling

	Långa vagnskorgar	*Korta vagnskorgar*
Danmark (DK)	4, 5	4, 5, 6
Finland (FIN)	4, 5	5
Norge (NO)	3, 4	4, 6
Sverige (SE)	3, 4	4, 6
TSD höghastighet (EU)	*5, 7*	*5, 11**

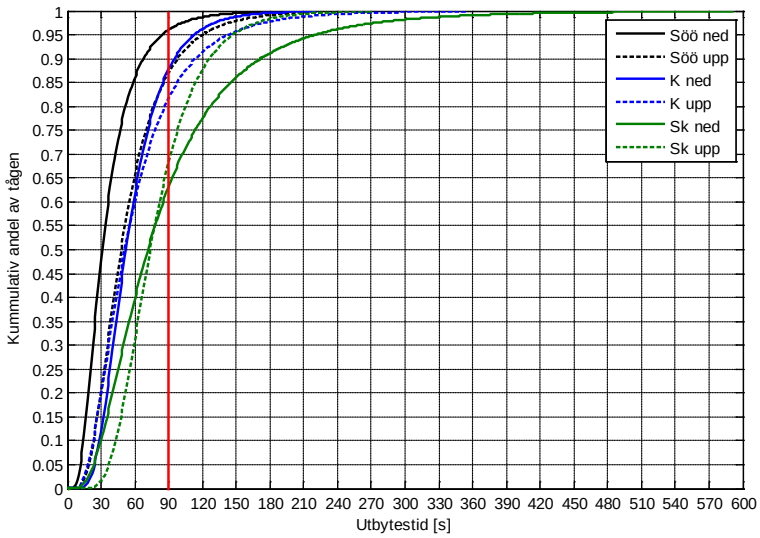
* Alternativt 10 vagnskorgar med förlängningsmodul mitt i enheten för längd ≤200 m

4.5 Utformning för punktliga stationsuppehåll

Uppehållsförseningar

Punktlighet

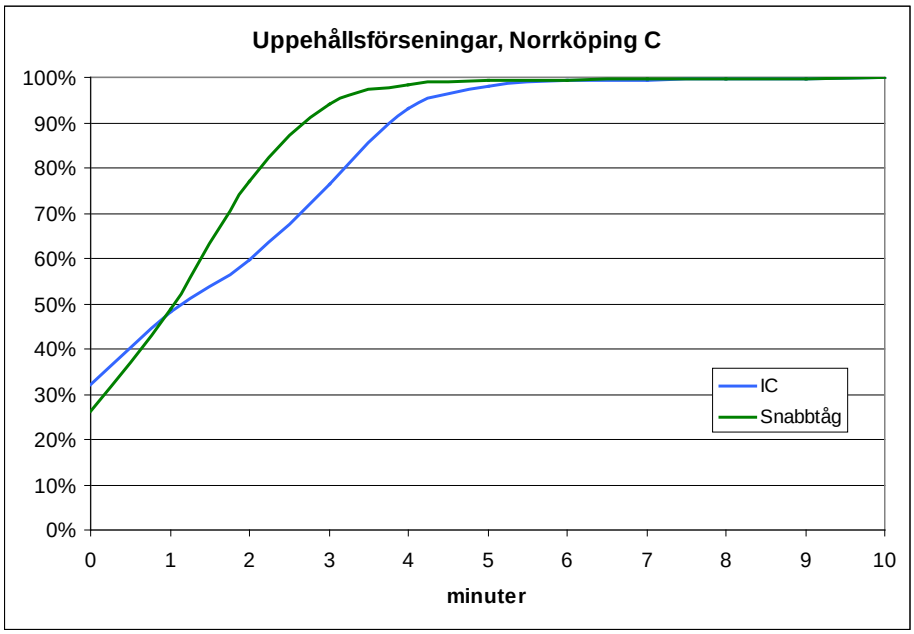
Punktlighet i tågtrafiken beror på en mängd olika faktorer; fordon, tidtabell, banan samt inte minst organisation, regler och rutiner (Claesson och Lindh, 1992). Tågkonceptet Gröna tåget ska utformas så att det möjliggör punktlig tågtrafik. Stationsuppehållen framstår som en särdeles viktig och kritisk händelse för punktligheten. Erfarenheter visar att stationsuppehållen tar tid, och ofta längre tid än trafikföretaget planerat för när man gör tidtabeller.



Figur 41. Uppmätta uppehållstider för resandeutbyte med X 2000 i Södertälje (Söö), Katrineholm (K) och Skövde (Sk) vintern 2007. Ned: Tåg mot Göteborg, Upp: Tåg mot Stockholm. Till dessa tider kommer ca 30 s teknisk tid där tåget står stilla men dörrarna är stängda. Den röda linjen markerar följaktligen tiden för resandeutbyte vid ett tidtabellagt 2-minutersuppehåll. 60-65 % av tågen klarar 2-minutersuppehållet i Skövde, större andel på stationer med färre resenärer. Källa: Nelldal et al., 2008

Figuren visar att uppehållsöverskridandet (det vill säga förseningen vid uppehållet) varierar. Ett antagande är att det till stor del beror på belastningen, det vill säga antalet på- eller avstigande resenärer. Många resenärer ger längre tid för resandeutbyte. Om det tidtabellagda uppehållet ska klara 90 % av tågen utan tillkommande försening borde den tidtabellagda uppehållstiden i Södertälje syd på nedgång (mot Göteborg) vara 100 s, medan den i Skövde på nedgång borde vara 200 s (drygt 3 minuter).

Statistiken från TFÖR[6] redovisas bara på minutnivå och har inte samma precision som ovan. Av diagrammet framgår dock att uppehållsförseningar i Norrköping C är stora. Ungefär 30 % av tågen klarar det tidtabellagda uppehållet på 2 minuter, resten drabbas av uppehållsförseningar. För att 90 % av snabbtågen (X 2000) ska komma iväg utan uppehållsförsening krävs en uppehållstid på ca 280 s (knappt 5 minuter). Norrköping är också en större station med flera av- och påstigande resenärer än Skövde.



Figur 42. Uppehållsöverskridande för IC- respektive snabbtåg X 2000 i Norrköping C, båda körriktningarna. Ca 30 % av tågen klarar uppehållet på 2 minuter enligt tidtabellen, resten blir försenade vid uppehållet. Data från TFÖR, T03.1. Källa: Fröidh och Jansson, 2005

Diagrammen visar att uppehållsöverskridandena har relativt långa svansar, det vill säga standardavvikelsen är stor. Det är med andra ord svårt att förutsäga att tåget kommer att klara uppehållet inom den tid som står i tidtabellen. I själva verket är uppehållen med X 2000 en källa till tågförsening som bara ibland går att hämta in på linjen.

Den schablonmässiga uppehållstiden för mindre stationer är 1 minut i tidtabellen, och för större stationer 2 minuter. Under den tiden ska resenärerna gå av och på, medan den tekniska tiden tillkommer.

[6] Tågföring (TFÖR) var Banverkets stordatorsystem för rapportering om bland annat tågförseningar. Det avvecklas och ersätts med andra system under 2010.

Alla avvikelser över idealfallet kommer under dessa förutsättningar att resultera i uppehållsförsening. Tänkbara avvikelser är:

- En eller flera resenärer har rullstol, barnvagn eller annat mycket otympligt bagage
- Andelen resenärer med tyngre bagage är ovanligt stor till exempel vid långhelger
- Flera resenärer än antaget vid stationerna
- Ojämn belastning av på- och avstigande på tågets dörrar
- Styv (taktfast) tidtabell som dimensioneras för normaltrafik och inte högtrafik
- Tekniska problem med en eller flera dörrar eller andra system
- Övriga orsaker (personalbyte, tågföringstekniskt).

I praktiken betyder det att alla situationer utöver ett väl fungerande tåg, fullt rörliga resenärer med måttligt bagage och måttlig beläggning riskerar att ge tågförsening. Ju högre belastning i tåget, desto mer ökar problemen med uppehållsöverskridande. Men hög beläggning är samtidigt av ekonomiska skäl en nödvändighet under perioder med hög efterfrågan.

Vagnarna i X 2000-tågen har fått en utformning så att det tar relativt lång tid vid stationsuppehållen. En anledning är att den dimensionerade dörren i tåget, manövervagnens dörr, drar upp uppehållstiderna för hela tåget (Heinz, 2003). Men det finns flera utformningsfaktorer som kan förbättra punktligheten och minska uppehållstiderna som vi ska visa i detta avsnitt.

Uppehållstidens fördelning

Tågets totala uppehållstid består dels av teknisk tid, dels av resenärernas av- och påstigningstid.

I den tekniska tiden ingår tid för dörrstängning, klarsignal innan avgång etc.

Av- och påstigningstiden är beroende av den dimensionerande dörren, det vill säga den dörr i tåget som sist blir klar med att få av alla passagerare som ska passera genom den.

Om vi bortser från fördelning av resenärerna längs plattformen vid påstigning kan följande tåganknutna parametrar identifieras (Heinz, 2003):

1. Teknisk tid (s)
2. Antal resenärer genom den dimensionerande dörren (antal dörrar)
3. Dörrbredd (m)
4. Antal trappsteg/höjdskillnad mellan plattform och tågets golv (m)
5. Passagerarflöde i tåget (fysisk utformning, orienterbarhet).

Dörrar för på- och avstigning

Antal dörrar i tåget

Antalet dörrar i tåget kan variera med trafikuppgiften – många uppehåll kan motivera flera dörrar än få uppehåll. Men om tåget ska användas i flera olika trafikuppgifter behöver det dimensioneras efter behovet för den mest krävande trafikuppgiften när det gäller på- och avstigning. För få dörrar bidrar till att orsaka stockning vilket ger långa uppehållstider och risk för tågförsening. Det finns följaktligen ett samband mellan flödet av resenärer i tåget och antalet dörrar.

I fjärrtågstrafik är det i regel färre uppehåll under resan. Den totala uppehållstiden blir därför relativt liten. Å andra sidan har resenärerna i regel mycket bagage som kräver tid och utrymme att hantera vid på- och avstigning. I långväga regionaltrafik blir kortare uppehållstid mer intressant, men resenärerna har i regel också mindre bagage och är relativt lättrörliga.

Det viktigaste är att bedöma behovet efter önskad uppehållstid för resandeutbyte på stationerna.

I X 2000 som har dörrarna i vagnsändarna (personvagnsmodellen) ska varje enkeldörr försörja upp till 45 sittplatser. Den dimensionerande dörren är i manövervagnen. Med den utformning av entréer och interiör som X 2000 har är det i mesta laget och statistiken för uppehållsförseningar är ogynnsam. I andra fjärrtågsvagnar brukar omkring 40 sittplatser per enkel entrédörr vara vanligt.

Med en bättre utformning av entré, insteg och interiören kan på- och avstigningstiderna förkortas. Under dessa omständigheter skulle antalet sittplatser per entrédörr kunna ökas något;

- Insteg i plan med plattformen eller högst 1-2 trappsteg till vagnsgolvet
- Fri dörrbredd på enkeldörr 90 cm
- Delade passagerarflöden i vagnen (kvartsmodellen eller mittmodellen)
- Bred mittgång eller mötesmöjligheter i mittgången
- Bagaget går snabbt att placera på plats och ur vägen för flödet av andra passagerare
- Resenärer med rörelsehinder som rullstol, barnvagn eller annat skrymmande bagage hänvisas till på- och avstigning i dörr med mindre belastning.

Antalet dörrar i tåget beror som synes på utformningen och trafikuppgifterna i övrigt. Under gynnsamma omständigheter enligt punkterna ovan skulle en enkeldörr sannolikt kunna klara upp till 60 sittplatser med oförändrade

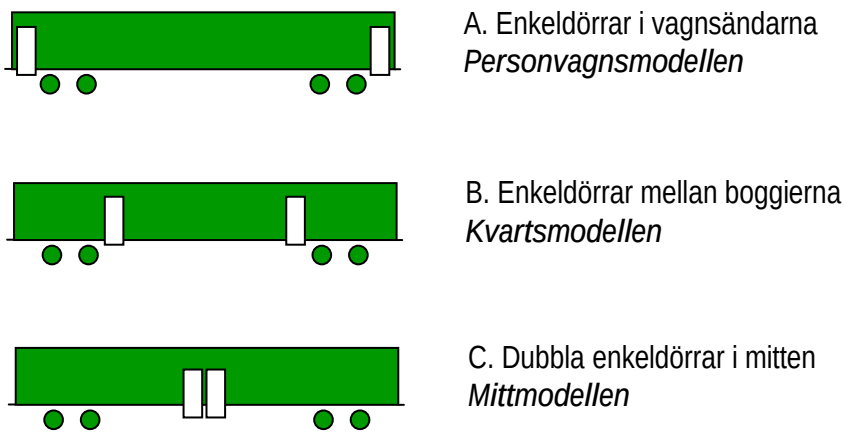
uppehållstider jämfört med X 2000 idag. Det är dock sällan möjligt att ordna så pass ideala förhållande av ekonomiska skäl vilket talar för mindre belastning än 60 sittplatser per enkeldörr.

Vill man förkorta uppehållstiderna och risken för förseningar bör färre sittplatser per dörr väljas. En allmän rekommendation är att behålla tumregeln om högst 40 sittplatser per enkeldörr.

Även risken för tekniska fel på dörrarna och behovet av utrymning av tåget pekar mot att hellre ha flera dörrar än färre, även om båda frågorna också kan lösas på andra sätt (omsorgsfullt underhåll respektive flera utrymningsvägar).

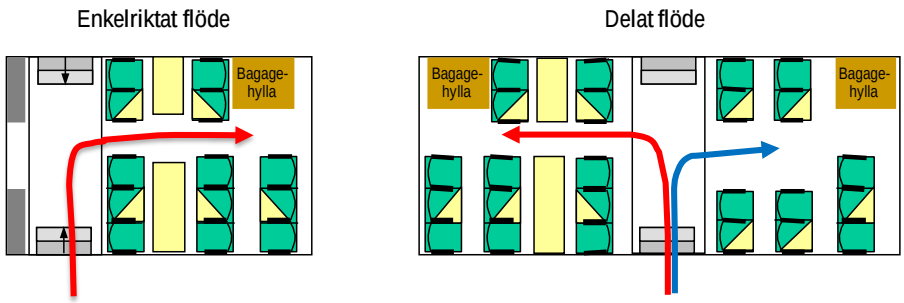
Placering av dörrar i tåget

Tre huvudalternativ för placering av ytterdörrarna i en vagnskorg kan identifieras. Några egenskaper skiljer mellan alternativen; förutom de tekniska som korgstrukturen och möjlighet till flexibilitet vid möblering av vagnen har det också betydelse för uppehållstiden (för på- och avstigning) och komforten på sittplatser placerade på olika ställen i vagnen.



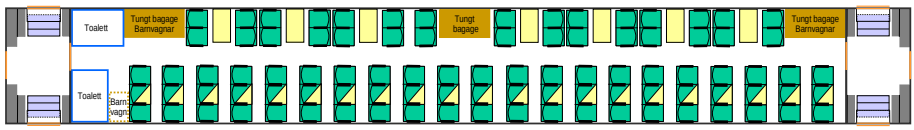
Figur 43. Dörrplacering enligt tre olika modeller.

Delade flöden som uppnås med kvartsmodellen och mittmodellen, det vill säga att resenärerna kan röra sig åt både högre och vänster från entrédörren, minskar påstigningstiderna vid stockning jämfört enkelriktade flöden som i personvagnsmodellen (Tuna, 2008).

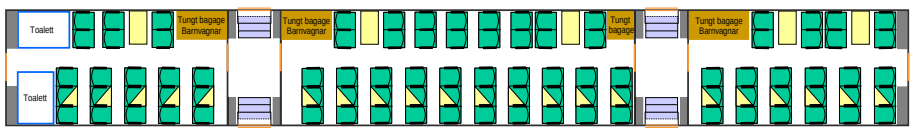


Figur 44. Resenärsflöde i personvagn.

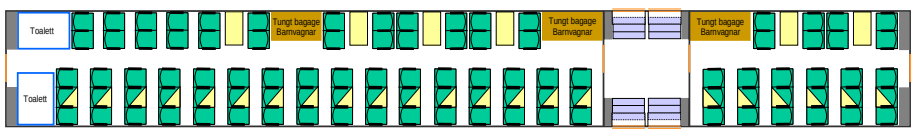
Mittmodellen kan också placeras asymmetriskt närmare ena boggin som i figuren med vagnsplanen, men en nackdel är då att det lätt blir stockning (köbildning) i den längre salongen när många resenärer ska gå av eller på vilket förlänger uppehållstiderna.



Figur 45. Personvagnsmodellen med enkeldörrar. Mellanvagn med en lång salong med 93 sittplatser.



Figur 46. Kvartsmodellen med enkeldörrar. Mellanvagn med tre salonger och 93 sittplatser.



Figur 47. Mittmodellen med asymmetriskt placerade dubbla enkeldörrar. En längre och en mindre salong, och genom att vestibulen tar något mindre utrymme än två vestibuler i de båda andra modellerna ryms en stolsrad till och sammanlagt 98 sittplatser.

Ytterligare faktorer att ta hänsyn till är de tekniska/ekonomiska möjligheterna att få plats med apparater och elutrustning under vagnsgolvet i kombination med korglutning vid lägre golv och lågentré.

I det fall ett tågkoncept med korta vagnskorgar och jakobsboggier väljs bortfaller personvagnsmodellen.

Tabell 34. För- och nackdelar med olika dörrplacering

	Komfort och bekvämlighet	*Passagerar-flöde*	*Tillgänglighet för funktionshindrade*	*Korgstruktur*
A Personvagns-modellen	Minst buller, och drag för sittande resenärer	Enkelriktade flöden – lätt att orientera sig, större risk för köbildning	Höggolv med lift för rörelsehindrade. Lågentré ej möjlig	Fördel med entré (och deforma-tionszoner) i vagnsänden. En lång salong gör det lätt att möblera optimalt
B Kvarts-modellen	Risk för något mer buller och drag för sittande resenärer	Delade flöden – lite svårare att orientera sig, mindre risk för köbildning	Höggolv med lift eller lågentré för rörelsehindrade	Höggolv små problem, lågentré fördyring. Tre kortare salonger gör det svårare att möblera optimalt
C Mittmodellen	Risk för något mer buller och drag för sittande resenärer	Delade flöden – lite svårare att orientera sig, mindre risk för köbildning	Höggolv med lift eller lågentré för rörelsehindrade	Höggolv små problem, lågentré fördyring

Utvärderingen visar att det med samma förutsättningar ryms något flera sittplatser i en vagn med mittmodellen beroende av att den bredare vestibulen för dubbla enkeldörrar tar mindre plats än två smalare vestibuler.

Kvartsmodellen ger jämnast belastning av resenärer och minst risk för stockning vid på- och avstigning och därmed kortast uppehållstider och mindre risk för uppehållsförseningar.

Personvagnsmodellen har framför allt en teknisk fördel i och med att den ger en fördelaktig korgstruktur och dessutom en stor salong som är lätt att möblera optimalt, vilket inte bara gäller för nybyggda tåg utan även till exempel vid ombyggnader för ändrade trafikuppgifter.

Det kan också bli fråga om en blandning mellan flera lösningar i ett tågsätt av praktiska skäl och av kostnadsskäl. Val av lösning är följaktligen beroende av detaljutformning och idéer och krav särskilt om uppehållstider för på- och avstigning, men i viss mån även om tillgängligheten för funktionshindrade.

Dörrbredd

Dörrarna bör tillåta enkel passage för en resenär med bagage. Vid 90 cm fri dörröppning kan en resenär i regel bära en väska i vardera handen. Vid dörrbredder över 90 cm avtar dock nyttan av bredare dörrar, eftersom passagerarflödet ofta begränsas av köande resenärer på plattformen. Två smalare dörrar är följaktligen effektivare än en bred (Heinz, 2003).

Enkeldörrar bör därför ha en fri bredd på ca 90 cm. Mindre bredder hindrar resenärer med mycket bagage, bredare dörrar kan sällan utnyttjas (Heinz, 2003; Rüger, 2006; Rüger, 2007). TSD Tillgänglighet för funktionshindrade (2008) anger den minsta tillåtna dörrbredden både på externa och interna dörrar i tåget till 80 cm där tillgänglighet med rullstolar krävs.

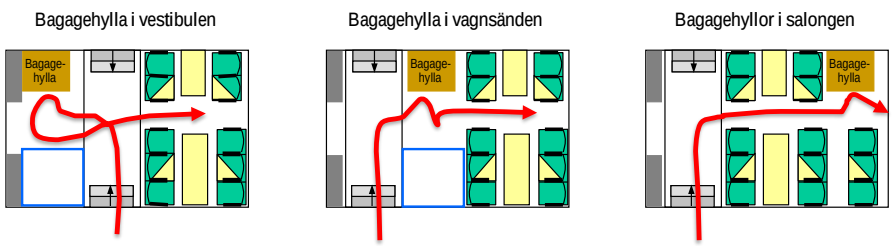
Notera att en dubbeldörr, utan mittstolpe, inte ger samma höga kapacitet som två enkeldörrar placerade bredvid varandra med en mittstolpe. Det beror dels på att dubbeldörrar ofta har en maximal bredd på 130-140 cm som är i knappaste laget för två resenärer med bagage. Men det beror också på att resenärerna inte fullt ut går i två led. Vissa resenärer väljer att gå i mitten, och ofta pressas dessutom kön av avstigande ihop till en rad av de väntande resenärerna på plattformen. En mittstolpe, det vill säga i praktiken två enkeldörrar bredvid varandra, ger däremot parallella passagerarflöden (Heinz, 2003). Ytterligare ett skäl är att det är enklare att ordna trycktrög vagnskorg med enkla dörrblad som sluter mot en mittstolpe.

Passagerarflöde i tåget

Placering av bagagehyllor

Möjligheterna att ställa ifrån sig bagaget är avgörande för dels passagerarflödena under på- och avstigning, dels bekvämlighet, komfort och säkerhet under resan.

Tyngre bagage bör placeras på eller nära golvet för att undvika höga tunga lyft som tar tid och delvis blockerar mittgången, samt dessutom är ergonomiskt förkastliga. Bagagehyllor på golvet är därmed bättre än hyllor över fönstren för tungt bagage. Resenärerna vill också ha uppsikt över bagaget under resan för att minska oron och risken för bagagestölder ombord på tågen.



Figur 48. Tre principer för placering av bagagehyllor i en personvagn.

Tabell 35. Egenskaper för olika placering av bagagehyllor

	Resenärsflöde	*Uppsikt över bagaget*
Bagagehylla i vestibulen	Stockning och konflikt i vestibulen	Dålig eller ingen
Bagagehylla i vagnsänden	Stockning vid vagnsänden	Viss eller dålig
Bagagehyllor inne i salongen	Trångt att dra stora kollin i mittgången. Stockning av återvändande resenärer (motriktade flöden) i gången	Viss eller bra

Av de studerade placeringarna av bagagehyllor framstår det som bäst att placera flera bagagehyllor i salongen för att undvika stockning och för att resenärerna ska ha bättre uppsikt över sitt bagage. Tyngdpunkten bör dock läggas på hyllorna närmast ingångsdörrarna, där särskilt stora och tunga kollin och (hopfällda) barnvagnar kan lämnas eftersom de inte obehindrat kan föras genom mittgången, i synnerhet inte om den är smalare än 60 cm.

Modeller för resenärsflöden

Heinz (2003) har bland annat estimerat enkla linjära modeller för av- och påstigande resenärer. Modellerna är dock inte användbara för situationer som ger stor spridning i uppehållstider, men som inträffar relativt sällan. Dit hör resenärer med barnvagnar och resenärer med stora rörelsehinder eller mycket otympligt bagage. Dessutom är passagerarflödet inne i vagnen inte beaktat, det vill säga risken för stockning eller kö, och det kan vid många resenärer bli en trångsektion till exempel vid bagagehyllan som i praktiken begränsar passagerarflödet.

Tuna (2008) har också estimerat modeller utifrån observationer i Tyskland, Österrike och Schweiz. Modellerna ger relevanta resultat även för stockning av resenärer, men de är byggda på några faktorer som skiljer från svenska förhållanden när det gäller insteg och plattformshöjd samt möblering i vagnen (se nästa avsnitt om mittgång).

Tabell 36. Modeller för påstigande resenärer

Antal resenärer per dörr:	*10 resenärer [min:s]*	*30 resenärer [min:s]*	*50 resenärer [min:s]*
Motsittning, fjärrtåg (Tuna, 2008)	1:00	4:20	7:30
Medsittning, fjärrtåg (Tuna, 2008)	0:50	3:00	5:40
IC2000, fjärrtåg (Tuna, 2008)	0:30	1:20	2:10
Fjärrtåg (Heinz, 2003)	0:30	1:30	2:30

Källor: Heinz, 2003: Linjär modell för resenärer med bagage, 90 cm bred dörröppning och höjdskillnad plattform-vagnsgolv 57 cm (passagerarflödet i vagnen ej beaktat).
Tuna, 2008: Modell baserad på observationer av österrikiska och tyska fjärrtågsvagnar samt schweiziska dubbeldäckarvagnar IC2000.

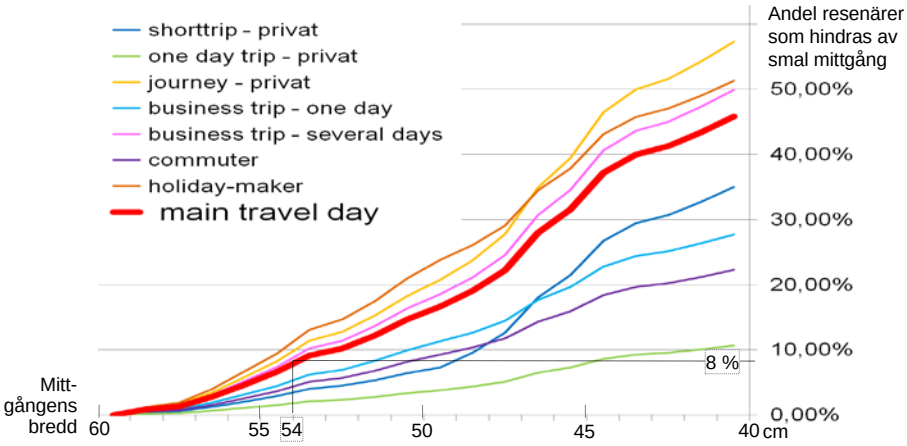
De observationer som presenteras i tabell visar betydelsen av att utforma tåget så att resenärerna inte stockas vid påstigning. De schweiziska dubbeldäckade IC2000-vagnarna har plant insteg, breda dörrar med stora vestibuler och resenärerna kan välja att gå antingen till höger eller vänster, eller upp på övervåningen (delade flöden). Det ger föredömligt korta påstigningstider.

Fjärrtågsvagnar har i regel ingång i vagnsänden (enkelriktat flöde), trappsteg och trång passage som ska klaras av med bagage. På vägen ska resenären göra sig av med sitt bagage. En smal mittgång hindrar andra resenärer att passera när resenären eventuellt också måste be en resenär på gångplatsen att resa sig för att hon ska nå fönsterplatsen. Problemet eskalerar vid många påstigande resenärer i varje dörr.

Mittgångens bredd

Mittgångens bredd har betydelse för på- och avstigningstider när stockning (kö) förekommer, vilket inträffar när ett större antal resenärer ska gå på eller av samtidigt. En undersökning i Tyskland, Österrike och Schweiz visar att påstigningstiderna kan reduceras med ca 25 % om mittgången är mer än 60 cm bred jämfört med sedvanlig bredd (drygt 50 cm) genom att det medger att resenärer med bagage kan mötas och passera varandra i mittgången (Tuna, 2008).

Samma undersökning ger också resultatet att påstigningstiderna vid stockning förkortas vid motsittning jämfört vid medsittning. Förklaringen är att de fasta borden mellan sätena i de undersökta vagntyperna är tämligen små och inte går ut ända till mittgången som är vanligt i svenska tåg. Det ger möjlighet att mötas och gå ur vägen när resenärerna arrangerar sitt bagage.



Figur 49. Andel resenärer som hindras av för smal mittgång som funktion av mittgångens bredd. Hindret är i första hand svårigheter att få med sig tungt bagage. Bild: Bernhard Rüger, TU Wien.

Effekten av brist på utrymme att mötas inne i vagnens mittgång är mycket långa på- och avstigningstider, framför allt vid påstigning på utgångsstationen. Det är även ett välkänt fenomen inom trafikflyget.

De samhällsekonomiska effekterna av stockning och långsam påstigning vid utgångsstationen (och motsvarande vid ankomststationen) fördelar sig på tre parter;

- Tågtrafikföretaget som tvingas köra fram tåget 5-10 minuter innan avgång och får ökad omloppstid utan några tillkommande intäkter men dessutom risk för tågförsening.
- Resenärerna som drabbas av köer (tidsförlust, irritation) samt risk för tågförsening.
- Infrastrukturförvaltaren som drabbas av minskad kapacitet på ofta redan högt belastade stationer.

Mittgången bör följaktligen utformas så att det finns plats för resenärerna att mötas, vilket minskar risken för stockning och förkortar på- och avstigningstiderna. Det bör finnas utrymme för resenärerna att gå ur vägen för att till exempel hantera sitt bagage. De fasta borden vid motsittning bör göras något kortare än brukligt i svenska tåg för att medge ökat utrymme (60-70 cm bredd) för möten i mittgången. Vid utformning av tåget bör dock fördelarna med bredare mittgång vägas mot värdet av (ökad) komfort vid sittplatsen.

Plattformshöjder

Höjdskillnaden mellan plattformen och tågets golv har stor betydelse för uppehållstiderna. Dessutom är höjdskillnaden avgörande för tillgänglighet för rörelsehindrade resenärer.

Europeiska normer (TSD) medger två standardhöjder på plattformarna; 55 cm (medelhög plattform) och 76 cm (hög plattform) över rälsöverkant, med toleransen (-3,5 cm/+0). Trafikverket har ett nationellt svenskt undantag från de europeiska normerna och använder plattformshöjderna 58 cm för medelhög och 73 cm för hög plattform, med toleransen ±3 cm (i praktiken gäller dock toleransen ±5 cm i Sverige).

Tabell 37. Plattformshöjder i Norden

	Standard enl TSD	*Andra närliggande standarder i Norden*
	Höjd över rälsöverkant	*Höjd över rälsöverkant (rök)*
Låg plattform		26 cm (FIN), 35 cm (NO)
Medelhög plattform	55 cm (DK, FIN)	50-60 cm (NO), 58 cm (SE)
Hög plattform	76 cm (DK, NO)	70 cm (NO), 73 cm (SE)
I nivå med högt golv		107-120 cm (120 cm, Arlanda Express)

Gröna tåget bör följaktligen konstrueras för att klara plattformshöjder på både 55 och 76 cm, samt andra närliggande höjder i intervallet 50-76 cm med nuvarande plattformshöjder i Norden. Det förutsätter att de kvarvarande låga plattformarna i framför allt Finland och Norge kan byggas om till medelhöga eller höga. Jernbaneverket i Norge har under 2008 beslutat att använda hög plattform 76 cm som ny standardhöjd för universell utformning för tillgänglighet på de norska stationerna (Jernbaneverket, 2008).

Det finns också i ett europeiskt perspektiv skäl att ifrågasätta den svenska avvikande standarden. Dels bör framför allt medelhöga plattformar harmoniseras med grannländerna till 55 cm, i första hand för att ligga inom toleransen (-3,5 cm/+0). Medelhöga plattformar är inte heller det optimala för enplanståg. Höga plattformar (76 cm) är bättre för att öka tillgängligheten genom mindre höjdskillnad mellan plattformen och tågets golv. Däremot får dubbeldäckade vagnar en nackdel när entrén ligger ovanför det undre planets golvhöjd.

Insteg

Höjdskillnaden plattform-golvnivå

Det vore ur alla aspekter önskvärt att ha plattformarna i samma höjd som tågets golv för att underlätta för resenärer med rörelsehinder och förkorta

uppehållstiderna för tågen. Av historiska skäl finns det dock ingen universell gemensam standard, utom i avskilda system som till exempel tunnelbanor.

I de flesta tåg ligger vagnsgolven på nivån 1,10-1,30 m över rälsöverkant, förutom i olika typer av speciella låggolvskonstruktioner där vagnsgolvet kan läggas i höjd med plattformen. Anledningen till golvhöjder på över en meter är att hjul och teknisk utrustning ska rymmas under golvet. För att kunna utnyttja möjligheten till breda tåg är det också nödvändigt att golvhöjden ligger ovanför den smala delen i plattformshöjd på lastprofilen.

I Gröna tåget föreslås en golvhöjd som huvudnivå på i bästa fall 115 cm över rälsöverkant. Det förutsätter en hjuldiameter på 840 mm och medger utrymme för korglutning. Det kan dock finnas tekniska problem med små hjul i höga hastigheter som gör att tågtillverkare sannolikt föredrar en större hjuldiameter på 920 mm. Golvhöjden skulle då bli 120-125 cm.

I Norden ligger plattformshöjderna som tåget bör klara inom intervallet 50-76 cm. Höjdskillnaden mellan plattformen och golvet i vagnarna blir följaktligen 39-75 cm (vid mellanhög plattform i Sverige: 57-67 cm). Om hela höjdskillnaden skulle tas upp med trappsteg skulle det behövas 2-3 trappsteg med vardera 18 cm steghöjd och vid golvhöjder över ca 115 cm även en mindre ramp i tågets mittgång.

Trappsteg

En entréutformning med högst två trappsteg är att föredra för att inte resenärer med mycket bagage ska tappa oproportionerligt mycket tid vid av- och påstigning (Heinz, 2003; Rüger, 2006; Rüger, 2007). Tuna (2008) kommer fram till att redan två trappsteg märkbart ökar framför allt avstigningstiderna för små barn och äldre samt rörelsehindrade resenärer, men vid dessa undersökningar var det många situationer där plattformen var 76 cm hög medan tågets trappsteg var gjorda för 55 cm plattformshöjd och det därigenom blev ett gap mellan plattformen och tågets övre trappsteg att ta sig över.

Steghöjden i trappor bör vara högst 18 cm för bekväm gång, men är i praktiken ofta större i järnvägsfordon (Heinz, 2003). TSD Tillgänglighet för funktionshindrade (2008) anger 20 cm som största tillåten steghöjd och 24 cm som minsta djup på trappsteget i ett tåg.

Insteg för resenärer med rörelsehinder

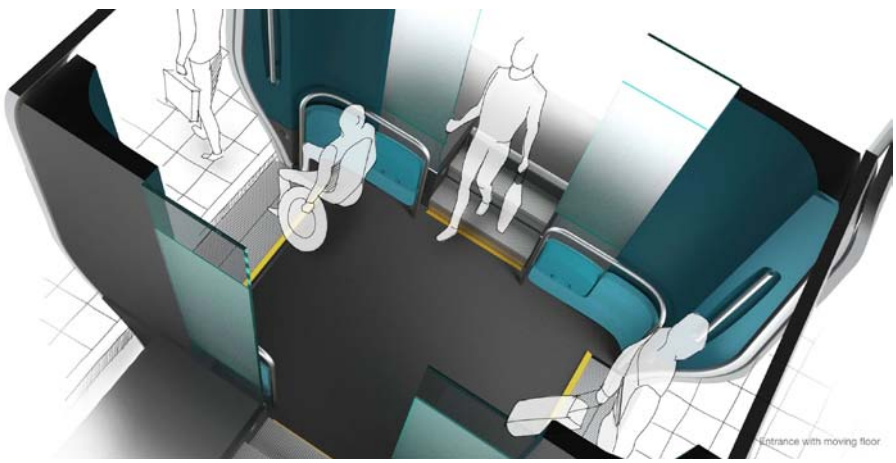
I Gröna tåget förordas en standardlösning med högt golv genomgående i hela tåget utan inre trappsteg. En vagn med speciell låggolvsdel i höjd med plattformen skulle vara en möjlighet, men har förkastats under diskussioner. Anledningarna är att låggolvsdelen aldrig kan passa mer än en plattformshöjd, att golvytan blir smalare än den bredd som annars skulle kunna utnyttjas och att

den i de flesta fall begränsar rörligheten för de resenärer som har stora rörelsehinder till bara låggolvsdelen ombord på tåget. För till exempel ett pendeltåg med tätare uppehåll än i fjärrtågstrafik kan bedömningen bli annorlunda.

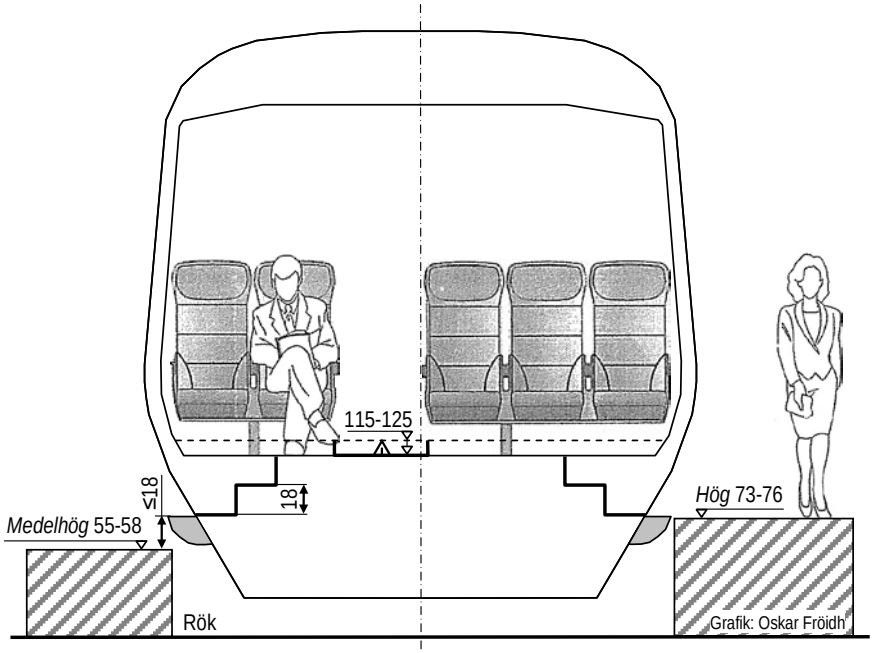
Figur 50. Manuellt monterade rullstolsramper i NSB motorvagnståg BM73. Hantering av en rullstol på en mellanstation leder ofelbart till tågförsening genom den omständliga proceduren.

Ansatsen är i Gröna tåget istället att lyfta upp rörelsehindrade resenärer till tågets golvnivå. En idé som bearbetats i projektet Attraktiv passagerarmiljö är en entréhiss i form av ett höj- och sänkbart golv i en särskild entré. Entréhissen kan lyfta resenärerna upp till eller ner från tågets golvhöjd och automatiskt ställa in sig till plattformshöjden. Väl uppe i tåget kan resenärerna röra sig utan höjdskillnader.

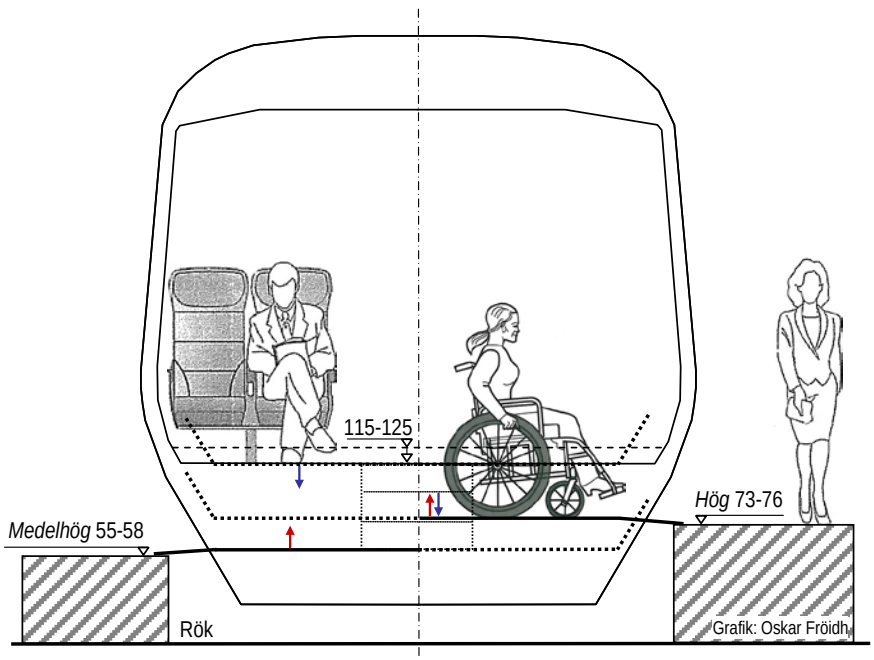
Entréhissen behöver utvecklas tekniskt för att klara kraven på snabb på- och avstigning och god funktionalitet även under vinterväder med kyla, och sand och salt från halkbekämpning på plattformarna. Jämfört med andra tänkbara lösningar, som lyftbord, manuell ramp eller truck på plattformen har dock det höj- och sänkbara golvet de bästa förutsättningarna att förkorta på- och avstigningstiderna inklusive standardavvikelsen på uppehållstiderna och därmed bidra till punktligare tågtrafik.



Figur 51. För Gröna tåget föreslås entré med hiss i form av ett höj- och sänkbart golv. Illustration från Lundberg, Eriksson och Ranvinge, 2010



Figur 52. Principer för insteg (mått i cm) med rälsöverkant (Rök) som referens. Här med tre trappsteg från medelhög plattform och två trappsteg från hög plattform. En kortare ramp i mittgången blir nödvändig vid högre golvhöjder än ca 115 cm.



Figur 53. Entréhiss (höj-och sänkbart golv med bryggor) för minst en ingång i tågsättet (mått i cm). Rörelsehindrade resenärer får plant insteg oavsett plattformshöjd.

Andra åtgärder för att minska uppehållstiderna

Var på plattformen stannar tågets dörr?

Systemet med utmärkning på plattformen av var tågets vagnar stannar har inte fått något stort genomslag i Sverige. Det medför att många ovana resenärer får gå långa sträckor längs tåget när det stannat för att leta efter sin vagn (ingångsdörr), och det tar tid. Ju längre tåg och ju mer ovana resenärer, desto längre blir uppehållstiden.

Utmärkningen måste bli tydligare och informationen kan ges på biljetten på samma sätt som platsnumret och vagnen anges, ”vagnläge A” eller liknande. På plattformarna bör det finnas dynamiska skyltar som tydligt visar vagnläget. De är också enkla att ändra så att de visar rätt vagnläge oavsett hur tågsättet är vänt.

Utspridd bokning

Sker platsbokning finns det möjligheter att sprida ut resenärerna jämnt över tåget för att undvika stockning vid en dimensionerande dörr. Det gäller för alla stationer längs tågets färdväg. Ett bra exempel är att bokningssystemet fördelar till exempel 60 avstigande resenärer till Norrköping lika på fyra vagnar i tåget, och samma sker med påstigande resenärer från denna station.

Ytterligare en aspekt är att hantera resenärer som man vet kommer att ta lång tid på sig vid på- och avstigning. Det gäller framför allt rörelsehindrade personer, det vill säga resenärer med rullstol, barnvagn eller mycket bagage. Det vore bra om man kunde minska antalet resenärer vid de dörrar som blir upptagna av långsammare resenärer genom att de får en markering redan vid bokningen.

Anpassad tidtabell

Vid hög belastning, som vid storhelger och andra tillfällen med många resenärer, skulle tidtabellen kunna anpassas när det gäller uppehållstiderna vid station. Många resenärer ger längre uppehållstider. Vill man trafikera med styv tidtabell så kräver god punktlighet att uppehållstiden dimensioneras efter toppbelastning.

Sammanfattning av utformning för punktliga uppehåll

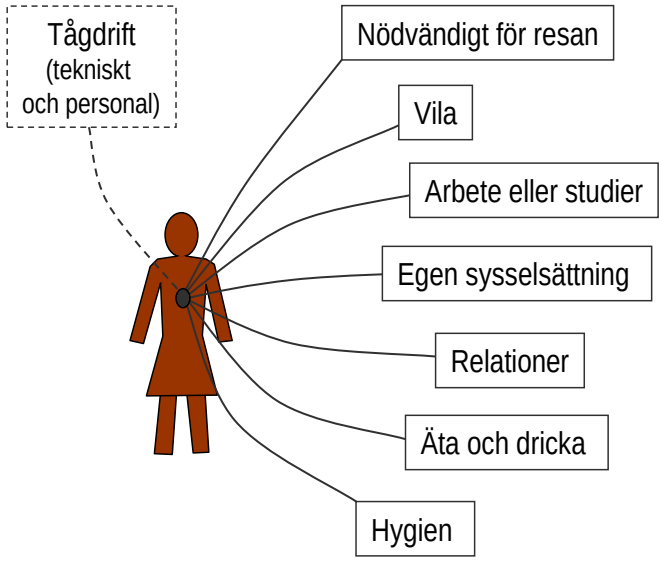
Om tåget utformas så att på- och avstigning med många resenärer kan ske snabbt kommer dels uppehållstiderna att förkortas och därigenom kan omlopps- och restiderna minskas, dels kommer uppehållsförseningarna både till medelvärde och standardavvikelse att minska och bidrar därmed till punktligare tågtrafik.

- Den dimensionerande dörren är avgörande för uppehållstiderna. Jämn belastning över hela tåget ska eftersträvas
- Två enkeldörrar ger kortare uppehållstider än en dubbeldörr
- Resenärerna bör fördelas åt två håll från varje dörr (delade flöden), därför bör dörrarna hellre placeras på ¼ och ¾ av vagnslängden än i vagnsändarna
- Stora salonger och lång mittgång till närmaste ytterdörr ger längre uppehållstider för på- och avstigning genom ökad risken för stockning
- Plant insteg mellan plattformen och vagnsgolvet är att föredra men är ofta inte möjligt utan stora kostnader för antingen högre plattformar eller låggolv i tågen som då inte kan vara breda
- 1-2 trappsteg i entrén ger kortare uppehåll än 3 eller flera trappsteg, men bäst är plant insteg
- För rörelsehindrade resenärer förordas en rymlig entréhiss för att övervinna höjdskillnaden och medge snabb på- och avstigning
- En enkeldörr per 40 sittplatser kan utökas upp till 60 sittplatser om man bokar snabbare resenärer, till exempel tjänsteresenärer, och anpassar insteg, entré och interiör för snabb på- och avstigning
- Fri dörröppning på en enkeldörr bör vara 90 cm
- Mittgången i tåget bör om möjligt medge möten mellan resenärer genom att 60-70 cm brett utrymme skapas, till exempel genom något kortare fasta bord vid motsittning.

4.6 Aktivitetsansats för tågets utformning

Restiden kan fyllas med aktiviteter utöver själva resan – underaktiviteter. Syftet kan vara att öka tågresans attraktivitet genom att utnyttja restiden, eller helt enkelt att koppla av. Aktivitetsansatsen innebär att beskriva och värdera resenärernas olika möjliga aktiviteter under resan. Utifrån den bedömningen kan tågkonceptet för Gröna tåget utformas. Någon systematisk analys av Gröna tåget har dock inte gjorts inom ramen för delprojektet Marknad och trafik.

Förutom personalen aktiviteter för att framföra tåget och kunna bereda service kan resenärernas aktiviteter indelas i olika kategorier. Aktiviteterna skiljer mellan olika resenärer. Beroende på resärende, ålder och intressen utgör resenärerna en heterogen grupp med olika önskemål och behov. Ett spädbarn har till exempel helt andra behov än en tjänsteresenär under resan. Vissa människor vill vara aktiva (prata, arbeta), andra passiva (vila) vilket är en motsättning när det gäller bland annat ljudvolym och belysning.



Figur 54. Resenärens tänkbara aktiviteter under resan. Illustration från Fröidh, 2009

De främsta aktiviteterna under huvudaktiviteten resan är:

- Nödvändigt för resan (av- och påstigning, information, biljetthantering)
- Vila (Koppla av, sova, tänka)
- Arbete eller studier (utnyttja restiden för att läsa, skriva, samtala med hjälp av dator och telefon)
- Egen sysselsättning (läsa, titta på en film, spela spel, lyssna på radio eller musik)
- Relationer (samtala med medresenärer, leka, spela spel med andra)
- Äta och dricka (förtäring av egen medhavd mat eller dryck eller servering vid sittplatsen respektive serveringsavdelning i tåget)
- Hygien (toalett, sanitet).

En generell slutsats av denna genomgång är att det är viktigt att medge individuella val för resenärerna, det vill säga flera aktiviteter inklusive vila bör vara möjliga och tåget bör utformas med flexibilitet för olika önskemål. Önskemålen kan oftast översättas till ett värde genom resenärernas betalningsvilja och det är följaktligen möjligt att väga kostnader mot nytta för järnvägsföretaget.

Aktiviteter som kräver relativt mycket utrymme, till exempel att handla där butiken har försäljningsyta och varulager, motionsaktiviteter, eller i övrigt kräver stor area för lokaler utöver ordinarie sittplatser, är inte intressanta för Gröna tåget. Energiåtgång och biljettpris per personkm skulle öka om sådana aktiviteter infördes. Det stämmer inte med Gröna tågets profil men kan givetvis

vara intressant för andra tågprodukter. Det är heller inget som hindrar att den tekniska plattformen för ett annat tågkoncept kan vara gemensam med Gröna tåget.

Utformning av Gröna tåget behandlas mer i detalj i det parallella projektet Attraktiv passagerarmiljö (se Kottenhoff och Andersson, 2009; Lundberg, Eriksson och Ranvinge, 2010) och värderingsstudier av ett stort antal faktorer i Kottenhoff och Byström (2010).

4.7 Bagage på tåg

Enkelt och säkert

I undersökningar anger många människor mycket bagage som en anledning att inte åka tåg och en stor del tågresenärerna anser också att det är besvärligt att hantera bagaget (Rüger, 2004).

Bagagehantering har också betydelse för restiderna genom att tåget oftast medger ombordstigning utan incheckning vilket är en konkurrensfördel gentemot flyg. Men långsam av- och påstigning med tungt bagage fördröjer uppehållstiderna vid stationerna och förlänger restiderna. Slutligen har bagagehanteringen och förvaringen ombord betydelse för säkerheten, dels genom att farligt gods inte ska tas ombord, dels att resenärer och personal kan skadas av bagage som står i vägen eller kommer i rörelse.

Säkerhet mot stölder

Det förekommer att bagage stjäls i vagnarna. När det händer är det ofta personer som går ombord vid stationsuppehåll och tar med sig utvalda kollin. Många resenärer anger därför att de vill ha uppsikt över sitt bagage från sittplatsen. Bagagehyllorna vid entrén uppfyller ofta inte kraven på uppsikt.

En lösning kan vara att vagnarna förses med låsanordning för bagage, till exempel i form av en vajer med lås, eller ett fack för varje väska för att försvåra och fördröja stölder. Låset skulle kunna aktiveras med ett kontaktlöst smartcard som resenären även använder som biljett, men det förutsätter då att järnvägsföretaget inför ett sådant biljettsystem.

En annan möjlighet är att ändra placeringen av bagagehyllorna för att förbättra resenärernas uppsikt över sitt bagage.

Åtgärder som skulle begränsa tillträdet för obehöriga personer till plattformar och tåg är trubbiga och skulle dels innebära en barriär även för resenärerna, dels hindra medföljande att möta och vinka av vid tåget. Dessutom är det sannolikt att potentiella bagagetjuvar köper en (billig) biljett till tåget eftersom värdet på biljetten förmodligen är mindre än värdet av stulet resgods.

Figur 55. Exempel på oönskad men typisk bagageplacering i X 2000 till följd av för liten bagagehylla för tungt bagage. Vid toppbelastning har resenärerna ännu mer bagage och problemen förvärras.

Säkerhet mot personskador

En för järnvägsföretaget ekonomisk placering av bagagehyllorna är ovanför fönstren med en traditionell längsgående bagagehylla. Hyllan inkräktar inte på utrymmet för sittplatserna och de resande kan dessutom ha sitt bagage nära sig, under uppsikt. Men bagage kan orsaka personskador i vissa fall. Det gäller särskilt tungt bagage som placeras på bagagehyllan ovanför fönstren.

- Bagaget kan falla ned på personer vid kraftiga krängningar och ryck, till exempel vid avstängd korglutningsutrustning eller kraftiga spårfel.
- Vid urspårning eller andra olyckor kan bagage flyga omkring eller ramla ned av häftiga accelerationer och orsaka skador på många resenärer.

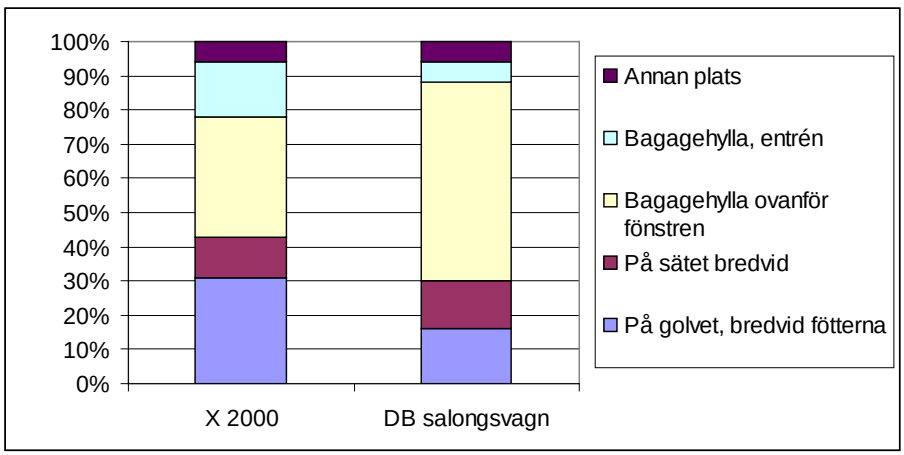
- Det är så tungt att lyfta upp bagage till bagagehyllan över fönstren att många resenärer inte klarar det, och andra riskerar att överansträngа sig vilket kan orsaka till exempel diskbråck.
- För resenärer och personal som passerar genom tåget finns risk att snubbla på bagage som ställs i gångar när annat bagageutrymme är fullt. Det kan även medföra förlängda utrymningstider vid en eventuell brand.

Sannolikheten för att en resenär ska skadas av bagage måste bedömas som låg, det vill säga resan sker utan personskador vid de allra flesta resorna. Men det finns trots allt en risk och det kan knappast heller betraktas som en god lösning för funktionshindrade resenärer att ha bagagehyllan över fönstren som förvaringsplats för tungt bagage.

Bagaget ombord idag

Placering i dagens vagntyper

Fördelningen av resenärernas bagage på olika ställen ombord är beroende av tågets beläggning och vagnarnas utformning. Två jämförbara vagnstyper med salonger och en relativt stor andel medsittning i fjärrtrafik är vagnarna i X2-sätt respektive en tysk (DB) salongsvagn där fördelningen av kollin mellan olika platser redovisas i figur.



Figur 56. Fördelning av resenärernas bagage ombord på X 2000 i Sverige (Kahn och Sundberg, 2002) respektive DB salongsvagn i Österrike (Rüger, 2004). ”Annan plats” inkluderar barnvagnsutrymme, bakom ett säte eller i gången.

Skillnader för X 2000 mot andra typer av fjärrtåg i Sverige var att på Kustpilen (dieselmotorvagn Y2, motsvarar danska IC/3) placerades mycket bagage bakom

sätet eftersom motsittning med sätesryggarna mot varandra ger utrymme. I personvagnar i IC-tåg lades mer bagage på sätet bredvid men mindre på bagagehyllan ovanför fönstren. Det beror till en del på att bagagehyllan sitter högre upp i personvagnarna än i vagnarna i X2-tågen, men också på att den genomsnittliga sittplatsbeläggningen är högre i X 2000 (Khan och Sundberg, 2002).

X 2000 har för lite bagageutrymme för att klara toppbelastning med åtföljande problem med bagageplacering.

Bagagemängd per resenär

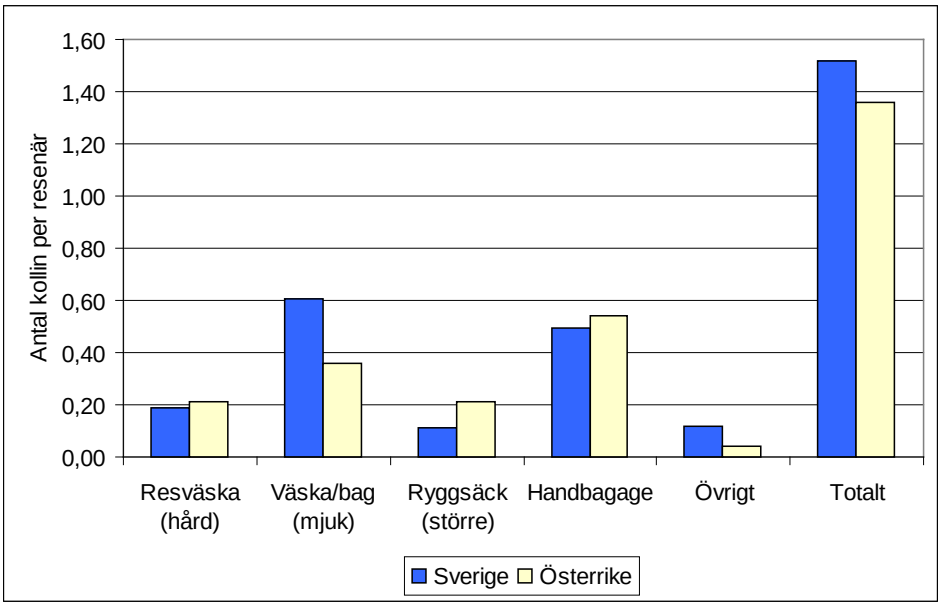
Mängden bagage per resenär varierar väsentligt beroende på sträcka, tidpunkt och säsong beroende av resenärernas ärende och perioden för bortavaro. De källor vi kan hänvisa till är dels egna räkningar, dels tidigare arbeten av Rüger (2004) och Khan och Sundberg (2002). De olika undersökningarna mäter inte exakt samma mängd beroende av olika definitioner av tungt bagage.

I de två sistnämnda undersökningarna har uppdelning på olika kategorier bagage (se figur) gjorts enligt följande:

- Resväska (hård) är medelstora och större väskor med bestämd (konstant) form och volym
- Väska/bag (mjuk) är medelstora och större mjuka väskor med form och volym som bestäms av innehållet och packningen, men ofta med lägre höjd än hårda resväskor
- Ryggsäck (större) är medelstora och större ryggsäckar
- Handbagage är kollin som är mindre, oavsett typ. Rüger (2004) satte gränsen vid maximalt 40 liters volym på resväskan, 45 liter på den mjuka väskan/bagen samt 30 liter på ryggsäcken
- Övrigt är till exempel skidor och barnvagnar.

Resenärer som åker över dagen, det vill säga en stor andel av tjänsteresorna och arbetspendlingen, har endast lite tungt bagage, medan resenärerna vid privatresor och semesterresor med övernattningar medför betydligt mer tungt bagage.

Övrigt bagage definieras här som allt annat bagage och resgods än tungt bagage (väskor) och handbagage. Ofta handlar det om skrymmande eller tunga kollin. I flygsystemet får detta bagage ofta checkas in som specialbagage. Antalet kollin övrigt bagage varierar mellan olika trafikuppgifter. Barnvagnar är vanligast hos privatresenärer och det är vanligare att resenärer har med sig barnvagn i Sverige än i Österrike. Vid undersökningen i Sverige hade 100 fjärrtågsresenärer med sig 3-4 barnvagnar (Khan och Sundberg, 2002).



Figur 57. Antal kollin bagage per resenär på fjärrtåg. Det tunga bagaget är en delmängd av resväskorna, väskorna/bagarna, ryggsäckarna och övrigt. Källa: För Sverige: Khan och Sundberg, 2002; för Österrike: Rüger, 2004

Tabell 38. Övrigt bagage

Antal per 100 resenärer	*Sverige, fjärrtåg*	*Österrike*
Barnvagn	3-4	0,2
Rullstol		0,02
Cykel		0,2
Skidor	0,6	2,4

Källa: Khan och Sundberg, 2002; för Österrike: Rüger, 2004

Benägenheten att ta med cykel hänger samman med tillgängligheten till hela järnvägssystemet och vilka alternativ det finns. Cykel var till exempel inte tillåtet på de undersökta fjärrtågen i Sverige. Bättre tillgänglighet för rullstolsburna och att eventuellt tillåta cykeltransporter med fjärrtåg kan därför förväntas öka antalet cyklar och rullstolar ombord. Antalet skidor är som störst på vintern när tåget går till skidorter, men det kommer inte att vara Gröna tågets primära trafikinsats. Det skulle dock vara bra med ett flexibelt bagageutrymme för att även kunna ta med cyklar och skidor vid behov.

Dimensionering av bagagehyllor

Definition av tungt bagage

För att dimensionera bagagehyllor för tungt bagage måste det tunga bagaget definieras i storlek. Här används den bedömningen att det som måste checkas in vid flygresa definitivt är tungt bagage. Det mellanstora bagaget av typen kabinbagage är i en gråzon där den andelen där ägaren inte orkar lyfta upp det på bagagehyllan över fönstren eller inte får plats under stolen kan betraktas som tungt bagage.

I räkningar enligt Rüger (2004) och Kahn och Sundberg (2002) används en annan definition vilket innefattar även en stor del mellanstort bagage. Enligt denna definition kan antalet kollin tungt och mellanstort bagage uppgå till 1,1 per resenär för privatresenärer, men endast 0,35 per resenär för tjänsteresenärer resande över dagen. Tjänsteresor med övernattning innebär mer bagage och värdet 0,8 kollin tungt och mellanstort bagage överensstämmer med genomsnittet för alla resenärer. På sommaren och under andra perioder med mycket semesterresande ökar antalet kollin per resenär.

Antalet kollin handbagage per resenär är ungefär detsamma i Sverige som Österrike, 0,5 kollin i genomsnitt.

Några observationer på svenska tåg under juli och augusti 2008 (Fröidh och Andersson, ej publicerat) gav resultatet att antalet tunga kollin kan uppgå till 45-70 % av antalet resenärer. Det innebär att det vid toppbelastning på till exempel resdagar inför storhelger och semestrar kommer tåget att vara fullsatt varav i regel ungefär hälften av resenärerna medför tungt bagage.

Bagagehyllor i Gröna tåget

En möjlighet som har studerats i projektet Attraktiv passagerarmiljö är att ha ett flexibelt utrymme som kan användas för tungt bagage vid toppbelastning med många fritidsresor men som sittplatser under den tid när det är många tjänste- och arbetsresor. Men slutsatsen är ändå att ska man förbättra bagagesituationen ombord på tåget behövs väl tilltagna bagagehyllor (Lundberg, Eriksson och Ranvinge, 2010).

För Gröna tåget föreslås att det dimensioneras för 0,5 kollin tungt bagage per resenär. Det är väsentligt mer än i X 2000 och kommer att täcka de flesta trafikuppgifterna. För en ytterst liten del av avgångarna med extremt mycket bagage kommer det dock inte att gå att lösa med andra åtgärder än att vissa sittplatser spärras i bokningssystemet och används som bagageförvaring.

Bagagehyllorna bör dessutom dimensioneras för en barnvagn per 25 resenärer. Barnvagnar av standardmodell är ca 65 cm breda, men kan även ställas på kant om de är hopfällda på ungefär samma bredd.

Om det tunga kollit är 25 cm djupt blir utrymmesbehovet i bagagehyllan 12,5 cm per sittplats vid 0,5 kollin per resenär med väskan ställd på högkant. Inklusive utrymme för barnvagnar på hyllan blir det 15 cm för tungt bagage per sittplats.

Tio sittplatser fordrar följaktligen 1,5 hyllmeter i bagagehyllan. Bagagehyllorna för tungt bagage föreslås ha tre hyllplan, där den nedersta bagagehyllan har störst fri höjd för mycket stora väskor och barnvagnar.

Kabinbagaget och handbagaget förutsätts som nu placeras på bagagehyllor ovanför fönstren, eller med yteffektiva stolar under sätet framför.

Undantag från den föreslagna dimensioneringen kan göras om man räknar med en stor andel resenärer som gör resor enbart över dagen, framför allt arbetspendlare och tjänsteresenärer som då inte medför lika mycket bagage. Ett flexibelt tåg som ska kunna användas även för fritidsresor måste dock dimensioneras efter toppbelastningen.

Slutsatser om tågutformning för bagage

Utformning av tågkonceptet måste utgå från att det i högtrafik i fjärrtrafiken (semesterresor och vid storhelger) finns många fritidsresenärer som dels vill resa billigt, dels har mycket bagage med sig. Arbetspendlare och tjänsteresenärer som ofta är de mest förekommande resenärerna i vardagarnas högtrafik har däremot inte lika mycket bagage och det är inte den dimensionerande tiden.

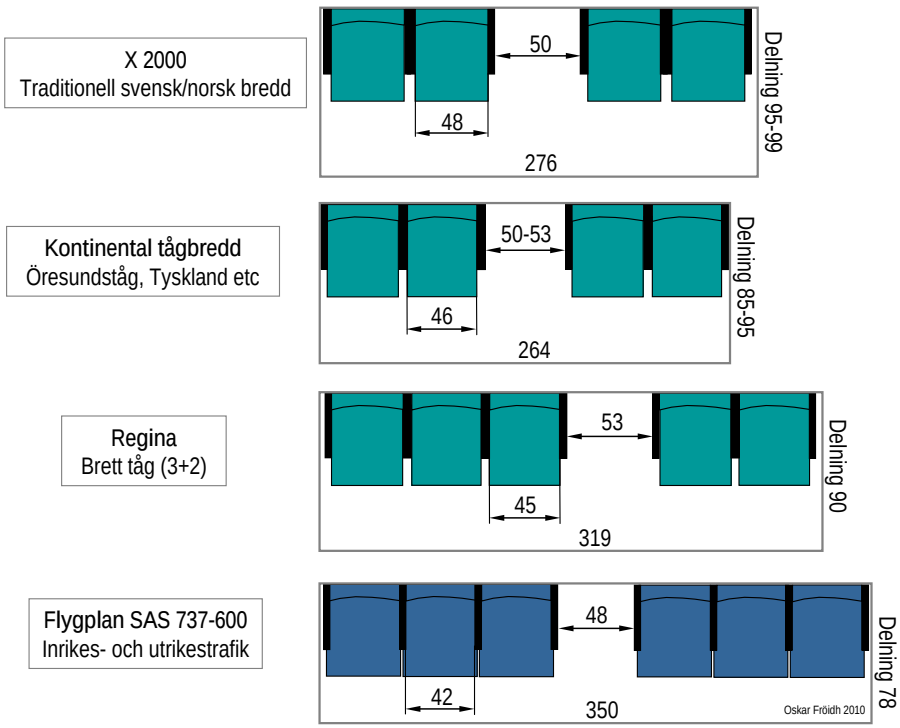
- Resenärerna föredrar att ha uppsikt över sitt bagage så nära sittplatsen som möjligt och många resenärer är oroliga för bagagestölder.
- Bagagehyllor för tungt bagage och barnvagnar placeras inne i salongen, men mittgången medger inte att de största kollina transporteras genom tåget.
- Bagagehyllor för tungt bagage bör dimensioneras för 0,5 kollin per resenär vid fullsatt tåg samt dessutom en barnvagn per 25 resenärer. Sammanlagt krävs 1,5 hyllmeter per tio sittplatser.
- Bagagehyllor ovanför fönstren är olämpliga för tungt bagage men kan användas för kabinbagage och handbagage. De får inte sättas för högt upp; omkring 1,65-1,75 m över golvet är acceptabelt.
- Yteffektiva säten med tunnare dyna medger en fri höjd på 30-35 cm mellan vagnsgolv och sätet, och kabinbagage och handbagage kan placeras under sätet framför.
- Bagage mellan motställda sätesryggar (motsittning) möjligt om utrymmet är minst 35 cm brett 60 cm över golvet.

4.8 Sittkomfort

Utrymme för långväga resor

Utrymmet för varje sittplats varierar stort mellan olika färdmedel. Generellt sett är utrymmet ganska snålt tilltaget i personbilar, bussar och flygplan, medan det traditionellt är mer generöst i tåg och särskilt i tåg för fjärrtrafik.

Vid utformning av tåget bör en god standard väljas, lämplig för långresor på upp till 5 timmar även om de flesta resor kommer att bli 1-3 timmar långa. Resenärer som tillbringar en stor del av sin tid varje vecka på tåget som till exempel regionala pendlare och tjänsteresenärer har höga krav på komfort.

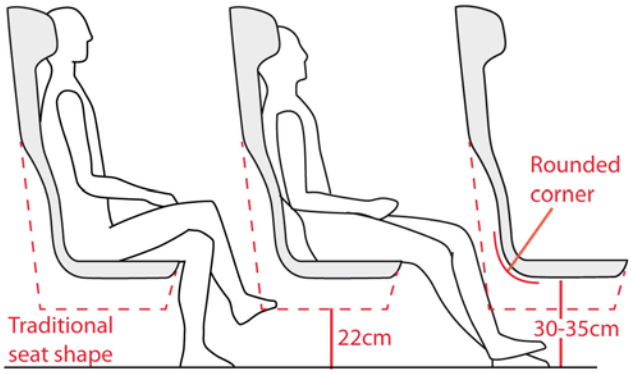


Figur 58. Utrymme för sittplatserna (cm) i ekonomiklass i några olika tågtyper och i ett trafikflygplan.

Delningsmått

Utformningen av sittplatserna kan göras utrymmesbesparande genom att:

- Ryggdynan görs tunn i kritiska partier (knähöjd)
- Utrymme för benen och fötterna under sätet framför
- Rygglutningsmekanismen medför att sittdynan samtidigt skjuts framåt och ett fällt ryggstöd därmed inte inkräktar nämnvärt på platsen bakom.



Figur 59. En yteffektiv stolstyp med tunn, avrundad ryggdyna och utrymme för ben och fötter under sätet framför ger samma värdering som 10-15 cm större stolsdelningsmått. Bild ur Kottenhoff och Andersson, 2009

Givet att dessa villkor kan uppfyllas, kan ekonomiska delningsmått bestämmas. Vid 6 cm tjockt ryggstöd, ett utrymme mellan golvet och underkanten av sittdynan på minst 30 cm och en rygglutningsmekanism som är effektiv och inte inkräktar på utrymmet för resenären bakom rekommenderas 86 cm stoldelningsmått vid tvåsitsrader i eftersittning och 89-91 cm vid tresitsrader. Det är även tillräckligt för att få plats att arbeta med en bärbar dator på stolens bord (Kottenhoff och Andersson, 2009). Som jämförelse är 90 cm stolsdelning standard vid tresitsrader på Reginatåg idag.

Om utrymmet under stolen framför utnyttjas för kabinväskor och handbagage som på flygplan kan dock inte hela det tillkommande utrymmet tillgodoräknas som ökat benutrymme – men det finns också bagagehyllor ovanför fönstren som alternativ.

Undersökningen som ligger till grund för rekommendationen på 86-91 cm stolsdelningsmått har dock inte fokuserat på problemen att ta sig in och ut till sittplatsen vid fönstret, vilket kan upplevas som besvärligt speciellt om andra resenärer tvingas resa på sig. Dessutom finns det en betalningsvilja för bättre komfort som gör att mer benutrymme och möjligen tjockare dynor i sätena kan övervägas. Värderingsstudier har gett 4-7 % för 10 cm mer benutrymme, att jämföra med ökade tågdriftkostnader per resenär på 5-8 % för 10-15 cm större delningsmått mellan stolsraderna. Resenärernas värderingar visar att det viktiga återstående utrymmet mellan knäet och framförvarande stolsrygg även för långa personer i sittande ska vara 20 cm eller större för att uppleva att benutrymmet är gott (Kottenhoff och Andersson, 2009).

Värderingsstudier visar också att det går att delvis kompensera resenärernas negativa värde av att sitta tre i bredd (i genomsnitt 2 % av biljettpriset) med antingen mera benutrymme, eller något bredare mittsäte. Ett delningsmått i

eftersittning som är 5-10 cm längre för tresitsrader än för tvåsitsrader är därför angeläget.

Motsittningsplatser upplevs ofta som trånga när det gäller benutrymme, vilket motiverar att ca 10 % extra utrymme läggs på delningsmåttet vid motsittning.

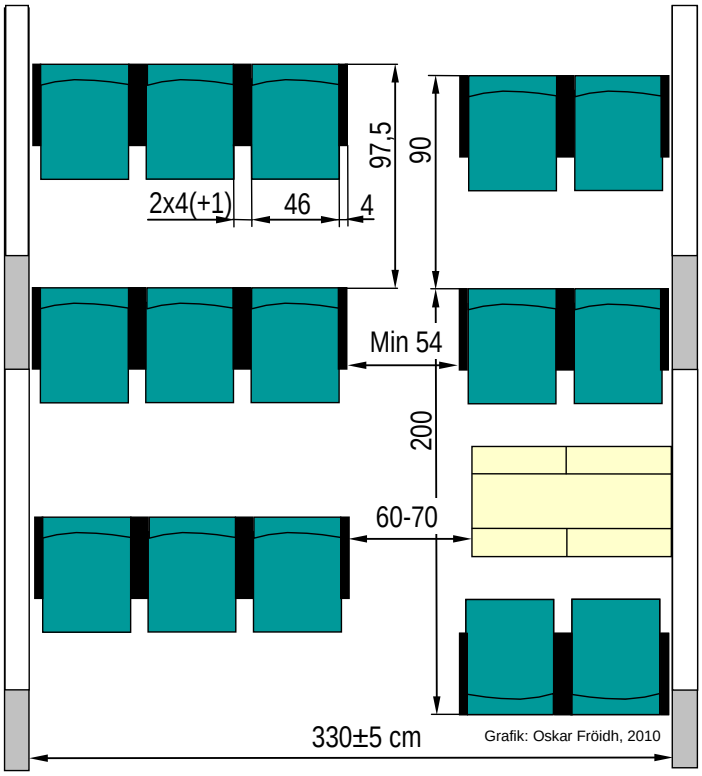
Tabell 39. Delningsmått för sittplatser med yteffektiva stolar

	Första klass	*Ekonomiklass*	
		Komfort	*Kompakt*
Medsittning, 2-sits	100 cm	90 cm	86 cm
Medsittning, 3-sits	*Förekommer ej*	97,5 cm	91 cm
Motsittning med fast bord, 2-sits	210 cm	200 cm	190 cm
Motsittning med fast bord, 3-sits	*Förekommer ej*	*Förekommer ej*	*Förekommer ej*

I vagnsskisserna i kapitel 5 har delningsmåtten i tabellen (ovan) använts. För ekonomiklass används i regel komfortvärdena, men en variant redovisas med kompakt möblering med mindre delningsmått enligt Kottenhoff och Andersson (2009) som får betraktas som ett minimum. Motsittning vid tresitsrader förekommer ej i skisserna, dels för att det är svårare att ta sig in till fönsterplatsen vid fasta bord, dels för att delningsmåttet vid eftersittning någorlunda matchar motsittning vid tvåsitsrader vilket är en fördel för att konstruera en vagnskorg som verkligen har fönster för alla fönsterplatser.

Sittplatsens bredd

Den invändiga bredden i (i armbågshöjd) bör vara något större än på hittills levererade breda tåg med 2+3-sittning (Regina), och här antas att en inre bredd på 330±5 cm kan anordnas vilket är 11±5 cm bredare än Regina. Bredden på sittplatsutrymmet är viktigare än det faktum att det vid fullsatt tåg sitter tre personer i bredd. Komforten särskilt på mittplatsen vid tre säten i bredd behöver därför förbättras enligt studier av resenärernas betalningsvilja. Förutom en lösning med bredare sittdyna kan utrymme skapas genom individuella, uppfällbara armstöd och genom att kompensera med mer benutrymme (5-10 cm). Här föreslås att alla sittplatser förses med individuella armstöd och sittdynan görs 46 cm bred.



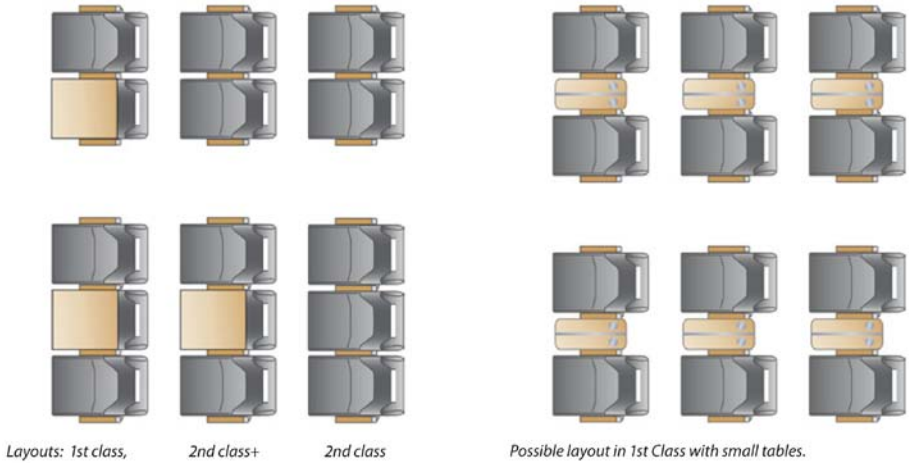
Figur 60. Principmått (cm) i vagnsskisserna på Gröna tåget med bred korg och hög komfort. Måtten förutsätter yteffektiva stolar med tunna dynor.

För första klass antas ett något större delningsmått än i ekonomiklass som ger mer benutrymme för att öka resenärernas betalningsvilja. Sätets bredd antas dock vara identiskt mellan första och andra klass. Motivet är undersökningsresultat som visar att förstaklassresenärerna i första hand betalar för arbetsytor och arbetsro, därefter rangordnas komforten som bättre benutrymme, och en bredare stol (Kottenhoff, 2002).

Andraklassbredden kompenseras i första klass med extra avlastningsbord bredvid sätena, som också ger mer armbågs- och revirutrymme. Det är möjligt att en ny värderingsstudie skulle genomföras om resenärerna föredrar avlastningsbordet eller hellre en bredare stol. En undersökning visar att 5 cm bredare stol värderas till 4 % av biljettpriset (Kottenhoff och Andersson, 2009).

Flexmöjlighet

För att öka beläggningsgraden antas en del utrymmen vara flexibla mellan ekonomiklass, plusstandard och första klass. Det innebär att dessa möbleras i princip som 2+3, men där mellanplatsen respektive gångplatsen har ryggstöd som också är ett fällbart bord.



Figur 61. Flexsittplatser med 2+3-sittning i ekonomiklass (”2nd class”) kan göras om till plusstandard eller första klass genom att fälla ryggen till ett avlastningsbord. Vid en glipa mellan stolsryggarna bör någon form av skärm ordnas för att förhindra insyn. Bild ur Kottenhoff och Andersson, 2009

Vid plusstandard görs mellanplatsen i tresitsraderna om till ett bord genom att ryggstödet med en hård, plan baksida fälls ner och sittningen blir 2+1+1. Vid förstaklassflexning fälls även ryggstödet/bordet på gångplatsen i tvåsitsraden ned och utrymmet blir 1+1+1. Praktiska erfarenheter visar dock att det är betydelsefullt att skärma av från insyn bakifrån mellan stolsryggarna för att förhindra att obehöriga får del av eventuellt känslig information som resenären framför läser.

Samtliga sittplatser förses med bord för såväl mat och dryck som arbete. Vid medsittning fällbara bord som fästs i stolen framför, helst stadiga med vibrationsdämpning, och vid motsittning med fast bord med uppfällbara kanter.

Rullstolsplatser

Det ska i ett tåg som är mindre än 205 m långt finnas minst 2 platser för rullstolar (TSD Tillgänglighet för funktionshindrade, 2008). Det verkliga antalet bör bedömas efter beräknad efterfrågan på resor med rullstol. Däremot finns det inget krav på att större handikapphjälpmedel som permobiler ska kunna tas med på tåg.

Rullstolsplatserna ska vara nåbara med rullstol utan trappsteg inne i tåget samt ha tillgång till en handikappanpassad toalett. Minimibredd på dörrar för rullstol är 80 cm. Ska den rullstolsburne resenären själv förflytta sig i tåget bör den fria bredden i korridorer vara minst 100 cm, men rullstolen kan komma igenom smalare passager på 80 cm. Tillgång till service som servering utan trappsteg på vägen är önskvärt men inte något krav.

4.9 Servering

Motiv för servering på tåg

Resenärernas efterfrågan (betalningsviljan) bör motsvara kostnaderna för servering ombord på tåg för att det ska vara intressant för en trafikoperatör att erbjuda den servicen. Det innebär att serveringen inte behöver vara lönsam i sig, men att den tillsammans med mervärdet för resenären av tillgång till mat och dryck ska visa positivt resultat i form av högre biljettintäkter.

Enklare servering

Vid färre resenärer i tåget, kortare restider och vissa tider på dygnet är efterfrågan på serveringsutbud litet. Det gäller då att finna en lösning som ger ett basutbud till en låg kostnad.

Boyvagn/trillevogn/mobil serveringsvagn anser SJ AB (Mägi, 2007-02-19) inte vara något bra alternativ av arbetsmiljöskäl (tung vagn) och säkerhetsskäl (kan komma i rörelse vid kraftig inbromsning). I Öresundstågen låses vagnen fast och används som fast försäljningspunkt.

Vid kioskförsäljning saknas utrymme för exponering av varorna, men den är å andra sidan lätt att stänga och låsa. Eventuellt kan automater användas på långväga regionaltåg som trafikerar dessa sträckor, men det gäller då att erbjuda hög kvalitet till ett bra pris för att kunna konkurrera med serveringsutbudet på stationerna. Kaffet bör till exempel vara malet på plats för att undvika frystorkat eller att kaffepulvret slammar ihop i kaffefiltret.

Servering ombord i fjärrtrafik

Vid restider över två timmar ombord ökar efterfrågan på servering av mat som smörgåsar och varma rätter. En lösning är bistron i X 2000 och X55 där varorna exponeras i en lång kyldisk för självbetjäning. Det ökar möjligheterna för kunden att titta på varan innan köpet och bidrar till ökad försäljning, inte minst av vin, men tar ganska långt utrymme i vagnen. Automater i samma vagn som bistron kan vara ett komplement under den tid som bistron är stängd eller när det bildas kö i serveringen.

I första klass bör servering vid sittplatsen ingå för att skapa ett mervärde. Det kräver kyl- respektive uppvärmningsmöjlighet, helst i pentry i närheten.

Figur 62. Serveringsavdelning (bistro) i X 2000 med lång kyldisk för exponering av varor. Under disken står carts. Tågets inre bredd medger i detta område endast längsgående bord.

Furnering och livsmedelshantering

Strävan måste vara att minimera plockning, inventering och annat arbete ombord för att kunna ge bättre service och utnyttja personalen optimalt. Idag används ett system med carts (en låda på hjul) som i princip är en lösning från flyget. Varorna lyfts upp från carts till hyllan i kyldisken på brickor. Önskemålet är att kunna förbereda snabbare, till exempel om man kunde exponera direkt från carts utan att behöva lyfta upp varorna i hyllan.

En möjlighet skulle kunna vara ett system med moduler som skjuts in på plats utifrån. Modulen kan innehålla en kyldisk med varor samt ytterväggen. Furnering (lasta i varor) och avfurnering (lasta ur osålda varor) sker då genom att hela moduler byts ut från vagnssidan. Liknande system används redan när det gäller många tekniska komponenter i tåget vid verkstadsbesök.

Livsmedel måste hanteras i en obruten kylkedja för att inte behöva kasseras efter viss tid i värmen. Livsmedlen måste också vara väl förpackade för att slippa testa personalen för smittsamma sjukdomar, det vill säga om det ska vara möjligt att använda tågpersonal i serveringen. För hantering av livsmedel krävs också en separat personaltoalett.

4.10 Sammanfattning

Gröna tåget kan för trafik i Norden utföras med bred korg som är 3,46-3,55 m bred utvändigt i bredaste partiet 1,5-1,8 m över rälsöverkant förutsatt att fordonsprofilen utformas lämpligt. Det dimensionerande området är Danmark men Öresundsförbindelsen till Köpenhamn H medger bredare tåg än resten av landet. Om Gröna tåget utförs med korta vagnskorgar och mindre boggicentrumavstånd (än 19 m) kan korgbredden ökas generellt. Fortsatta undersökningar är önskvärda för att bestämma största möjliga korgbredd.

Gröna tåget ska utformas för punktlig tågtrafik. Det innebär att tågkonceptet ska dimensioneras för toppbelastning då tåget är fullbokat. På- och avstigning ska ske inom snäva tidsramar vilket kräver att dörrar och entréer, bagagehyllor och mittgången i tåget placeras och utformas med eftertanke.

På varje vagnssida bör det finnas två enkeldörrar placerade enligt kvartsmodellen, det vill säga på ¼ och ¾ av vagnssidan, för kortast på- och avstigningstider. Andra lösningar med dörrar i vagnsändarna eller mitt på vagnen ger längre gångvägar i tåget och det blir då lättare stockning. Rörelsehindrade resenärer kan tas ombord i en särskild entré med en entréhiss som är snabbare än många av dagens lösningar.

Mittgången bör medge möten mellan resenärer, vilket kräver att den är 60-70 cm bred åtminstone på vissa ställen. Det kan åstadkommas genom att det fasta bordet vid motsittning görs lite kortare.

Bagagehyllor för tungt bagage behöver rymma flera kollin än dagens X 2000 och även rymma barnvagnar för att öka säkerheten och förbättra arbetsmiljön. Vid 0,5 kollin tungt bagage per resenär behövs 1,5 hyllmeter per tio sittplatser. Under varje sittplats ska det finnas utrymme på 30-35 cm för kabinväskor och handbagage, liksom på en hylla över fönstren.

Sittkomforten dimensioneras för restider på upp till 5 timmar. Möjligheten till flexibel inredning där ekonomiklassplatser kan göras om till plusstandard eller första klass för tjänsteresenärer bör övervägas för att öka beläggningsgraden. Det förutsätter att mittplatsen vid tresittning och gångplatsen vid tvåsittning ska kunna göras om till avlastningsbord.

5. Vagnsplaner för Gröna tåget

Vagnsplanerna visar några möjliga utföranden av inredningen i Gröna tåget och vilken kapacitet tåget kan få. Avsikten är att exemplifiera hur riktlinjerna för tågkonceptet kan omsättas till utformning. Eftersom Gröna tåget är avsett att vara ett generellt användbart snabbtåg är det av stor betydelse att välja lösningar som är anpassningsbara för olika marknader och är flexibelt för ändringar och ombyggnader under tågets livslängd.

5.1 Utformning för fjärrtrafik

Tre varianter

Den bärande idén med Gröna tåget är ett brett tåg som möjliggör 2+3 säten i bredd i ekonomiklass och 2+2 säten i första klass, med teknisk utrustning under golvet. Tåget ska kunna utrustas med korglutning vilket ställer särskilda krav på utformningen av korgen.

Vagnskorgen i varianterna med lång korg är i följande skisser 25,0 m invändigt mått, det vill säga möblerbar yta inklusive entréer. Ändvagnarna har 4 m långa avsmalnande nospartier med förarhytt och det invändiga måttet för passagerarutrymmen blir där 22,0 m. Den största invändiga korgbredden på det breda tåget (GTW) är 3,30±0,05 m och på tåget med kontinental profil (GTC) 2,70±0,05 m.

Som huvudalternativ ritas dörrplaceringen med enkeldörrar enligt kvartsmodellen placerade på ¼ och ¾ av vagnslängden mellan boggierna. Det ger kortast på- och avstigningstider. En kompaktvariant med dubbla enkeldörrar enligt mittmodellen är också ritad eftersom den rymmer något flera (ca 5 %) sittplatser.

En ledad version med korta vagnskorgar och jakobsboggier (GTA) presenteras som jämförelse med samma invändiga korgbredd som i GTW. Den möblerbara längden är där 16,0 m i mellanvagnarna och 17,5 m i ändvagnarna. Syftet med den ledade versionen är framför allt att göra det möjligt att köra breda tåg till Köpenhamn och eventuellt vidare i Danmark om det skulle visa sig ogörligt med ett tåg med långa vagnskorgar.

Inredning

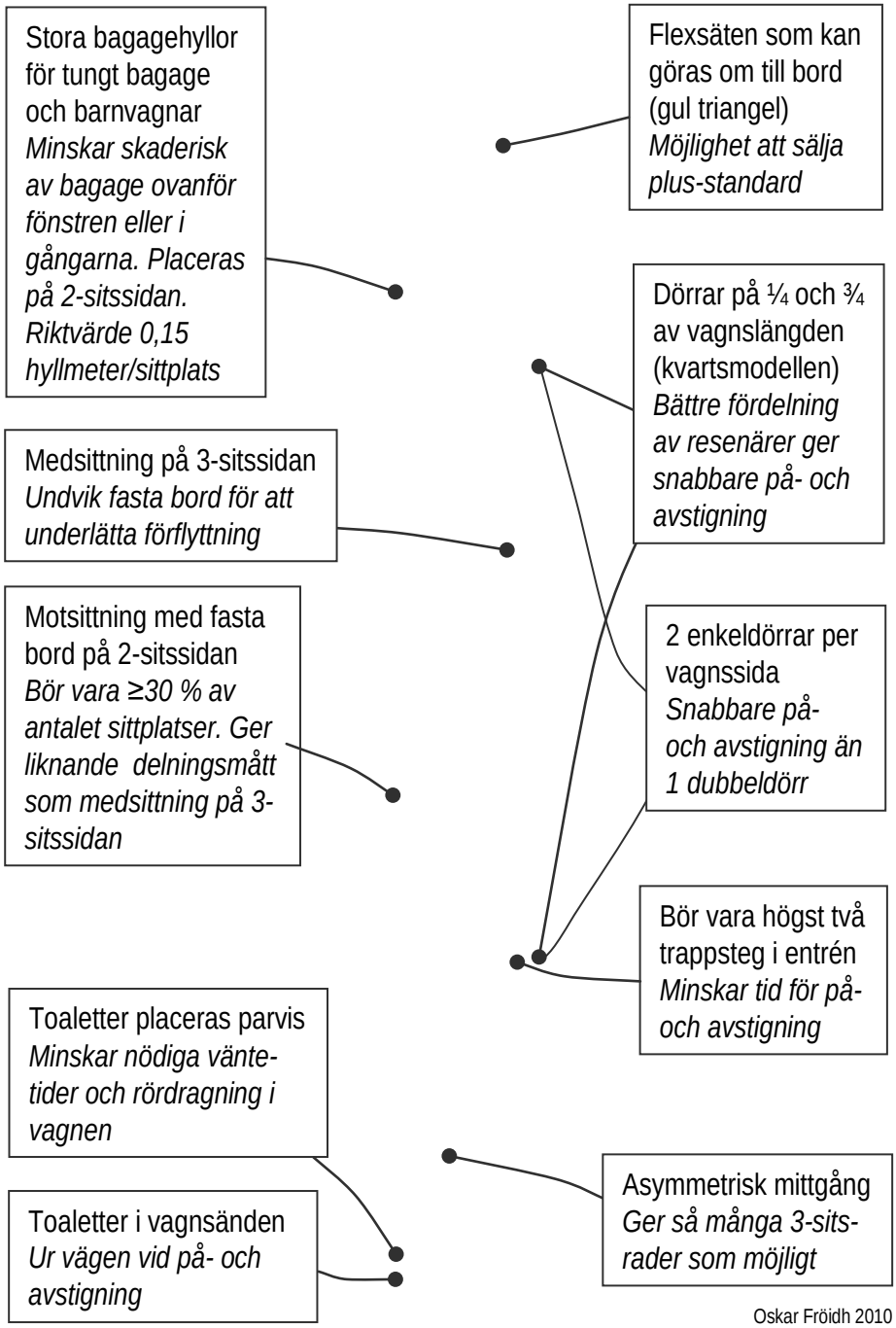
Andelen förstaklassplatser är i skisserna 22-23 %. Det är otillräckligt på stambanorna under morgnar och eftermiddagar när andelen tjänsteresenärer är

stort. Det breda tåget har här flexmöjlighet, vilket innebär att det mittersta sätet i en rad med tre säten i bredd kan göras om till en bordsyta med ett enkelt handgrepp. Detsamma gäller gångplatsen vid två säten i bredd, se vidare i avsnitt 4.8. Det innebär att möbleringen 2+3 även kan säljas antingen 2+1+1 eller 1+1+1. Behov av flera förstaklassplatser täcks följaktligen med flexmöjligheten på bekostnad av antalet ekonomiplatser.

I tåget med kontinental korgbredd skulle istället förstaklassavdelningen behöva utökas på bekostnad av ekonomiklassavdelningen, vilket minskar antalet sittplatser något. Här redovisas dock bara ett utförande där andelen fasta förstaklassplatser är ungefär lika stort som i det breda tåget.

Serveringsavdelningen är skissad 7,5 m lång i mellanvagn M1 vilket är detsamma som i det jämförbara tåget X55. I kompakttåget är den ännu kortare. Tanken bakom en kompakt serveringsavdelning är att efterfrågan på servering minskar något genom de kortare restiderna, även om många kommer att efterfråga mat vid vanliga mattider även i fortsättingen. Den lilla salongen bredvid serveringsavdelningen kan användas för förtäring om de sittplatserna lämnas obokade vid mattiderna. Tanken är också att erbjuda servering vid sittplatsen för så många förstaklassresenärer som möjligt. Det är dock möjligt att någon operatör skulle föredra en större serveringsavdelning och det påverkar i så fall såväl kostnaden som energiförbrukning per sittplats.

Vagnsplanerna visas med reservationen att detaljutformningen kan behöva ändras med hänsyn till behov av apparater och annan teknisk utrustning på den möblerbara ytan. Dessutom kan ytorna för rullstolar, bagage och som nämnts servering behöva ses över. Sammantaget kan dessa faktorer påverka antalet sittplatser, liksom om entréerna i salongerna behöver göras om i syfte att förbättra passagerarflödet vid på- och avstigning. Huvudprincipen är dock att den möblerbara ytan ska reserveras för sittplatser i så hög grad som möjligt och varje minskning av antalet sittplatser ska kunna motiveras ekonomiskt eller av säkerhetsskäl.

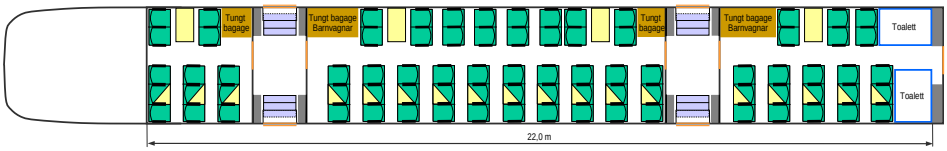


Figur 63. Designprinciper för vagnsplanerna.

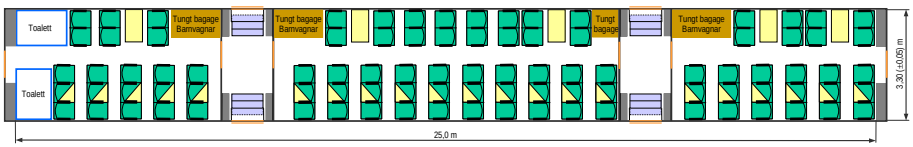
5.2 Bred vagnskorg (GTW)

Brett tåg (GTW) med fyra vagnar

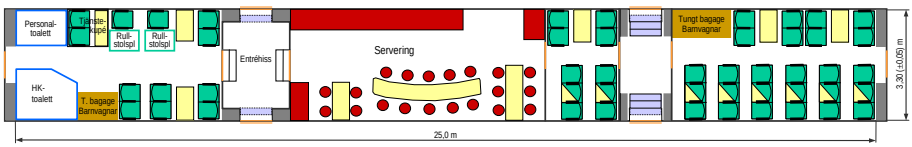
För fjärrtrafik i Sverige är en tågstorlek på ca 300 sittplatser användbar och den här skissade varianten har 285 bokningsbara sittplatser med god komfort. Det visade utförandet är jämförbart med Gröna tåget med kontinental korgbredd (GTC) med 5 vagnar.



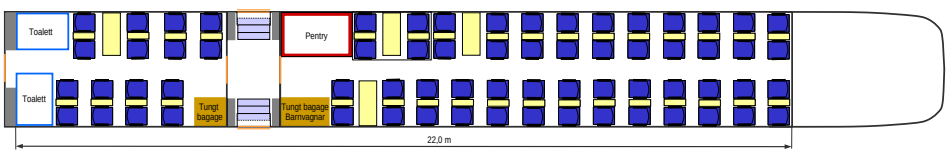
GTW ändvagn B. 80 sittplatser i ekonomiklass (2+3) med flexmöjlighet.



GTW mellanvagn M3. 93 sittplatser i ekonomiklass (2+3) med flexmöjlighet.



GTW mellanvagn M1. 36 sittplatser i ekonomiklass (2+3) med flexmöjlighet, 10 sittplatser (2+2) i ekonomiklass och 2 rullstolsplatser, och en mellanstor serveringsavdelning.



GTW ändvagn A. 66 sittplatser i första klass (2+2) med pentry.

Figur 64

Tabell 40. Potential för ytterligare sittplatser

GTW 4 vagnar	Sittplatser *1 klass*	*Ekonomi*	*Summa*	*Anmärkning*
Utförande enligt skiss	66 (23 %)	219	285	Servering 2 rullstolsplatser
Potential för ytterligare sittplatser				*Konsekvenser*
Dubbla enkeldörrar som mittmodellen istället för kvartsmodellen		10		Längre uppehållstider
Hälften så mycket utrymme för tungt bagage och barnvagnar	2	10		Ökad skaderisk av bagage i gångar och på hyllorna över fönstren
Ingen servering och ingen personaltoalett		38		Sämre service
Restaurang, ¾ vagn		*-36*		*Bättre service*
Ingen tjänstekupé		2		Sämre arbetsmiljö
5-7 % kortare benutrymme	4	10		Sämre komfort, ej plusstandard
1 toalett i st. för 2 pr. vagn	2	6		Kö, sämre komfort
Summa inkl. potential	*76*	*285*	*361*	

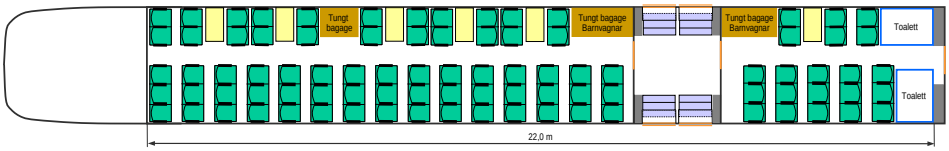
Tabell 41. Nyckeltal för dörrar, bagagehyllor och toaletter

GTW 4 vagnar	*Medelvärde*	*Maxvärde*	*Anmärkning*
Antal sittplatser per entrédörr	41	49 (ekonomi); 66 (1 klass)	
Utrymme i bagagehylla för tungt bagage och barnvagnar	16 cm		per sittplats
Antal sittplatser per toalett	41	55	

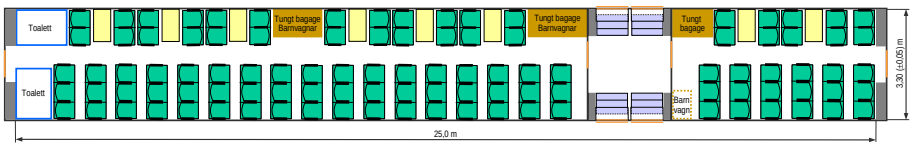
För denna variant av GTW är medelvärdena fortfarande relativt låga av såväl dörrar som toaletter och det finns tillräckligt med utrymme för tungt bagage och barnvagnar. Fördelningen är relativt bra i ekonomiklass men maxbelastningen blir i förstaklassavdelningen i ändvagn A. Här antas att det ändå är acceptabelt eftersom tjänsteresenärer i regel har god rörlighet, tågåkarvana och mindre mängd bagage vilket kan förväntas medföra relativt korta uppehållstider. En tänkbar variant är att ha två enkeldörrar även i ändvagn A, vilket skulle minska antalet förstaklassplatser med 8 men å andra sidan ge större flexibilitet för olika trafikuppgifter.

Brett tåg (GTW) med fyra vagnar i kompaktutförande

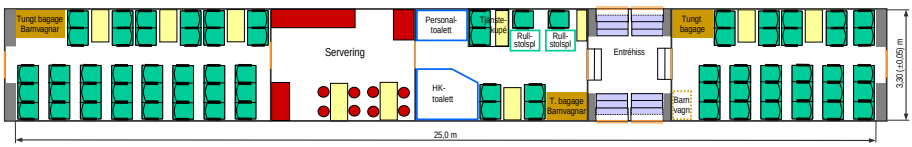
En studie av en kompakt variant med många sittplatser ger en uppfattning om potentialen för ett ekonomiskt och energieffektivt tåg. Här har det mindre stolsdelningsmåttet använts (se avsnitt 4.8) och dubbla enkeldörrar enligt mittmodellen istället för två enkeldörrar enligt kvartsmodellen, allt i syfte att få flera sittplatser i tåget. Förstaklass finns inte, men i ändvagn A är sätena flexbara vilket ger möjlighet att sälja plusstandard. Sammanlagt ryms 335 ekonomiklassplatser i det skissade utförandet.



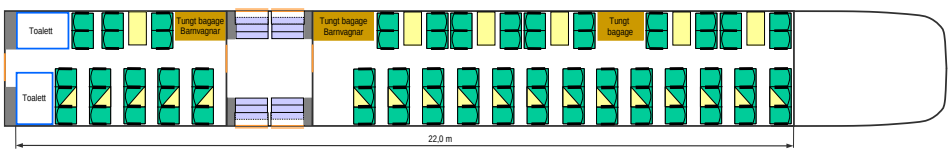
GTW ändvagn B. 88 sittplatser i ekonomiklass (2+3).



GTW mellanvagn M3. 103 sittplatser i ekonomiklass (2+3).



GTW mellanvagn M1. 64 sittplatser i ekonomiklass (2+3) och 2 rullstolsplatser, och en liten serveringsavdelning.



GTW ändvagn A. 80 sittplatser i ekonomiklass (2+3) med flexmöjlighet.

Figur 65

Tabell 42. Potential för ytterligare sittplatser

GTW 4 vagnar kompakt	Sittplatser *1 klass*	*Ekonomi*	*Summa*	*Anmärkning*
Utförande enligt skiss		335	335	Liten servering 2 rullstolsplatser
Potential för ytterligare sittplatser				*Konsekvenser*
Hälften så mycket utrymme för tungt bagage och barnvagnar		14		Ökad skaderisk av bagage i gångar och på hyllorna över fönstren
Ingen servering och ingen personaltoalett		20		Sämre service
Ingen tjänstekupé		2		Sämre arbetsmiljö
1 toalett i st. för 2 pr. vagn		8		Kö, sämre komfort
Summa inkl. potential		*379*	*379*	

Tabell 43. Nyckeltal för dörrar, bagagehyllor och toaletter

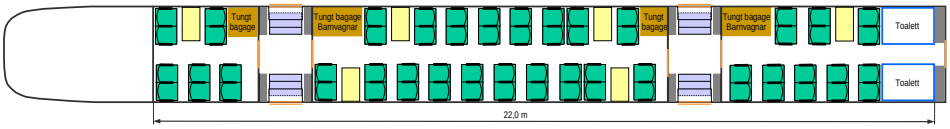
GTW 4 vagnar kompakt	*Medelvärde*	*Maxvärde*	*Anmärkning*
Antal sittplatser per entrédörr	84	140	Dubbla enkeldörrar
Utrymme i bagagehylla för tungt bagage och barnvagnar	16 cm		per sittplats
Antal sittplatser per toalett	48	70	

Kompaktversionen av GTW har flera sittplatser per dörr och längre gångvägar i tåget, vilket gör att på- och avstigningstiderna kommer att bli relativt långa med en påtaglig risk för stockning vid hög belastning. I det visade utförandet finns det dessutom en salong som saknar direktkontakt med entrédörr i M1. Det går dock att förbättra kompaktversionen i dessa avseenden med följd att det ryms något färre sittplatser. Avsaknaden av förstaklassavdelning ger ytterligare sittplatser som dock kan ersättas med plusstandard med flexbara säten, och i så fall minskar antalet sittplatser med 18 i ändvagn A på tresitssidan.

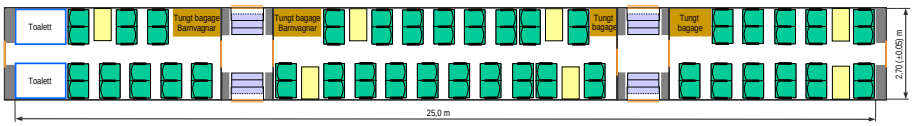
5.3 Kontinental korgbredd (GTC)

Kontinental bredd (GTC) med fem vagnar

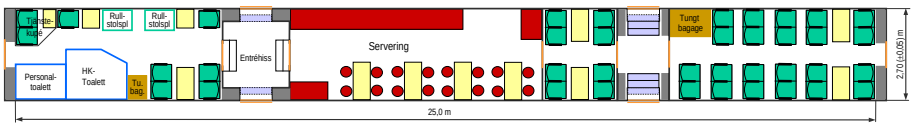
Gröna tåget med kontinental korgbredd med fem vagnar och 288 bokningsbara sittplatser är jämförbart med GTW med bred korg och fyra vagnar.



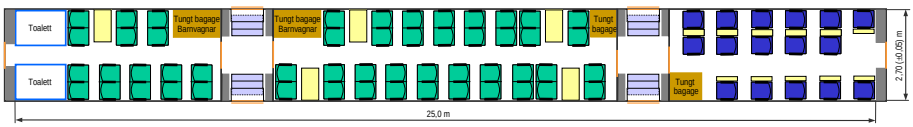
GTC ändvagn B. 62 sittplatser i ekonomiklass (2+2).



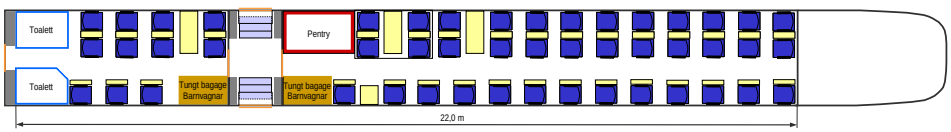
GTC mellanvagn M3. 74 sittplatser i ekonomiklass (2+2).



GTC mellanvagn M1. 36 sittplatser i ekonomiklass (2+2) och 2 rullstolsplatser samt en serveringsavdelning.



GTC mellanvagn M4. 52 sittplatser i ekonomiklass (2+2) och 16 sittplatser i första klass (1+2).



GTC ändvagn A. 48 sittplatser i första klass (1+2) med pentry.

Figur 66

Tabell 44. Potential för ytterligare sittplatser

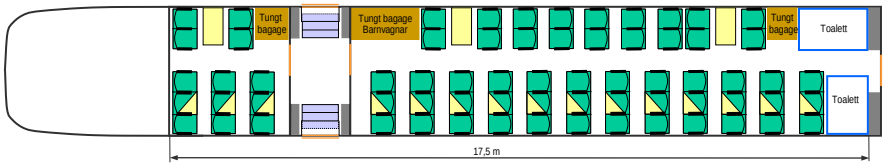
GTC 5 vagnar	Sittplatser *1 klass*	*Ekonomi*	*Summa*	*Anmärkning*
Utförande enligt skiss	64 (22 %)	222	288	Servering 2 rullstolsplatser
Potential för ytterligare sittplatser				*Konsekvenser*
Dubbla enkeldörrar som mittmodellen istället för kvartsmodellen		16		Längre uppehållstider
Hälften så mycket utrymme för tungt bagage och barnvagnar	1	10		Ökad skaderisk av bagage i gångar och på hyllor över fönstren
Ingen servering och ingen personaltoalett		32		Sämre service
Restaurang, ¾ vagn		*-30*		*Bättre service*
Ingen tjänstekupé		2		Sämre arbetsmiljö
5-7 % kortare benutrymme	3	12		Sämre komfort
1 toalett i st. för 2 pr. vagn	1	6		Kö, sämre komfort
Summa inkl. potential	*69*	*300*	*369*	

Tabell 45. Nyckeltal för dörrar, bagagehyllor och toaletter

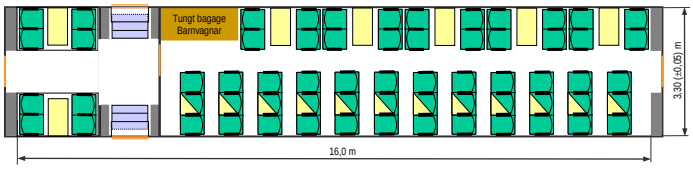
GTC 5 vagnar	*Medelvärde*	*Maxvärde*	*Anmärkning*
Antal sittplatser per entrédörr	32	40 (ekonomi); 48 (1 klass)	
Utrymme i bagagehylla för tungt bagage och barnvagnar	19 cm		per sittplats
Antal sittplatser per toalett	32	43	

Som nämnts tidigare bör förstaklassavdelningen egentligen vara större för vissa trafikuppgifter, men planen är här jämförbar med det breda tåget GTW med fyra vagnar när det gäller andelen fasta sittplatser i första klass. Det är också möjligt att öka utrymmet för sittplatser något på bekostnad av antalet dörrar, bagagehyllor och toaletter för att få det helt jämförbart med GTW. I det här visade utförandet har GTC något bättre prestanda vad gäller uppehållstider.

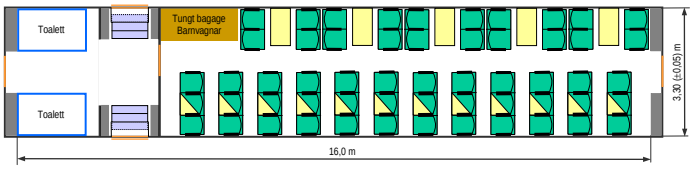
5.4 Korta vagnskorgar (GTA)



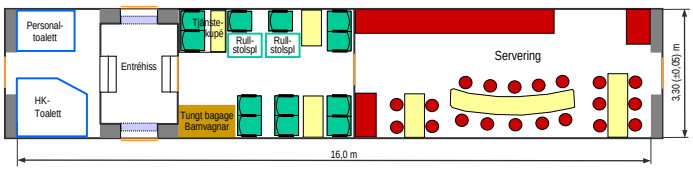
GTA ändvagn B. 67 sittplatser i ekonomiklass (2+3) med flexmöjlighet.



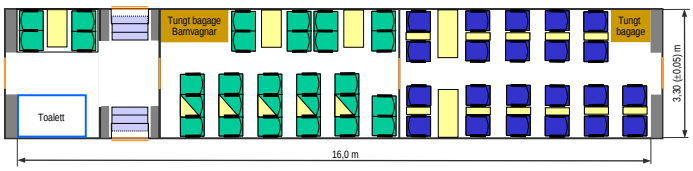
GTA mellanvagn M3. 64 sittplatser i ekonomiklass (2+3) med flexmöjlighet.



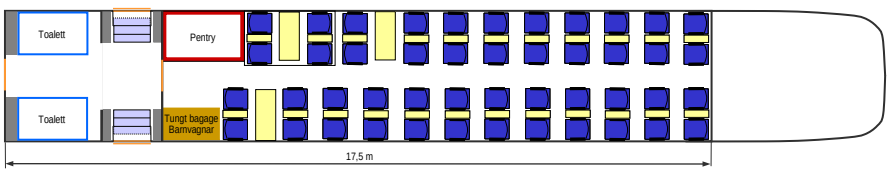
GTA mellanvagn M2. 56 sittplatser i ekonomiklass (2+3) med flexmöjlighet.



GTA mellanvagn M1. 10 sittplatser (2+2) i ekonomi, 2 rullstolsplatser och servering.



GTA mellanvagn M4. 22 sittplatser i första klass (2+2) och 29 sittplatser i ekonomiklass (2+3) med flexmöjlighet.



GTA ändvagn A. 46 sittplatser i första klass (2+2) med pentry.

Figur 67

Ett ledat tågkoncept (GTA) med sex korta vagnskorgar och jakobsboggier mellan vagnarna rymmer 294 bokningsbara sittplatser och är därmed jämförbart med Gröna tåget med långa, breda korgar (GTW) med fyra vagnar och Gröna tåget med kontinental korgbredd (GTC) med fem vagnar.

Tabell 46. Potential för ytterligare sittplatser

GTA 6 vagnar	Sittplatser *1 klass*	*Ekonomi*	*Summa*	*Anmärkning*
Utförande enligt skiss	68 (23 %)	226	294	Servering 2 rullstolsplatser
Potential för ytterligare sittplatser				*Konsekvenser*
Hälften så mycket utrymme för tungt bagage och barnvagnar	1	10		Ökad skaderisk av bagage i gångar och på hyllorna över fönstren
Ingen servering och ingen personaltoalett		40		Sämre service
Ingen tjänstekupé		2		Sämre arbetsmiljö
5-7 % kortare benutrymme	2	12		Sämre komfort
Summa inkl. potential	*73*	*290*	*363*	

Tabell 47. Nyckeltal för dörrar, bagagehyllor och toaletter

GTA 6 vagnar	*Medelvärde*	*Maxvärde*	*Anmärkning*
Antal sittplatser per entrédörr	49	67 (ekonomi); 46 (1 klass)	
Utrymme i bagagehylla för tungt bagage och barnvagnar	13 cm		per sittplats
Antal sittplatser per toalett	37	50	

Det ledade tågkonceptet ger något högre belastning på dörrar och bagagehyllorna än GTW i det här visade utförandet. Fortfarande bedöms dock belastningen acceptabel. Möjligen skulle man överväga dubbla enkeldörrar istället för en enkeldörr per vagnssida för att korta ner uppehållstiderna.

5.5 Skillnader mellan tågkoncepten

Breda tåg eller kontinental korgbredd

En jämförelse mellan breda tågsätt (GTW) och kontinentalbreda (GTC) visar att breda tåg rymmer 25-30 % flera sittplatser med i övrigt jämförbar utformning tack vare bättre utrymmesutnyttjande.

Uttryckt på ett annat sätt har fyra breda vagnar samma sittplatsantal som fem vagnar med kontinental bredd, det vill säga 20 % färre vagnar. GTW har 2,64 sittplatser per meter tåglängd mot 2,15 för GTC med god komfort och utformning för snabb på- och avstigning.

Beroende på graden av utrymmesoptimering och fördelning mellan första klass och ekonomiklass är 25-30 % fler sittplatser ett genomsnitt. I första klass är vinsten med 2+2 jämfört med 1+2 större, och vagnskisserna ger 35-40 % fler sittplatser i en bred förstaklassvagn jämfört med en kontinentalbred jämförbar vagn. Bredden i sig underlättar möblering av tåget för alla andra funktioner än sittplatser, till exempel servering och toaletter.

I det breda tåget antas också en möjlighet att flexa sittplatsfördelningen så att ekonomisittningen kan göras om till plusstandard eller förstaklassutrymme, vilket ökar utnyttjandet. En större andel fast förstaklassinredning skulle medföra sämre utrymmesutnyttjande.

Ledat tåg med korta vagnskorgar

Versionen med sex breda korta vagnskorgar blir omkring 8 m längre än ett tåg med fyra långa vagnskorgar med samma antal sittplatser. Det innebär 2,53 sittplatser per meter tåglängd jämfört med 2,64 för GTW. Anledningen är att lederna tar plats och gör att det delvis är svårare att möblera. I gengäld minskar antalet boggier från 8 till 7 vilket har en gynnsam inverkan på kostnaderna.

Kompaktversion

Genom att välja kortare stoldelningsmått går det att få in flera sittplatser per meter tåglängd. Även dubbla enkeldörrar enligt mittmodellen ger en besparing jämfört med kvartsmodellen eftersom två vestibuler ersätts med en. I det skissade tåget uppnås 3,10 sittplatser per meter tåglängd.

Dörrarrangemanget påverkar dock på- och avstigningstiderna kraftigt och man bör försäkra sig om att det ger rimliga tider för uppehållen på de mest belastade stationerna. Den här skissade kompaktversionen gjordes med avsikten att peka på potentialen för ett ekonomiskt och energieffektivt tåg och den kan förbättras, men då på bekostnad av antalet sittplatser.

5.6 Sammanfattning

Ett brett tåg rymmer 25-30 % flera sittplatser i samma vagnskorg jämfört med normalbred eller kontinental korgprofil. Det är möjligt att rymma knappt 300 sittplatser i ett brett tåg med fyra vagnar dimensionerat för punktlig trafik och god komfort vilket ger 2,7 sittplatser per meter tåglängd. Motsvarande sittplatsantal i vagnskorgar med kontinental bredd kräver fem vagnar och ger 2,2 sittplatser per meter.

Lägre komfort, färre bagagehyllor och färre dörrar skulle liksom en mindre serveringsavdelning ge plats för flera sittplatser och ett värde på upp till 3,1 sittplatser per meter tåglängd i ett brett tåg är möjligt, men det skulle samtidigt minska resenärernas betalningsvilja och öka risken för försenade tåg.

6. Bana för högre hastigheter

För att kunna höja hastigheterna för Gröna tåget krävs att banorna rustas upp. En lämplig nivå för trafik med snabbtåg på redan byggda stambanor i Sverige är en topphastighet på 250 km/h. Nyare banor med bättre geometri ger restidsvinster med ännu högre hastigheter upp till 300 km/h. Höghastighetsbanor planeras för 320 km/h. Gröna tågets egenskaper bör väljas så att det blir ett generellt användbart tåg för olika banor och olika trafikuppgifter.

6.1 Mål för hastighetshöjning

Kortare restider angeläget

Kortare restider ger dels ökat resande eftersom tåget blir mer attraktivt, dels minskar kostnaderna för tågtrafiken. För att åstadkomma kortare restider kan olika åtgärder övervägas, som högre topphastighet, kraftigare acceleration, större överhastighet i kurvor och kortare uppehåll på stationerna för resandeutbyte. I Gröna tåget studeras alla dessa åtgärder. Dessutom ska Gröna tåget medföra ökad punktlighet genom en god utformning för toppbelastning under högtrafik.

En viktig förutsättning för korta restider är att banan medger höga hastigheter, i det här fallet en ökning av den idag gällande topphastigheten (största tillåtna hastighet, sth) i Sverige, 200 km/h.

Vilken topphastighet är målnivå?

Det finns ett optimum när det gäller kostnader och nyttor för högre tåghastigheter. Detta optimum är dock inte entydigt utan varierar med olika förutsättningar för olika banor. Eftersom Gröna tåget är ett konceptförslag som ska passa för den nordiska marknaden behöver det medge flexibilitet i utformningen och presenteras i generella termer. I det följande analyseras förutsättningarna i Sverige. I de andra nordiska länderna är förutsättningarna likartade även om det skiljer i tekniska detaljer och banornas geometri är annorlunda.

Tidsplan för genomförande

För att kunna höja tåghastigheterna över 200 km/h i Sverige krävs investeringar i infrastrukturen som beskrivs i detalj nedan. Planeringsprocessen beträffande statliga investeringar hanteras i Nationell plan för transportsystemet 2010-2021

(NTP) (2009). Det gällande förslaget för den kommande tolvårsperioden, reviderat i december 2009, har dock inga planerade investeringar för högre tåghastigheter inom planperioden.

Banverket har också gjort en plan för införande av ERTMS som är ett villkor för hastigheter över 200 km/h och som kortfattat redovisas i foldern ERTMS i Sverige (2009). Den planen har dock främst tagit fasta på interoperabilitet för godstrafiken och högsta prioritet är TEN godskorridor B som i Sverige berör sträckan Öresundsförbindelsen–Malmö–Hallsberg–Stockholm.

Tabell 48. Planerad hastighetshöjning på banor i Sverige

	Installation av ERTMS plan 2008-2030 [1]	*Hastighets-höjning enligt NTP 2010-2021* [2]	*Hastighetshöjning önskvärt för Gröna tåget (se avsnitt 7.4)*
Västra stambanan		Ej inom plan	
Stockholm–Hallsberg	2016-2019		Före 2020
Hallsberg–Göteborg	2020-2025		Före 2025
Södra stambanan		Ej inom plan	
Katrineholm–Malmö	2016-2019		Före 2020
Västkustbanan		Ej inom plan	
Göteborg–Ängelholm	2020-2025		Före 2017
Ängelholm–Helsingborg–Lund	Ej inom plan [3]		Före 2017
Ostkustbanan+ Botniabanan		Ej inom plan	
Stockholm–Sundsvall	2020-2025		Före 2017
Sundsvall–Umeå	2010-2015		Klart 2011
Mälarbanan	Ej inom plan	Ej inom plan	
Stockholm–Hovsta			Före 2025
Svealandsbanan	Ej inom plan	Ej inom plan	
Södertälje–Eskilstuna			Före 2025
Norge/Vänerbanan		Ej inom plan	Före 2017 (med Västkustbanan)
Göteborg–Öxnered	2020-2025		

[1] ERTMS i Sverige (2009)

[2] Nationell plan för transportsystemet 2010-2021

[3] ERTMS kan dock förväntas ingå i objektet dubbelspår Ängelholm–Maria (Helsingborg) som ingår i NTP 2010-2021.

Byggande av höghastighetsbanorna Götalandsbanan och Europabanan kan enligt en statlig offentlig utredning av Gunnar Malm ske med trafikstart 2023-

2025 (Höghastighetsbanor, 2009). Dessa banor skulle kunna ersätta hastighetshöjningar på Västra och Södra stambanorna. Nybyggnad tar dock alltid längre tid att genomföra än uppgradering av befintliga banor. Även om ett beslut om att bygga höghastighetsbanorna skulle fattas i år kommer det följaktligen att löpa 15 år utan utveckling av fjärrpersontrafiken på de viktigaste stråken i landet om inget görs dessförinnan.

I Gröna tåget är det angeläget att höja tåghastigheterna för att få de önskade samhälls- och marknadseffekterna som kortare restider ger. Ingen av de planer som Banverket tagit fram tar dock upp det behovet. Ansatsen i den samhällsekonomiska analysen som görs i detta projekt (se kapitel 7) är följaktligen att hastigheterna ska höjas, där jämförelsealternativet är Banverkets scenario utan hastighetshöjning.

6.2 Bangeometri och tågegenskaper

Bangeometri

Bangeometrin är avgörande för topphastigheten och därmed restiderna. Hög topphastighet förutsätter stora kurvradier. Till viss del går det att kompensera skarpare kurvor med korglutning och boggier med goda gångegenskaper, vilket är en av grundidéerna med snabbtåg som Gröna tåget.

För tåg av kategori B, det vill säga alla resandetåg utan korglutning, medges idag 150 mm rälsförhöjningsbrist (h_b) som är ett mått på resulterande sidoaccelerationen (centrifugalkraften) i kurvor mätt i spårplanet. För snabbtåget X2 med korglutning medges h_b=245 mm mätt i spårplanet, det vill säga resenärerna kompenseras för en stor del av denna sidoacceleration med hjälp av korglutningen.

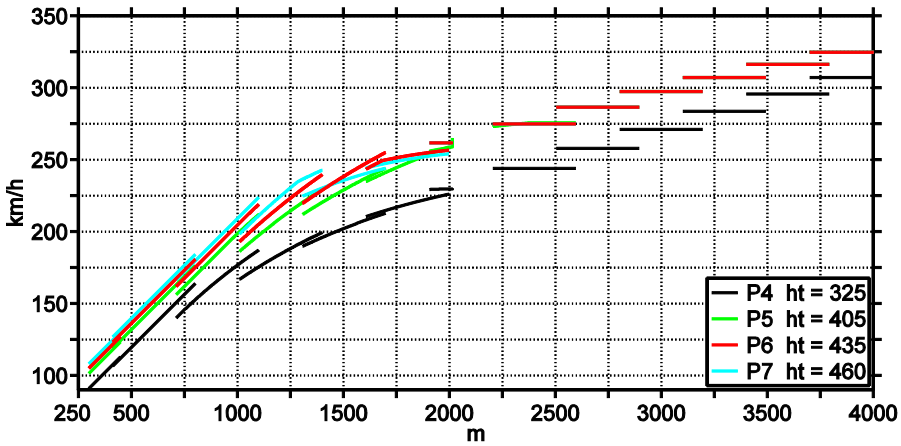
Enligt europanormer som det nya paneuropeiska signalsystemet ERTMS/ETCS baseras på kan högre sidoacceleration medges. För tåg utan korglutning kan h_b=165 mm medges och för tåg med korglutning upp till 300 mm, även om 275 mm är normalt för snabbtåg i Europa. Det påverkar enbart komforten och anses allmänt ge en acceptabel centrifugalkraft i tågets resandeutrymmen givet en aktiv korglutning.

Utöver detta har den anordnade rälsförhöjningen (h_a) betydelse. I Sverige tillämpas 150 mm men en planerad ökning till 160 mm medför att något högre hastigheter i kurvor kan tillämpas utan problem.

För Gröna tåget behöver hastigheterna i kurvor ses över i syfte att förkorta restiderna. I diagrammet redovisas fyra olika alternativ med olika tillämpad rälsförhöjning (h_t=h_a+h_b) inklusive rälsförhöjningsbrist. Hastighetsprofil P4 med h_t=325 mm innebär h_a=160 mm och h_b=165 mm, det vill säga ett tåg utan

korglutning men med något högre hastigheter i kurvor än dagens kategori B-tåg.

Hastighetsprofilerna P5, P6 och P7 avser tåg med korglutning, i samtliga fall med h_a=160 mm. P5 innebär h_b=245 mm, P6 h_b=275 mm och P7 h_b=300 mm.

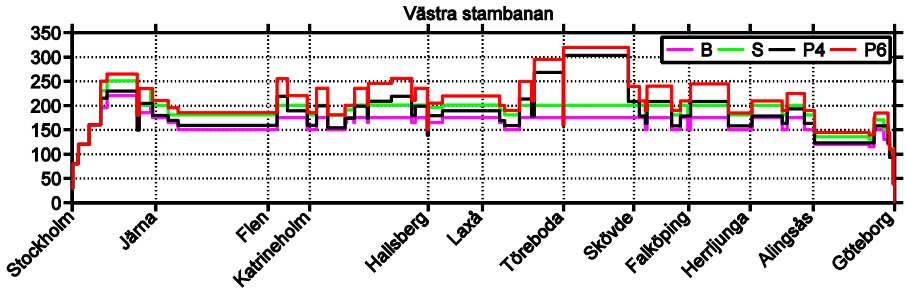


Figur 68. Diagram över största tillåtna hastighet (km/h) som funktion av kurvradie (m). De fyra olika kurvorna (P4-P7) representerar olika tillämpad rälsförhöjning (ht) inklusive rälsförhöjningsbrist. Källa: Sipilä, 2008

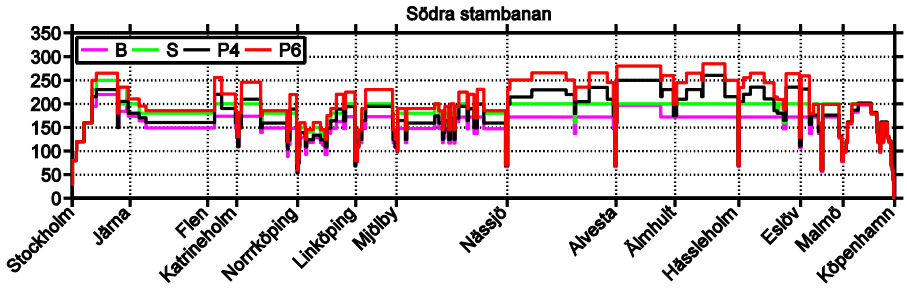
Vid högre hastigheter begränsas tillåten rälsförhöjningsbrist enligt normerna, vilket gör att särskilt korglutande tåg får en avtagande nytta vid trafik på banor med stora kurvradier. Vid hastigheter över ca 275 km/h (kurvradier över 2247 m) är det heller ingen skillnad mellan korglutande tåg med olika tillåten rälsförhöjningsbrist. Den största tillåtna hastigheten avrundas dock alltid nedåt till närmaste femtal km/h i körtidsberäkningarna.

I de redovisade körtidsberäkningarna för Gröna tåget används i regel hastighetsprofil P6, det vill säga en anordnad rälsförhöjning på 160 mm och en rälsförhöjningsbrist på 275 mm (h_t=435 mm) som bedöms vara mest realistisk bland annat med hänsyn till åksjuka..

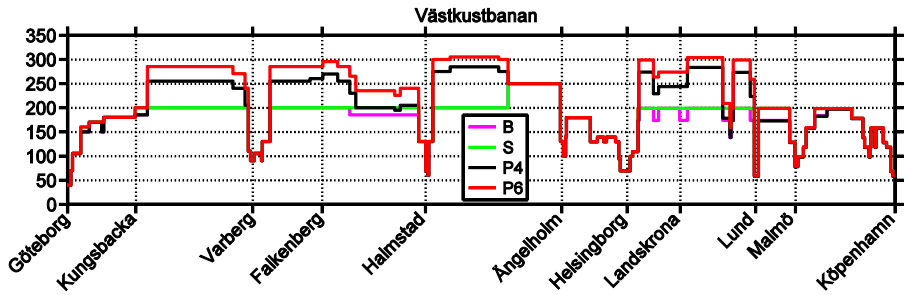
De följande diagrammen visar dagens hastighetsprofiler (B-tåg respektive S-tåg) för några utvalda stråk, samt beräknade hastighetsprofiler utan (P4) respektive med korglutning (P6). Dagens bana inkluderar pågående anläggningsprojekt, men inga ytterligare linjeomläggningar ingår. För en närmare beskrivning hänvisas till Sipilä (2008).



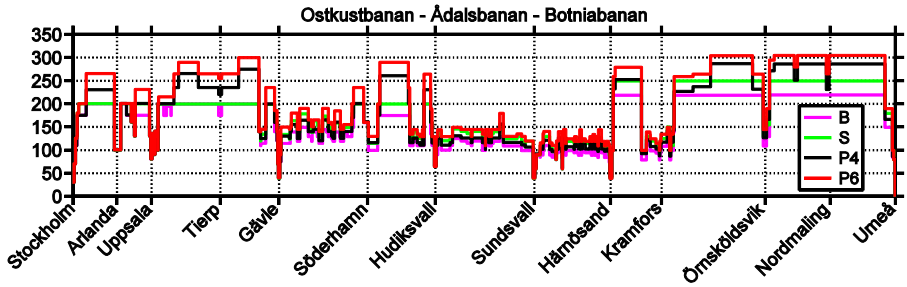
Figur 69. Möjlig hastighetsprofil Stockholm–Göteborg med hänsyn till bangeometrin. Profilen visar att dagens S-tåg, det vill säga X 2000, har en relativt jämn hastighetsprofil för 200 km/h (grön linje). Ett framtida snabbtåg (P6) kan tangera 250 km/h på flera kortare delsträckor och 300 km/h på Västgötaslätten mellan Töreboda och Skövde. Källa: Sipilä, 2008



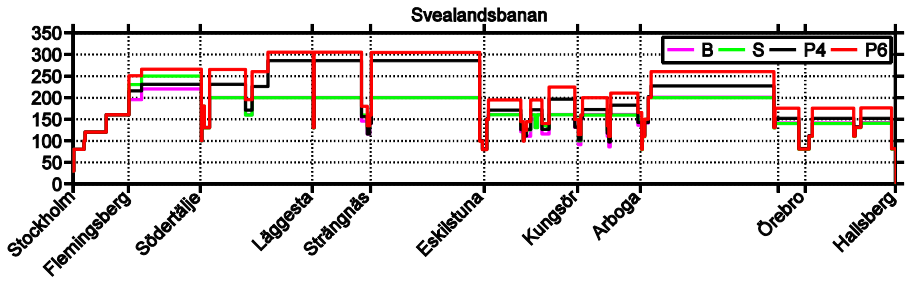
Figur 70. Möjlig hastighetsprofil Stockholm–Köpenhamn via Katrineholm och Malmö med hänsyn till bangeometrin. Södra stambanan är på sträckan mellan Nässjö och Örtofta söder om Eslöv relativt rak och snabbtåg (P6) kan köra minst 250 km/h med undantag av enstaka hastighetsnedsättningar. Källa: Sipilä, 2008



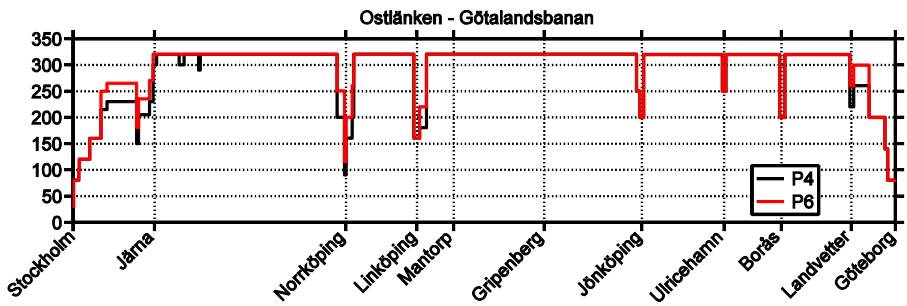
Figur 71. Möjlig hastighetsprofil Göteborg–Köpenhamn via Helsingborg och Malmö. Västkustbanans ombyggda dubbelspåriga avsnitt är till största delen dimensionerade för 250 km/h med B-tåg vilket skulle medge 280-300 km/h med ett framtida snabbtåg (P6). Källa: Sipilä, 2008



Figur 72. Möjlig hastighetsprofil Stockholm–Umeå. De gamla kurviga avsnitten skiljer sig markant från de ombyggda eller nybyggda sträckorna där hastigheter upp till 300 km/h med snabbtåg (P6) är möjliga. Källa: Sipilä, 2008



Figur 73. Möjlig hastighetsprofil Stockholm–Hallsberg via Eskilstuna. Även här skiljer sig de nybyggda avsnitten tydligt från äldre avsnitt och snabbtåg (P6) kan hålla hastigheter upp till 250-300 km/h. Hastighetsbegränsningen i Läggesta gäller enbart nedspåret (växelkurva). Källa: Sipilä, 2008



Figur 74. Möjlig hastighetsprofil för planerad höghastighetsbana Stockholm–Göteborg via Jönköping. Här har en hastighetsprofil för 320 km/h antagits som gäller även för tåg utan korglutning (P4), men det innebär trots allt en del hastighetsbegränsningar framför allt vid stationer. Källa: Sipilä, 2008

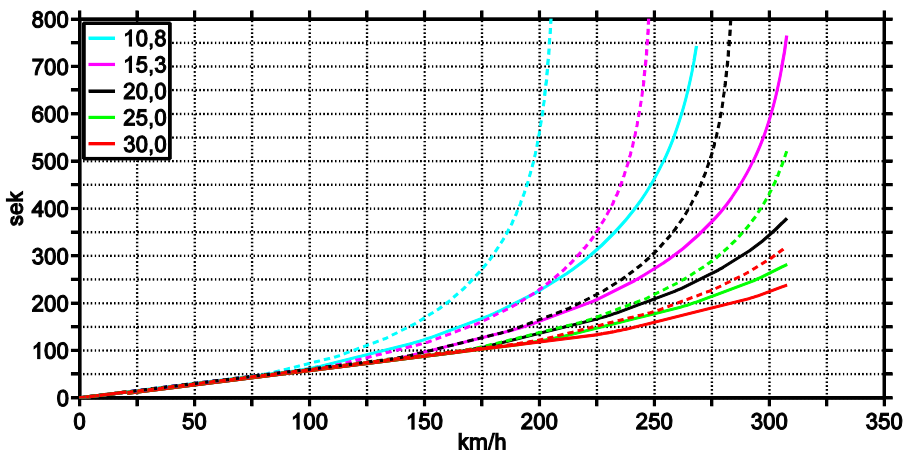
Tågets egenskaper

Analys av tågets egenskaper när det gäller topphastighet eller största tillåtna hastighet (sth), förhållandet effekt/massa (P/m, så kallad specifik effekt) och startacceleration har gjorts för flera olika banor.

Tabell 49. Modellerade tågegenskaper

Parameter	*Nivå*
Största tillåtna hastighet, sth (km/h)	250 280 *320*
	kombineras med
Effekt/massa P (kW/ton)	10,8 15,3 20,0 25,0 *30,0*
	kombineras med
Startacceleration a_s (m/s²)	0,48 0,6 0,8 1,0

Uteslutna kombinationer är sth 320 km/h och 10,8 kW/ton eftersom ett sådant tåg har för liten dragkraft för att överhuvud taget nå topphastigheten. Sth 250 eller 280 km/h och effekt/massa 30 kW/ton ger inte någon nämnvärd skillnad jämfört med 25 kW/ton och de kombinationerna har också strukits. Sth 320 km/h har endast analyserats på nybyggd höghastighetsbana (Götalandsbanan eller delsträckan Ostlänken).



Figur 75. Accelerationstid vid horisontellt spår (heldragna linjer) och med 10 promilles lutning (streckade linjer) beroende av tågets effekt per massa (P/m) i kW/ton. Källa: Sipilä, 2008

Bromsegenskaperna har analyserats i två nivåer; dels likformig retardation om 0,6 m/s², vilket är minimikrav och så kallad komfortbroms, dels en kraftigare retardation om 1,0 m/s². Den kraftigare retardationen skulle under delar av inbromsningen upplevas som obekväm av resenärerna eftersom den i praktiken

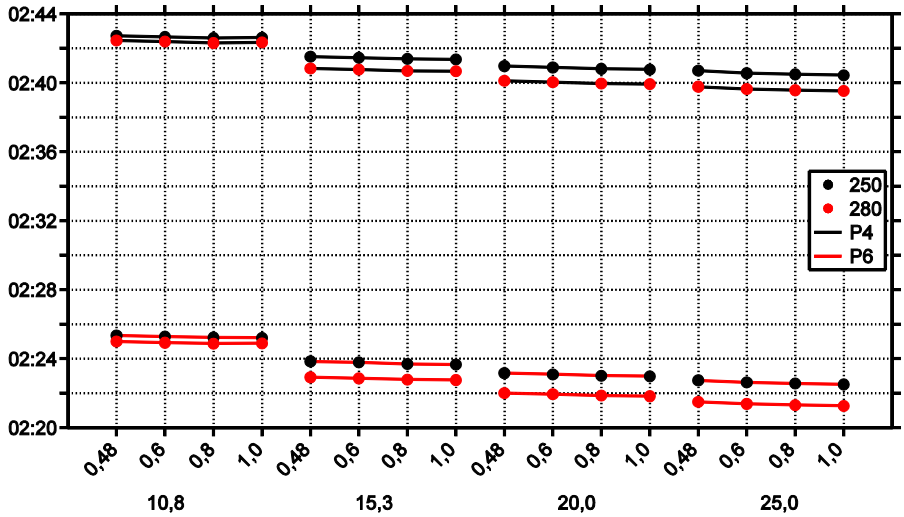
varierar och har högre toppvärden och har därför inte analyserats vidare. Ett tåg med bra bromsegenskaper skulle dock kunna använda kraftigare retardation än komfortbroms för att hämta in förseningar. Punktligheten i tågtrafiken vinner följaktligen på att tåget har bättre acceleration och retardation än vad som normalt tidtabelläggs och används i drift. Det kan också tilläggas att tåget vid nödbromsning når högre retardation än här angivna värden som gäller driftbromsning.

Exempel på körtider framgår av diagrammen, och en fullständig redovisning finns i rapporten Körtidsberäkningar för Gröna tåget (Sipilä, 2008).
Efter analys av ett stort antal kombinationer framgår det klart att ett generellt användbart tåg bör ha prestanda som ger korta körtider på banor av olika karaktär. En bana där startaccelerationen och effekten har extremt liten elasticitet (liten betydelse) är Västra stambanan när tågen kör utan uppehåll vid mellanstationer. Det är en förklaring till att X2, som har relativt dålig startacceleration och låg effekt per massa ändå presterar ganska korta körtider mellan Stockholm och Göteborg. Ett tåg som konstrueras enbart för trafik med få uppehåll på Västra stambanan får därmed prestanda som inte särskilt bra för många andra banor.

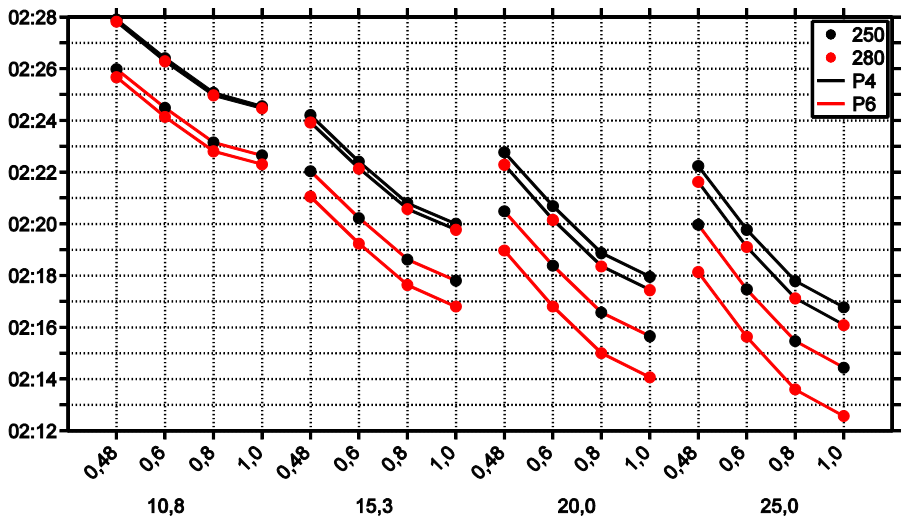
På Västkustbanan där bangeometrin på dubbelspåriga sträckor är bättre och banan tillåter 250 km/h utan korglutning på större delen av sträckan har följaktligen korglutningen liten betydelse. Viktigare är att accelerationen är god, både startacceleration och effekt/massa speciellt för tåg som gör täta uppehåll.

Ett urval av resultaten framgår av tabell (nedan). Här har endast några av de mest realistiska kombinationerna sammanställts.

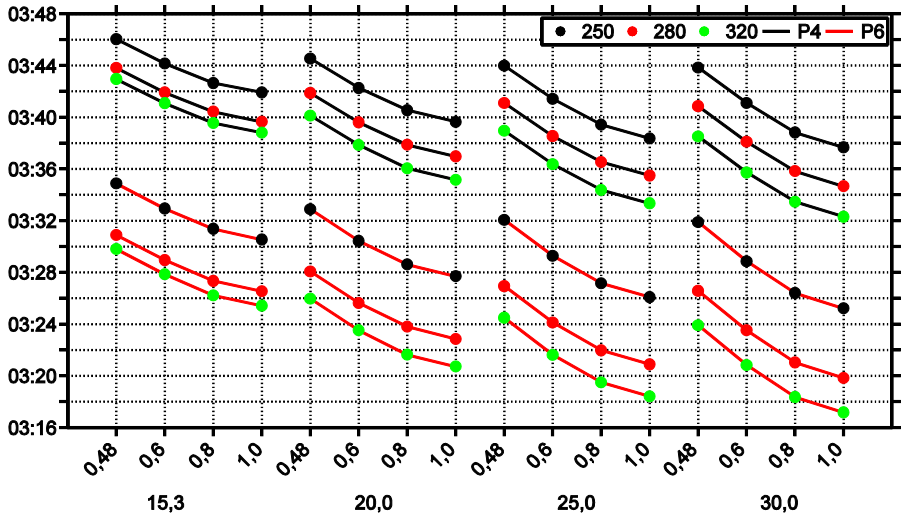
Läs så här: Linjerna P4 utan korglutning, P6 med korglutning. Svarta punkter sth 250 km/h, röda 280 km/h. På x-axeln anges startacceleration (m/s^2) grupperade efter fordonets effekt per massa (kW/ton). Körtiderna kan då avläsas på y-axeln.



Figur 76. Körtider (tim:min) på en sträcka där korglutning har stor betydelse (elasticitet) medan fordonets acceleration och effekt har extremt liten elasticitet – Västra stambanan Stockholm–Göteborg utan uppehåll. Källa: Sipilä, 2008



Figur 77. Körtider(tim:min) på en sträcka där korglutning har liten elasticitet medan fordonets acceleration och effekt har stor elasticitet – Västkustbanan Göteborg–Köpenhamn med 14 uppehåll. Källa: Sipilä, 2008



Figur 78. Körtider på en sträcka där såväl topphastighet, korglutning, acceleration och effekt har stor betydelse – Södra stambanan med Ostlänken Stockholm–Köpenhamn och 13 uppehåll. Källa: Sipilä, 2008

Tabell 50. Skillnader i körtider beroende på fordonsegenskaper

Sträcka *Stråk*	*Antal uppehåll*	*Körtidsvinst* *Med jmf utan korg-lutning*	*Sth 280 jmf 250 km/h*	*Startacc 0,8 jmf 0,6 m/s²*	*P/m 20 jmf 15 kW/ton*
Stockholm–Göteborg	0	18 min	1 min	<1 min	1 min
Västra stambanan	8	16 min	1 min	1 min	2 min
Stockholm–Köpenhamn	3	21 min	2 min	1 min	2 min
Södra stambanan	13	20 min	2 min	2 min	2 min
Göteborg–Köpenhamn	3	3 min	2 min	<1 min	1 min
Västkustbanan	14	2 min	1 min	2 min	2 min
Stockholm–Umeå	10	23 min	5 min	1 min	3 min
Ostkustbanan+Botniabanan	15 [1]	19 min	2 min	2 min	3 min
Stockholm–Hallsberg	3 [2]	14 min	1 min	1 min	3 min
Svealandsbanan	11	3 min	<1 min	2 min	2 min

1 Här sträckan Gävle–Umeå med 15 uppehåll
2 Här trafik Stockholm–Göteborg med uppehåll i Eskilstuna, Örebro och Skövde

Om nya höghastighetsbanor byggs kommer körtiderna att bli signifikant kortare med högre topphastighet. Det är följaktligen av intresse att även analysera

hastighetsnivån 320 km/h. Den första etappen av ett planerat höghastighetsnät med Götalandsbanan och Europabanan kan bli Ostlänken mellan Södertälje och Linköping. Ostlänken kan fungera som en länk i Södra stambanan, och då kommer stråket Södra stambanan att få en varierande standard med såväl kurviga avsnitt som nybyggda rakare sträckningar med höghastighetsstandard.

Utifrån analyserna av tågkoncept med olika fordonsegenskaper på olika banor i Sverige kan några slutsatser dras.

Ett framtida tåg i fjärrtrafik på kurviga banor bör ha korglutning, en största tillåten hastighet på minst 250 km/h, eller mer om banan är nybyggd och därför har bättre geometri, en startacceleration i intervallet 0,6-0,8 m/s² och en effekt i förhållande till massan på mellan 15 och 20 kW/ton (ju högre topphastighet desto högre värde).

Ett tåg för trafik på omväxlande kurviga banor och höghastighetsbanor bör ha en topphastighet i intervallet 280-320 km/h och ett snäpp högre effekt per massa, 20-25 kW/ton, för kortare körtider. Ju större andel höghastighetsbana, desto mindre blir nyttan av korglutningen och desto större blir nyttan av högre topphastighet.

Det kan även finnas andra skäl att öka effekten, och det är för att få mer effektiv och kraftigare återmatande elbroms som sparar energi och drift- och underhållskostnader.

Analyser av bankapacitet visar tydligt att hastighetsskillnaderna mellan tågen begränsar den tillgängliga kapaciteten. På höghastighetsbanor är det därför av betydelse att snabbtåg håller ungefär samma medelhastighet som höghastighetståg vilket förutsätter en hög topphastighet (Fröidh och Jansson, 2005), se vidare i avsnitt 6.3.

En annan effekt är att det på enkelspåriga banor ger färre tågmöten och mindre kapacitetsutnyttjande om tågen är så snabba som möjligt. Det talar för att tåget bör ha relativt goda prestanda. Tågets prestanda måste också bestämmas i samspel med de banor som det kommer att trafikera under sin livslängd, och i valet mellan billigare tåg eller bättre prestanda kommer det senare att innebära kortare omloppstider som kan reducera antalet tågsätt i trafik.

Banor för högre topphastighet

I ett räkneexempel har sju stråk valts ut för att beräkna de samhällsekonomiska effekterna av hastighetshöjning till 250 km/h, se kapitel 7. De är Västra stambanan Stockholm–Göteborg, Södra stambanan (Stockholm–) Katrineholm–Malmö, Västkustbanan Göteborg–Lund (–Malmö), Norge/Vänerbanan Göteborg–Öxnered, Ostkustbanan Stockholm–Sundsvall

tillsammans med Ådalsbanan och Botniabanan vidare till Umeå, Mälarbanan Stockholm–Västerås–Örebro och Svealandsbanan Södertälje–Eskilstuna–Valskog.

Av dessa stråk har Västkustbanan, Göteborg–Öxnered (klart 2012) Svealandsbanan, Mälarbanan och Ådalsbanan (klart 2011) och Botniabanan byggts om eller byggts nya under 1990- och 2000-talen med en standard huvudsakligen dimensionerad för 250 km/h. En hastighetshöjning kan där förväntas ha låga investeringskostnader.

Flera av de äldre (stam-)banorna har redan idag en geometri på många delsträckor som tillåter högre hastigheter än 200 km/h vilket är topphastighet idag. Alla nämnda banor utom Mälarbanan och Svealandsbanan är också klassade som höghastighetsbanor av klass II eller III, vilket är avgörande för vilket regelverk som gäller beträffande Tekniska Specifikationer för Driftskompatibilitet (TSD).

Mälarbanan och Svealandsbanan betraktas som konventionella banor i första hand för att andelen långväga persontrafik för närvarande är av mindre omfattning, men det finns egentligen inga tekniska skäl till en annan klassning än höghastighetsbana. Tvärtom kan en uppgradering av dessa relativt nybyggda banor till 250 km/h öka järnvägsföretagens intresse av att köra långväga persontrafik genom Mälardalen som en alternativ väg till Västra stambanan.

6.3 Kapacitet

Hastighetshöjning vid blandad trafik

Vid en hastighetshöjning upp till 250 km/h på banor där det idag är blandad trafik med snabbtåg, regionala persontåg och godståg kommer om inget görs skillnaden i körtider mellan snabbaste tåg och långsammaste tåg att öka. Det medför att antalet möjliga tåglägen minskar, och att antalet förbigångar där de snabbaste tågen behöver passera långsammare tåg ökar.

Begreppet bankapacitet

Bankapacitet är inget entydigt begrepp och man måste ofta beskriva kapaciteten i flera mått. Det vanligaste måttet är antalet tåglägen per timme, men för att beskriva effekterna av en hastighetshöjning för Gröna tåget behöver också hänsyn tas till vilken blandning av olika tågtyper som förekommer och deras (önskvärda) körtider. De viktigaste faktorerna som påverkar kapaciteten är infrastruktur, tidtabell och störningar eller förseningar.

Om vi nu begränsar oss till antalet tåg på linjen och tillfälligtvis bortser från att transportkapaciteten också beror av produktiviteten i form av tågens last

eller storlek, går det att öka kapaciteten på en bansträcka med flera olika metoder:

Infrastrukturen: Öka kapaciteten genom åtgärder på signalsystemet, nya eller utvidgade förbigångs- eller mötesmöjligheter, eller nya spår på linjen.

Tidtabellsåtgärder: Minska blandningen av olika tågslag, kortare körtider för långsammare tåg eller förlängda körtider för snabbare tåg.

Fordonsåtgärder: Långsammare tågtyper ersätts med snabbare.

Störningar: Ökad punktlighet i systemet möjliggör mindre reservkapacitet, färre oplanerade stopp och därigenom flera tåg.

Vanliga kapacitetskonflikter

Konflikter mellan önskemål om att köra olika tågslag i bestämda lägen uppstår för snabbtågens del särskilt på de sträckor där pendeltågstrafik förekommer. En typisk situation är att pendeltågstrafiken har hög turtäthet (30 minuter eller tätare) och taktfast eller styv tidtabell. Snabbtågstrafiken hänvisas då till luckorna mellan pendeltågen. Små marginaler gör att snabbtåget lätt missar sin tidtabellslucka även vid relativt små förseningar och därmed kommer bakom pendeltåget. Därefter växer snabbtågets försening eftersom det inte kan köra förbi det långsamma pendeltåget enligt de regler som gäller för prioritering av tågen.

De sträckor där dessa konflikter lätt uppstår är Järna–Gnesta och Alingsås–Göteborg på Västra stambanan, och Norrköping–Mjölby och Höör–Malmö på Södra stambanan. En överenskommelse om Pågatåg Nordost har nyligen träffats vilket riskerar att ge liknande problem även på sträckorna Alvesta–Hässleholm och Hässleholm–Höör (–Malmö).

Andra resandetåg än pendeltåg har högre medelhastigheter genom färre uppehåll och konflikterna med snabbtågen kan i regel lösas smidigt.

Konflikter mellan snabbtåg och godståg förekommer också, framför allt där de stora godsstråken sammanfaller med persontrafikstråken. Det sker på Västra stambanan på sträckan Hallsberg–Göteborg och på Södra stambanan Mjölby–Malmö. Eftersom godstågen i regel har lägre prioritet får de köra undan på förbigångsspår när ett snabbtåg hinner ikapp. Det medför längre körtider för godstågen men är i övrigt en relativt enkel lösning förutsatt att det finns förbigångsspår längs banorna på regelbundna avstånd. En annan lösning är att erbjuda tåglägen för den långsammare godstrafiken under den tid när snabbtågstrafiken inte är så intensiv, det vill säga undvika persontrafikens högtrafikperioder.

Infrastruktur för högre hastigheter

Bibehålla kapacitetsutnyttjandet

Genom att höja snabbtågens topphastighet från 200 till 250 km/h förkortas körtiderna med omkring 10 %. För att bibehålla kapacitetsutnyttjandet på samma nivå, det vill säga samma antal möjliga tåglägen, behöver några åtgärder vidtas. Största investeringar måste göras på Västra och Södra stambanorna som redan idag är hårt belastade (se nedan).

För enkelspåriga linjer är det en fördel för snabbtågen med hastighetshöjningen eftersom antalet tågmöten på en viss sträcka minskar. Det gäller för bland annat Svealandsbanan. Om det samtidigt förekommer godstrafik kommer dock även där antalet förbigångar av godståg att öka. Den sammanlagda effekten av hastighetshöjningen bedöms dock bli neutral ur kapacitetssynpunkt på enkelspåriga delar av Ostkustbanan och Botniabanan.

Ett införande av ERTMS nivå 2 kan medföra bättre kapacitetsutnyttjande i de fall där det befintliga signalsystemet inte är optimalt, men effekten är osäker och ojämnt fördelad över linjen. Egentligen bör ERTMS nivå 3 med flytande, dynamiska block eftersträvas för att kunna förbättra kapacitetsutnyttjandet, men nivå 3 behöver först utvecklas och finns ännu inte i drift.

Åtgärder för att öka kapaciteten på hårt belastade dubbelspår

På Västra och Södra stambanan finns det flera olika tänkbara åtgärder som i vissa fall kan genomföras stegvis.

En första åtgärd är att bygga flera förbigångsstationer för att få kortare och mer regelbundna stationsavstånd och därmed underlätta snabbtågens förbigångar av godståg. Det minskar väntetiderna för godstågen och ger utrymme för något flera tåg.

En sannolikt effektiv åtgärd att är minska antalet godståg och därmed minska konflikterna med snabbtågen genom att ge järnvägsföretagen möjlighet att förlänga godstågen på banorna från Hallsberg mot Göteborg och från Hallsberg mot Skåne och kontinenten. Dagens praktiskt användbara tåglängd på 630 m och Trafikverkets nuvarande målstandard 750 m tåglängd kan förlängas till 1000 m eller eventuellt 1500 m. Det senare motsvarar dubbla godstågslängden jämfört med målstandarden och kan utnyttjas att koppla ihop två fullängds godståg i knutpunkter. Det är inte helt klarlagt i vilken utsträckning längre godståg motsvarar kundernas önskemål och passar in i företagens logistikkedjor, men särskilt för långväga godståg medför det samtidigt lägre driftkostnader och därmed lägre transportpriser.

Längre godståg fordrar förlängda bangårdar och längre mötes- och förbigångsspår.

På längre sikt står valet mellan nya spår antingen i ny sträckning som passar morgondagens samhällsstruktur i form av höghastighetsbanor, eller utbyggnad av de befintliga stambanorna med flera spår. Utbyggnad av stambanorna är dyrare för att uppnå samma kapacitet som höghastighetsbanor och ger inte heller samma effekter på resandet men kan göras etappvis (Höghastighetsbanor, 2009; Höghastighetsbanor i Sverige, 2010).

Västra stambanan

Stråket mellan Stockholm och Göteborg har förutom snabbtågstrafik även en omfattande godstrafik särskilt mellan Hallsberg och Göteborg. Dessutom råder stor kapacitetsbrist inom pendeltågens trafikområde mellan Alingsås och Göteborg, samt vissa kapacitetsproblem även mellan Järna och Gnesta och på ytterligare några ställen.

Tabell 51. Förslag till kapacitetsåtgärder på Västra stambanan

	Stambanealternativet	*Höghastighetsbanor*
Etapp 1 2011-2019	• Ökad kapacitet Herrljunga–Göteborg[1] • ERTMS Stockholm–Hallsberg[2] • Ny förbigångsstation Kilsmo • Flemingsberg spår ”0”	
Etapp 2 2020-2025	• ERTMS Hallsberg–Göteborg[2] • Förlängda bangårdar och förbigångsspår för 1000 m (alt. 1500 m) långa godståg Hallsberg–Göteborg • Tre nya förbigångsstationer Hallsberg–Göteborg • Västlänken Sävenäs–Göteborg[1] • Ospecificerade kapacitetsåtgärder • *Ostlänken Södertälje–Linköping (utanför stråket, till 2020)*	
Etapp 3 Efter 2020	• Tre spår Järna–Gnesta • Fyra spår Tälle–Vretstorp samt ny sträcka av Värmlandsbanan Vretstorp–Hasselfors[3] • Fyra spår Alingsås–Sävenäs • Bangårdsombyggnad/ planskildhet/ triangelspår: Katrineholm, Skövde, Falköping, Herrljunga • Ospecificerade ytterligare kapacitetsåtgärder	• Götalandsbanan Linköping–Jönköping–Göteborg

[1] Ingår i NTP 2010-2021 och ingår ej Gröna tågets samhällsekonomiska analys
[2] Ingår i ERTMS-planen
[3] Kan ersättas av Nobelbanan Örebro–Karlskoga–Kristinehamn, se Svealandsbanan

I tabellen om förslag till kapacitetsåtgärder presenteras en möjlig utbyggnadsstrategi uppdelad i två alternativa handlingsvägar; antingen utbyggnad av stambanan, eller höghastighetsbanor i ny sträckning. På kort sikt behövs åtgärder för Gröna tåget och annan tågtrafik oavsett vilken strategi som väljs, varav vissa redan är prioriterade i NTP 2010-2021.

Stambanealternativet som visas här är modifierat jämfört med det som presenterades i höghastighetsutredningen (Höghastighetsbanor, 2009; Höghastighetsbanor i Sverige, 2010) med anledning av att Västlänken nu ingår i den nationella transportplanen. Även genomförande tidpunkterna är ändrade.

En grov kostnadsuppskattning för kapacitetsåtgärder i etapp 1 och 2, exklusive det som redan finns i NTP 2010-2021 (Herrljunga–Göteborg och Västlänken) eller ERTMS-planen, är 2 500 miljoner kr i prisnivå 2010.

Etapp 3 bedöms inte nödvändigt för att öka hastigheterna för snabbtåg men blir nödvändigt för att öka bankapaciteten för alla tåg på längre sikt. När tidpunkten för utbyggd bankapacitet infaller är osäkert men den är här angiven som 2020 eller senare och kan därmed delvis komma att överlappa etapp 2. Om Götalandsbanan kan öppnas för trafik senast 2025 och man följaktligen tar ett beslut om genomförande inom några år kan vissa kapacitetsinvesteringar i etapp 2 utgå.

Södra stambanan

Situationen för Södra stambanan är likartad som för Västra stambanan. Mycket godstrafik nyttjar stråket söderut från Norrland och Hallsberg som mellan Mjölby och Malmö sammanfaller med snabbtågstrafiken mellan Stockholmsområdet och Småland, Skåne och Köpenhamn. Pendeltågstrafik finns i Östergötland och i Skåne vilket reducerar kvarvarande kapacitet och ger konflikter med framför allt snabbtågstrafiken om tåglägen.

De två alternativa utbyggnadsstrategierna Stambanealternativet och Höghastighetsbanor har några gemensamma åtgärder för att säkra kapaciteten med höjda snabbtågshastigheter. Därefter behöver man välja mellan att bygga ut stambanorna i etapper eller lokalisera ett nytt stråk i form av höghastighetsbana som ger mycket korta restider i persontrafiken och högre kapacitet för all tågtrafik genom separering av gods- och persontrafik.

Stambanealternativet som visas här är modifierat jämfört med det som presenterades i höghastighetsutredningen (Höghastighetsbanor, 2009; Höghastighetsbanor i Sverige, 2010), både när det gäller tidsplan och innehåll. En anledning är att kapacitetsproblem kan komma att kvarstå mellan Lund och Malmö trots de åtgärder som ingår i den nationella transportplanen NTP 2010-2021 (se avsnitt 3.4).

Tabell 52. Förslag till kapacitetsåtgärder på Södra stambanan

	Stambanealternativet	*Höghastighetsbanor*
Etapp 1 2011-2019	• Fyra spår Flackarp–Arlöv[1] • ERTMS inklusive optimering av signalsystemet[2] • Förlängda bangårdar, mötes- och förbigångsspår för 1000 m (alt. 1500 m) långa godståg Hallsberg–Mjölby–Malmö–Öresund/Trelleborg • Fyra nya förbigångsstationer Nässjö–Hässleholm • Ospecificerade kapacitetsåtgärder	
Etapp 2a till 2020	• Fyra spår Lund–Flackarp • Planskild anslutning av banhallen och driftbangården i Malmö	
Etapp 2b till 2020	• Fyra nya mötesstationer Järna–Kolmården • Dubbelspår Kolmården–Åby • Kurvrätning Åby • Fyra spår Norrköping–Linköping • Bangårdsombyggnad Norrköping	• Ostlänken Södertälje–Linköping
Etapp 3 Efter 2020	• Fyra spår Hässleholm–Lund • Förbifart Tranås (Sommen–Gripenberg) • Bangårdsombyggnad/ planskildhet/ triangelspår: Nyköping, Mjölby, Alvesta, Hässleholm • Fyra nya förbigångsstationer Mjölby–Lund • Ospecificerade ytterligare kapacitetsåtgärder	• Götalandsbanan Linköping–Jönköping(–*Göteborg*) • Europabanan Jönköping–Malmö/Köpenhamn
Etapp 4 *utanför stråket*	• Järnvägstunnel Helsingborg–Helsingör • Dubbelspår Hässleholm–Helsingborg • Yttre godsförbindelse runt Huvudstadsområdet på Själland	

[1] Ingår i NTP 2010-2021 och ingår ej Gröna tågets samhällsekonomiska analys
[2] Ingår i ERTMS-planen men för utförande under perioden 2016-2019

En kostnadsuppskattning för kapacitetsåtgärder i etapp 1, exklusive det som redan finns i NTP 2010-2021 (Flackarp–Arlöv) eller ERTMS-planen, är 2 400 miljoner kr i prisnivå 2010.

Även etapp 2 bör genomföras till 2020 för att lösa kapacitetsproblemen på sträckan Lund–Malmö och i Östergötland men ingår inte i den samhällsekonomiska analysen för Gröna tåget i kapitel 7. Etapp 3-4 bedöms inte nödvändiga för att öka hastigheterna för snabbtåg till 2020 men däremot för att öka den samlade kapaciteten på längre sikt efter 2020.

Västkustbanan och Göteborg–Öxnered

På Västkustbanan råder kapacitetsbrist på de återstående enkelspåriga delarna Varberg–Hamra, Hallandsås (Båstad–Förslöv) och Ängelholm–Helsingborg. Alla dessa sträckor är prioriterade att bli dubbelspåriga i NTP 2010-2021, förutom den kortare sträckan Maria–Helsingborg som är avhängig beslut om en ny järnvägstunnel i Helsingborg och lösningen av en eventuell fast förbindelse Helsingborg–Helsingör.

Dessutom blir det trångt på spåren i pendeltågens trafikområde, sträckan Göteborg–Kungsbacka och i Skåne vilket i vissa fall innebär kapacitetstillägg i tidtabellerna för snabbtåg. Detsamma kan komma att gälla mellan Göteborg och Älvängen om pendeltågstrafiken får hög turtäthet på Norge/Vänerbanan mot Öxnered.

I Gröna tågets samhällsekonomiska kalkyl (se kapitel 7) antas en pott på 100 miljoner kr för ospecificerade kapacitetsåtgärder på Västkustbanan, men inga större åtgärder utöver redan planerade inklusive ERTMS. Det bedöms vara tillräckligt för att höja snabbtågshastigheterna på kort sikt.

Ostkustbanan och Botniabanan

Botniabanan öppnas för trafik under 2010 och den upprustade men krokiga Ådalsbanan året efter. De återstående enkelspåriga delarna mellan Uppsala och Gävle är prioriterade för dubbelspårsutbyggnad i NTP 2010-2021, liksom några nya mötesstationer mellan Gävle och Sundsvall. Dessa åtgärder tillsammans med ERTMS och en ospecificerad pott för mindre kapacitetsåtgärder på 200 miljoner kr bedöms tillräckliga på kort sikt för att kunna köra snabbtågstrafik med Gröna tåget.

På längre sikt är det nödvändigt att bygga dubbelspår mellan Gävle och Sundsvall på Ostkustbanan och förmodligen också mellan Sundsvall och Härnösand för att få ökad tillgänglighet med högre turtäthet och kortare restider, och möjlighet att köra flera godståg längs Norrlandskusten.

Svealandsbanan och Mälarbanan

På Svealandsbanan pågår kapacitetsförstärkningar och utbyggnad av partiellt dubbelspår mellan Strängnäs och Härad är prioriterat i NTP 2010-2021. På Mälarbanan planeras fyrspår mellan Tomteboda och Kallhäll att genomföras i etapper med start inom de närmaste åren enligt NTP 2010-2021. Tillsammans med ERTMS bedöms det vara en god grund för att höja hastigheterna för snabbtåg. De under 1990-talet byggda sträckorna har i övrigt en hög standard.

Det finns möjlighet är att öka fjärrtågstrafiken på Svealandsbanan och Mälarbanan vilket delvis kan fungera som en avlastning av Västra stambanan mellan Södertälje och Hallsberg. Med kortare restider blir både Svealandsbanan

och Mälarbanan kommersiellt mer intressanta rutter. Ytterligare kapacitetsförstärkningar kan då behövas på återstående enkelspåriga delar.

En kraftigt ökad tågtrafik kan förutses om Nobelbanan mellan Örebro, Karlskoga och Kristinehamn skulle byggas som en snabb förbindelse till Värmland och Oslo och i förlängningen en höghastighetsbana mellan Stockholm och Oslo (Fröidh och Lindfeldt, 2008; Samferdseldepartementet 2010-02-19). Nobelbanan ersätter i så fall en ny genande sträckning av Värmlandsbanan Vretstorp–Hasselfors som en mer effektiv avlastning av Västra stambanan.

Andra åtgärder för att höja kapaciteten

Färre störningar

Det finns flera tänkbara åtgärder för att höja bankapaciteten. Att hantera störningar kostar kapacitet. Punktliga tåg ger därmed förutom mer nöjda kunder också möjlighet att köra flera tåg eller ge kortare restider. Eftersom uppehåll för på- och avstigning tenderar att generera förseningar med dagens tågtyper kan mer punktliga tåg förväntas om snabbtågen ersätts med Gröna tåget som utformas för snabbare stationsuppehåll med minskad standardavvikelse. Även möjlighet till bättre acceleration och retardation än vad som normalt används medför ökad förmåga att köra in uppkomna förseningar.

En åtgärd som om den är möjlig medför bättre punktlighet är också att i tidtabellen ordna med större marginaler. Ökat tidsavstånd mellan ett pendeltåg och ett snabbtåg ger minskade följdförseningar (Sipilä, 2010). Det kan göras genom tidtabellsjusteringar och skippstopptrafikering (se nedan), men om det också innebär att bryta pendeltågstrafikens styva tidtabell med regelbundna minuttal medför det en konflikt med det negativa värdet av tidtabellsavvikelser för pendeltågsresenärerna (Taktfast tågtrafik, 2010).

Snabbare godståg

En höjning av godstågens topphastighet är sällan motiverat av godsets värde. Posttågen är det mest framträdande undantaget. För övrigt gods är det svårt att få järnvägsföretagen att investera i vagnar som lastade kan köra snabbare än dagens vanliga godstågshastighet 100 km/h, medan de i godstrafiken vanliga loken redan klarar 130-140 km/h.

En möjlig lösning skulle kunna vara att infrastrukturhållaren under persontrafikens högtrafiktider bara erbjuder tåglägen på banan för godståg som kör i 120 km/h eller mer. Jämfört med att bygga flera spår är det en billig lösning som fördelar den begränsade kapaciteten på ett effektivt sätt på bekostnad av möjliga tidtabellslägen för det långsammare godset.

Effekten av högre godstågshastigheter är positiv för kapacitetsutnyttjandet, men mera forskning behövs för att klarlägga hur stor förbättring det kan bli.

Skippstopptrafikering av pendeltågsstationer

Det har de senaste decennierna etablerats flera pendeltågsstationer på stambanorna som förlänger körtiderna för pendeltågen och därmed ökar hastighetsskillnaden mot snabbtågen. Samhällsnyttan med ökad tillgänglighet med pendeltåg bör då värderas mot risken för ökade förseningar och kanske längre körtider med kapacitetstillägg för snabbtågen. I de fall det rör sig om pendeltågsstationer med mindre resande kan en skippstopptrafikering införas för pendeltågen, där vissa stationer passeras utan uppehåll för att få plats med flera tåglägen på banan.

Kapacitetstillägg

Idag förekommer på vissa sträckor särskilda kapacitetstillägg, det vill säga påslag på körtiderna för snabbtågen för att få plats med ytterligare pendeltåg. Samma kapacitetstillägg som i basprognosen 2020 ingår även i Gröna tåget 2020 med högre hastigheter. Den samhällsekonomiska kalkylen visar att varje minuts körtid inklusive kapacitetstillägg för snabbtågen i ett trafikupplägg värderas till i genomsnitt 300 miljoner kr över kalkylperioden 40 år (se avsnitt 7.3). Det kan jämföras med värdet av det extra pendeltågsläget eller anläggningskostnader för att eliminera kapacitetstillägget.

Separera tågslagen

En långsiktig lösning på konflikterna mellan snabbtåg och andra tåg är att separera tågslagen. Nya höghastighetsbanor som Götalandsbanan och Europabanan är ett effektivt sätt att öka den totala kapaciteten genom att flytta över huvuddelen av snabbtågstrafiken till de nya banorna. Om antalet spår i stråket dubbleras från två till fyra innebär separeringen i sig en ännu större ökning av totalt antal möjliga tåglägen, det vill säga en slags synergieffekt. På stambanorna kan därmed den regionala persontrafiken öka, liksom godstrafiken som kan få 2-3 gånger flera tåglägen än med blandad trafik (Lindfeldt, 2009).

6.4 Bantekniska förutsättningar

Banunderbyggnad

Äldre järnvägsbroar där snabbtågshastigheterna höjs behöver kontrollberäknas. En utredning kan visa om de behöver förstärkas eller bytas ut för att bemästra den ökade dynamiska last och resonansproblem som eventuellt kan uppstå vid höga hastigheter. Det gäller i första hand fritt upplagda broar men också

stenvalvbroar. De kan samtidigt anpassas för ökning av axellasterna från 22,5 ton till 25 ton vilket kommer godstrafiken tillgodo.

På vissa ställen är de geotekniska förutsättningarna ogynnsamma, och banvallen kan vara byggd på rustbädd över torvlager eller lerlager. Med högre hastigheter kan olika vibrationsfenomen uppstå som dels stör omgivningen, dels riskerar banans stabilitet. Det är därför nödvändigt med geoteknisk utredning för eventuella åtgärder på de avsnitt med lägre bärighet som planeras få höjd hastighet (Södra stambanan, 2009).

Spåret

Spårstandard

För hastigheter över 200 km/h bör grova räler typ UIC 60 (rälsvikt 60 kg/m) läggas i spåret[7]. Sedan 1987 är 60-kilosräler standard vid spårbyte och nybyggnad i tungt trafikerade spår, men äldre spår med räler typ SJ/BV 50 (50 kg/m) finns kvar på vissa sträckor på Västra och Södra stambanan. Betongsliprar tillverkade före 1987 kan inte användas för 60-kilosräler och de har en ekonomisk livslängd på 50 år (Beräkningshandledning, 2008).

Utredningen om högre hastigheter mellan Gripenberg och Lund (Södra stambanan, 2009) visar att det på den 29 mil långa sträckan vid ingången till 2009 fanns 240 km spår (40 % av spårlängden) med 50-kilosräler. Av det är 143 km planerat för utbyte till 60-kilosräler till och med 2015. Återstoden, 95 km spårlängd med betongsliprar för 50-kilosräler från i huvudsak 1970-talet, kommer år 2015 att ha nått en livslängd på ca 40 år och betongsliprarna har därmed tio år kvar av sin ekonomiska livslängd. Dock är det av dessa 9,5 mil spår endast ca 50 spårkilometer som av bangeometriska skäl blir aktuellt för högre hastigheter än 200 km/h med korglutande tåg.

I den samhällsekonomiska kalkylen (se kapitel 7) antas därför att 10 % av spårlängden på Västra och Södra stambanan behöver bytas tio år i förtid. För övriga banor antas att spåret på de sträckor som får en hastighetshöjning över 200 km/h har eller före trafikstart kommer att få spår som klarar 250 km/h.

Spårgeometrin anpassas till marginellt högre hastigheter i kurvor genom ökad anordnad rälsförhöjning till maximalt 160 mm (idag 150 mm). Det är en åtgärd som kan göras vid ordinarie spårunderhåll och den har därmed en låg marginalkostnad och den kommer dessutom andra resandetåg till del. I övrigt kan vissa övergångskurvor och smärre spårfel behöva justeras för högre hastigheter som en engångsåtgärd men även här antas att det handlar om mindre åtgärder.

---

[7] Gröna tågets hastighetsrekord på 303 km/h sattes visserligen på en sträcka med 50-kilosräler, men av underhålls- och komfortskäl är de grövre rälerna att föredra.

Rälsbefästning

Figur 79 (till vänster) visar rälsbefästningen Pandrol e-clip med 60 kg/m-räl på betongsliper. Figur 80 (till höger) visar den modernare och kraftigare befästningen Pandrol fastclip.

Den variant av rälsbefästningen Pandrol e-clip som tillsammans med 60 kg/m-räler varit Banverkets standard i drygt 20 år till 2008 har något för liten klämkraft för att kunna godkännas för hastigheter över 200 km/h enligt TSD som kräver 9 kN per klämma (TSD Höghastighet Infrastruktur, 2008; Backman och Mattisson, 2008).

Banverkets utredning om högre hastigheter på Södra stambanan (2009) har följaktligen en osäkerhet om e-clip verkligen kan användas vid en hastighetshöjning till 250 km/h eller om den behöver bytas. En omprövning av TSD-normen skulle vara det ekonomiskt mest fördelaktiga alternativet eftersom rälsbefästningen redan är nationellt godkänd för såväl tunga godståg med höga axellaster på upp till 30 ton som snabbtåg i 250 km/h (på Grödingebanan), och dessutom har provkörts med Gröna tågets egen provbänk Regina 9062 i upp till ca 300 km/h. Provkörningarna visade att Gröna tåget ger mycket låga spårkrafter och det tyder på att den befintliga befästningen e-clip skulle kunna användas även för hastigheter upp till 250 km/h. I annat fall behöver klämman, isolatorn och gummimellanlägget bytas.

Den från 2008 installerade rälsbefästningen Pandrol fastclip kan användas utan restriktioner.

Spårväxlar

TSD medger fasta spårkorsningar i växlar för spår med tåghastigheter upp till 280 km/h. För 280 km/h eller högre hastigheter krävs rörlig korsningsspets (TSD Höghastighet Infrastruktur, 2008). Rörlig korsningsspets finns idag i flera spårväxlar i Sverige men anses vara mera känslig för driftstörningar vid tekniska fel och vinterväder än fast spårkorsning. Det tyder på ett behov av teknisk utveckling.

Rälerna läggs normalt med lutning inåt i spåret för att förbättra tågens gångegenskaper men TSD medger undantag i spårväxlar och korsningar om hastigheten är högst 250 km/h (TSD Höghastighet Infrastruktur, 2008). Om hastigheten ska höjas över 250 km/h krävs antingen omprofilering av rälerna i växlar eller byte av spårväxlarna.

Kontaktledningen

Äldre kontaktledning som byggts före 1990-talet behöver bytas där hastigheten höjs över 200 km/h medan nya banor byggda på 1990- och 2000-talen i regel redan har kontaktledning för 250 km/h.

Trafikverkets nuvarande standardsystem betecknas SYT 15/15 kN och klarar 250 km/h med minst två verksamma strömavtagare, det vill säga vid multipelkörning. Vid byte anpassar Trafikverket dessutom kontaktledningen till den TSD-standardiserade strömavtagaren med något smalare, 1,6 m bred slitskena, jämfört med den nationella svenska med 1,8 m bred slitskena. På Södra stambanan mellan Gripenberg och Lund planeras alla sträckor vara utbytta till 2015 (Södra stambanan, 2009).

Framför allt på Västkustbanan har dock ett något enklare system installerats, ST 15/15 kN utan så kallad Y-lina i upphängningspunkterna. Det klarar 250 km/h med en strömavtagare. Med två verksamma strömavtagare anses det ge acceptabel strömavtagning i hastigheter upp till 220 km/h. För högre hastigheter med flera verksamma strömavtagare krävs modifiering med Y-lina vilket är en relativt billig åtgärd (Backman och Mattisson, 2008).

Strömavtagare med bra egenskaper och jämnt upptryck har dock provkörts i höga hastigheter inom Gröna tåget, och ett forskningsprojekt undersöker för närvarande vilka krav som behöver ställas på strömavtagare och kontaktledning. Det är följaktligen osäkert hur mycket som behöver bytas bara med anledning av hastighetshöjningen.

På Västra stambanan och Södra stambanan norr om Gripenberg kommer det då att kvarstå sträckor med äldre kontaktledning som behöver bytas. Den ekonomiska livslängden på kontaktledningen är 40 år (Beräkningshandledning, 2005), och det har den i de flesta fall uppnått. Det är därför inte riktigt att tala om förtida utbyte, men ett utbyte blir likaväl nödvändigt för att kunna höja

hastigheterna. Av den anledningen har en mindre summa motsvarande 1/8 av kostnaden för ny kontaktledning på en andel spårkilometer där hastigheten höjs över 200 km/h lagts till i kalkylen för Gröna tåget.

Plankorsningar

I Sverige finns plankorsningar på flera sträckor med största tillåten tåghastighet på upp till 200 km/h, vid högre hastigheter alltid med bommar och hinderdetektorer (av vägfordon). Plankorsningarna bör dock elimineras i största möjliga utsträckning av säkerhetsskäl och får inte förekomma vid tåghastigheter över 200 km/h.

Vid en inventering av plankorsningar 2007 jämfördes beståndet med en beräknad hastighetsprofil för Gröna tåget. Uppdelat på banor visar det sig att de flesta plankorsningarna som måste slopas för att kunna höja tåghastigheterna över 200 km/h finns på Västra stambanan och på Södra stambanan.

En utredning om plankorsningarna på Södra stambanan mellan Nässjö och Hässleholm visade att det skulle kosta i genomsnitt 29 miljoner kr i prisnivå 2007 att bygga en planskild vägkorsning (Södra stambanan, 2009). Här antas att det motsvarar 32 miljoner kr i 2010 års prisnivå och den summan har antagits för alla plankorsningar förutom Bergsbrunna söder om Uppsala på Ostkustbanan som antas kosta 50 miljoner kr. I vissa fall kan det i praktiken bli fråga om en ersättningsväg istället för planskildhet vilket i regel är en billigare lösning.

Tabell 53. Plankorsningar som behöver tas bort

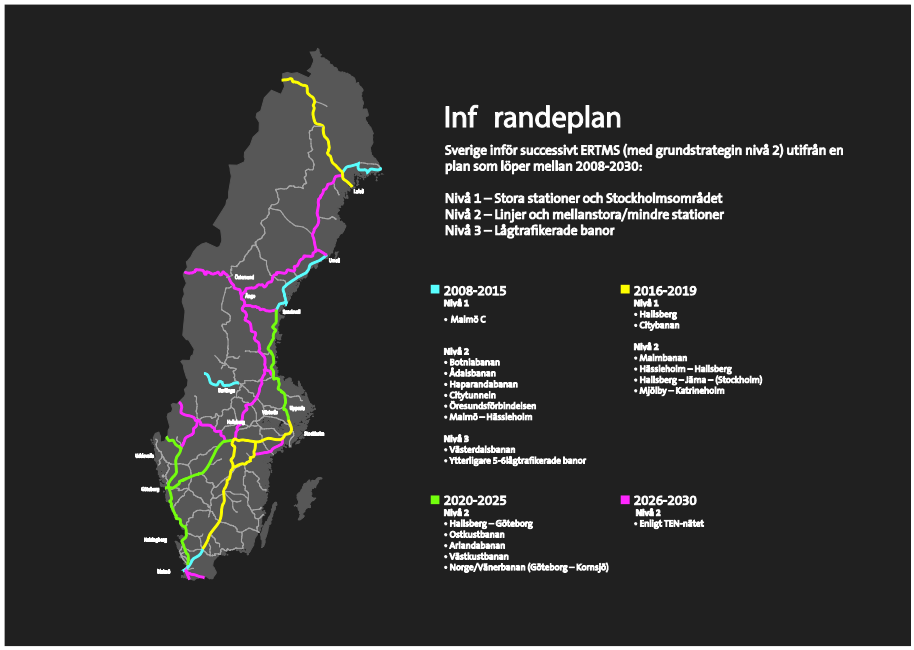
Stråk	*Plankorsningar (2007) där hastigheten kan höjas över 200 km/h*	
Västra stambanan [1]	19[3]	varav 10 på sträckan Falköping–Alingsås
Södra stambanan [2]	14	varav 11 på sträckan Nässjö–Örtofta
Västkustbanan	0	
Göteborg–Öxnered	0	
Ostkustbanan, Ådalsbanan, Botniabanan	2	Bergsbrunna och Sävja gårdsväg på sträckan Myrbacken–Uppsala
Mälarbanan	0	
Svealandsbanan	0	
Summa	35	

[1] Totalt 52 plankorsningar i stråket 2007

[2] Totalt 25 plankorsningar i stråket 2007 exklusive sträckan Järna–Åby

[3] Av dessa slopades Uppsalavägen i Katrineholm 2009 och ingår ej i kostnadsbedömningen.

Signalsystem



Figur 81. Trafikverkets ERTMS-plan 2008-2030. Karta från Trafikverkets bildarkiv.

Det nya paneuropeiska signalsystemet European Rail Traffic Management System (ERTMS) ska införas för att få interoperabilitet över Europas järnvägar och är ett bindande villkor för alla nya banor och för systemändringar i befintliga signalsystem, däribland högre hastigheter än 200 km/h i Sverige (TSD höghastighetsbanor, Trafikstyrning och signalering, 2006; TSD konventionella banor, Trafikstyrning och signalering, 2006).

Enligt Trafikverkets nuvarande införandeplan ska ERTMS installeras på hela Södra stambanan och delsträckan Stockholm–Hallsberg på Västra stambanan i perioden 2016-2019. På Västra stambanan Hallsberg–Göteborg, Västkustbanan och Ostkustbanan följer ERTMS i perioden 2020-2025. Därefter återstår en mängd banor delvis utanför planen någon gång efter 2030, bland annat Mälarbanan och Svealandsbanan (ERTMS i Sverige, 2009). För att möjliggöra restidsförkortningar med Gröna tåget krävs installation av ERTMS för att höja största tillåten hastighet från 200 till 250 km/h på banorna.

För att ändå medge samkörbarhet mellan ATC och ERTMS-utrustade dragfordon har man tagit fram en så kallad STM, en enhet som kan läsa ATC-besked från ATC-utrustade banor och översätta till ERTMS-språk i ERTMS-utrustade dragfordon.

Den nu tillgängliga versionen av ERTMS, 2.3.0(d), installeras på Botniabanan och Haparandabanan medan Citytunneln i Malmö har beviljats

dispens för driftsättning för att dragfordonen inte hinner få ERTMS till trafikstarten 2010. Version 2.3.0(d) har dock en del brister, bland annat saknas rullningsvakt men även när det gäller hantering av bromskurvor och funktionalitet i plankorsningar. Det krävs följaktligen några års vidareutveckling till version 3.0.0 för att bli allmänt användbart på konventionella linjer (Swedish ERTMS implementation plan, 2007).

ERTMS består huvudsakligen av säkerhetssystemet ETCS, som ersätter ATC, och radiosystemet GSM-R för informationsöverföring. Dessutom ingår ställverk och trafikledning i systemet. Man har valt ERTMS nivå 2 utan optiska signaler i banan som standard, men nivå 1 med ljussignaler och funktion som dagens signalsystem kommer att installeras på stora stationer som Malmö C, Hallsberg och Stockholm C. För mindre banor utvecklas också nivå 3 Regional (ERTMS i Sverige, 2009).

Dagens signalsystem och säkerhetssystem ATC2 har dock tekniska möjligheter att anpassas för högre hastigheter än 200 km/h eftersom systemen en gång specificerades för högre hastigheter, upp till 270 km/h. Det skulle dock krävas att dispens beviljas för att anpassa ATC-systemet och en period på 5-10 år i drift med ATC för tåghastigheter på upp till 250 km/h som skulle kunna fylla glappet mellan införande av ERTMS och marknadens krav på kortare restider. Av politiska skäl, EU trycker genom regelverket på för att få interoperabilitet inom Europa genom att påskynda införandet av ERTMS, verkar det inte troligt att en sådan dispens skulle beviljas vilket bekräftas av Transportstyrelsen (Sollander, 2009-12-22).

Vissa äldre ställverk kan komma att bytas i samband med införande av ERTMS. I själva verket innehåller projektkostnaderna för ERTMS-införande på Södra stambanan Malmö–Katrineholm och sträckan Mjölby–Hallsberg–Flemingsberg, det vill säga den svenska delen av europeiska transportkorridor B, en avsevärd andel för reinvesteringar och kapacitetshöjning (Haraldsson, 2010-01-22). För att höja hastigheterna krävs också genomsignalering på längre sträckor och för signalanpassning vid hastighetshöjning ingår ett belopp i objektskostnaden.

Elkraft

Gröna tåget har något högre effekt än X2 och flera drivna och elbromsade axlar och återmatar följaktligen en större andel el vid inbromsning. Effektuttaget och energiförbrukningen förändras dock bara marginellt och i första hand av ökat resande som kräver längre eller flera tåg. Eventuella åtgärder för förstärkt elkraftmatning kommer även annan tågtrafik tillgodo varför det inte ingår i kalkylen.

Passage av plattformar i höga hastigheter

Risker för resenärer

Faktiska risker för resenärerna som uppehåller sig på plattformen när ett tåg passerar är inte samma sak som den upplevda risken. I Sverige gjorde Banverket prov på 1990-talet och kom fram till att ett snabbtåg i 240 km/h har ungefär samma vinddrag som ett godståg i 100 km/h och därmed ger en jämförbar risk för att ett föremål eller en person på plattformen ska sugas med tåget. Följaktligen antog man policyn att upp till och med 240 km/h kan tågen passera förbi plattform där det kan finnas väntande resenärer, under förutsättning att plattformen är försedd med varningssystem.

Även om det i praktiken inte är någon skillnad på riskerna för en resenär om ett godståg passerar förbi plattformen i 100 km/h eller ett snabbtåg i 240 km/h upplevs dock den högre hastigheten som en mycket större fara – trots att tågen i båda fallen ger ungefär samma vinddrag och aldrig har en chans att stanna om någon skulle falla ner framför tåget. Det talar snarare för att skydda resenärerna från passerande tåg oavsett hastighet om riskerna bedöms vara oacceptabla.

En förutsättning för passage i högre hastigheter är att det finns ett varningssystem på plattformen. Det är även möjligt att installera någon form av fysisk barriär, som de räcken som satts upp på några stationer mellan Hamburg och Berlin vid snabbtågsanpassning för 230 km/h, och som gör att resenärerna håller sig en bit ifrån plattformskanten vid passerande tåg.

Gällande normer

För tillträde till plattformar, höghastighetslinjer kategori II och III som de aktuella banorna tillhör gäller att ”Passagerare skall inte ges tillträde till plattformar i anslutning till spår som trafikeras med tåg vars hastighet är ≥250 km/h, utom i de fall då dessa tåg ska stanna vid plattformen.” (punkt 4.2.20.1 i TSD Höghastighet Infrastruktur, 2008).

Sänka hastigheten vid passage

På flera stationer ligger plattformar vid huvudspår där tåghastigheten med uppgraderad bana för Gröna tåget kan komma att bli 250 km/h. En tänkbar enkel åtgärd är att sänka tåghastigheten till (högst) 249 km/h vid passage av plattformen för att på så sätt uppfylla normerna. Det kan ske genom att tåget får ett hastighetsbesked genom säkerhetssystemet (ETCS) på 245 km/h, alternativt en ny nivå på 249 km/h. Restiderna förlängs med mindre än en sekund per plattformspassage jämfört med 250 km/h. Den upplevda risken för väntande resenärer på plattformen är dock fortsatt stor.

Åtgärder på stationerna

I jämförelse med att bygga en enkel plattform vid huvudspår är de åtgärder som kan tillkomma för att minska riskerna för resenärerna relativt kostsamma.

Det billigare alternativet är, förutom varningssystem och räcken, att bygga portar eller dörrar mot spåret som bara öppnas när ett tåg stannar för resandeutbyte. Det medför dels en anläggningskostnad, dels en driftkostnad för att anläggningen ska fungera i alla väder. I Sverige finns den modellen på Lisebergs station i Göteborg och den kommer att installeras på Citybanans stationer Stockholm city och Odenplan. Anledningen är i dessa fall inte tåghastigheterna i sig utan en önskan att höja säkerheten på tunnelstationerna genom att ha övertryck i passagerarutrymmena på stationerna och därmed skydda människor från farliga gaser vid en eventuell brand i tunneln.

Tabell 54. Möjliga åtgärder för att öka den upplevda säkerheten

Åtgärd	*Effekt*	*Kostnad och nytta*
Hastighetsbegränsning till högst 249 km/h vid passage av plattform	Obetydligt längre körtider jämfört 250 km/h. Resenärerna upplever risker vid tågpassager	Obetydligt minskad nytta av högre hastigheter
Bygga plattforms-portar/ -dörrar på plattform vid huvudspår	Ökar den upplevda säkerheten på plattformen vid alla tågpassager, medger 250 km/h eller högre hastigheter	Relativt liten anläggningskostnad, ger högre driftkostnader
Bygga sidospår (förbigångsspår) med plattformar	Ökar den upplevda säkerheten på plattformen vid alla tågpassager, medger 250 km/h eller högre hastigheter på huvudspår. Ger ökad bankapacitet med möjlighet till förbigångar	Hög anläggningskostnad, ger högre driftkostnader

För en utomhusstation kan det räcka med en enklare variant av plattformsdörrar som inte behöver klara en tryckskillnad. Om barriären placeras en bit in från plattformskanten vinner man också ökad flexibilitet för olika tågtypers dörrplaceringar. En annan variant är att ingången till plattformen låses och bara öppnas när tåget stannat för resandeutbyte. Det kräver i så fall inhägnad och någon sorts kontroll att inga resenärer finns på plattformen vid andra tillfällen. Huvudprincipen är i båda fallen att utestänga väntande resenärer från den omedelbara närheten till tågspår tills det väntade tåget ankommit till stationen. TSD ger ingen direkt vägledning för dessa fall men medger tågpassager utan hastighetsbegränsning när inga resenärer finns på plattformen.

Det dyrare alternativet är att bygga sidospår eller förbigångsspår med plattformar, och bara ta in tågen som stannar på sidospåren. Tåg som passerar använder huvudspåren med full linjehastighet, 250 km/h eller mer. Sidospår kostar betydligt mer än portar eller dörrar, men tillför också bankapacitet genom att de ger möjlighet till förbigångar. Ett tåg som stannar på sidospåret kan köras om av ett snabbare tåg på huvudspåret. Denna lösning lämpar sig därför för sträckor med blandad tågtrafik (snabbtåg, regionaltåg, godståg) där bankapaciteten är hårt ansträngd och det finns behov av förbigångsmöjligheter för att kunna öka antalet tåg eller reducera störningar i tågtrafiken. Ett exempel är Södra stambanan genom Östergötland på sträckan Norrköping–Mjölby, där det relativt ofta inträffar att ett försenat X 2000-tåg hamnar bakom Östgötatrafiken pendeltåg och därmed blir mer försenat för att det inte kommer förbi.

Plattformar vid huvudspår för 250 km/h i Sverige

På Västkustbanans nya sträckor som dimensionerades för 250 km/h har man på flera stationer byggt sidospår (förbigångsspår) med plattform medan huvudspåren saknar plattform och medger full linjehastighet. Stationerna i Falkenberg, Laholm och Båstad (nya) är utförda efter denna modell.

Det finns många andra (regionaltågs-)stationer som byggts därefter där banans dimensionerande hastighet är 250 km/h men där denna princip frångåtts, bland annat på Västkustbanan på sträckan Helsingborg–Lund. På sträckan mellan Uppsala och Gävle har plattformarna för etablerad regionaltågstrafik (Upptåget) också lagts vid huvudspår. De nya sträckorna av Botniabanan och Norge/Vänerbanan (Göteborg-Öxnered) byggs också utan hänsyn till plattformsproblematiken vid en framtida hastighetshöjning till 250 km/h.

De största konflikterna mellan olika intressen kan dock förutses på framför allt Västkustbanan i Skåne och Södra stambanan i södra Småland och Skåne där Pågatågstrafik finns eller planeras. Banorna har på långa sträckor en bra geometri som skulle tillåta 250 km/h men många befintliga och planerade plattformar vid huvudspår skulle utan åtgärder begränsa hastigheten. Särskilt på Södra stambanan är också godstrafiken omfattande vilket gör att riskerna vid många tågpassager kan upplevas som stora.

På höghastighetsbanor klass I, det vill säga nybyggda höghastighetsbanor utomlands och också planerade i Sverige som Ostlänken, är det obligatoriskt med plattformsspår i sidotågväg vid hastigheter på 250 km/h eller mer.

Tabell 55. Plattformar längs huvudspår med möjlig tåghastighet på 250 km/h eller mer

Bana	*Station med resandeutbyte*	*Förslag till åtgärd*
Västra stambanan	Floby	Sänkt hastighet (högst 249 km/h), plattformsdörrar, eller sidospår med plattformar av kapacitetsskäl
Södra stambanan	Sävsjö, Vislanda (planeras), Diö (planeras), Killeberg (planeras), Osby, Hästveda (planeras), Ballingslöv (planeras), Sösdala (planeras), Tjörnarp (planeras), Stehag	Sänkt hastighet (högst 249 km/h), plattformsdörrar, eller sidospår med plattformar av kapacitetsskäl
Ostkustbanan + Botniabanan	Vattholma, Skyttorp, Örbyhus, Tobo, Tierp, Mehedeby, Marma, Älvkarleby, Skutskär, Husum, Nordmaling, Hörnefors	Sänkt hastighet (högst 249 km/h) eller plattformsdörrar
Västkustbanan	Förslöv (planeras), Barkåkra (planeras), Rydebäck, Glumslöv, Landskrona, Häljarp, Dösjebro, Gunnesbo	Sänkt hastighet (högst 249 km/h), plattformsdörrar, eller sidospår med plattformar av kapacitetsskäl
Norge/Vänerbanan Göteborg–Öxnered	Samtliga sex pendel- och regionaltågsstationer (öppnas senast 2012): Surte, Bohus, Nödinge, Nol, Älvängen, Tingberg	Sänkt hastighet (högst 249 km/h) eller plattformsdörrar
Mälarbanan	*Stationer som kan bli berörda, men ej har kontrollerats, är Bro, Bålsta, Enköping och Dingtuna*	Sänkt hastighet (högst 249 km/h) eller plattformsdörrar
Svealandsbanan	Läggesta, uppspår	Sänkt hastighet (högst 249 km/h)

Förslag till policy

För snabbtågstrafiken är det en relativt blygsam begränsning att sänka hastigheten till mindre än 250 km/h vid passage av plattform där det kan uppehålla sig resenärer för att på så sätt uppfylla gällande normer. 245 eller 249 km/h ger en obetydligt förlängd körtid.

Riskerna för väntande resenärer vid tågpassager upplevs i många fall som stora. Av den anledningen finns det skäl att införa någon typ av barriär mellan passerande snabbtåg och godståg och väntande resenärer.

Ofta etableras regionaltågstrafik där en förutsättning är låga investeringskostnader i bland annat stationer. Regionaltågstrafiken medför dock en konflikt med fjärrtrafiken eftersom den använder bankapacitet som i vissa fall skulle kunna användas för ökad turtäthet, kortare restider och mer punktliga fjärrtåg. Av kapacitetsskäl är det betydelsefullt att det finns förbigångsmöjligheter på stambanorna, och sådana kan lämpligen byggas vid regionaltågsstationer med plattformen i sidotågväg.

Å andra sidan skulle en förändring av normerna (TSD) för höghastighetsbanor av klass II och III att tillåta ≤250 km/h istället för <250 km/h vid plattformspassage med väntande resenärer vara en i praktiken rationell åtgärd som inte ger mer än obetydligt förändrade risker eller andra konsekvenser.

En slutsats kan vara att Sverige bör verka för att ändra TSD genom att först utreda faktiska och upplevda risker för väntande resenärer på plattformar vid högre tåghastigheter. Normerna i TSD skulle därmed kunna kopplas till riskvärdering på vetenskaplig grund med beaktande av tåghastighet och skyddsåtgärder på plattformen, och inte som idag till vilken banklass (praxis) som gäller. Det kan i praktiken komma att innebära ökade kostnader genom att skyddsåtgärderna kan behöva förstärkas på plattformar med passerande tåg i ett brett hastighetsregister men minska det upplevda obehaget och sannolikt också minska riskerna för personolyckor.

6.5 Sammanfattning

En lämplig hastighetsnivå för att förkorta restiderna med snabbtåg på stambanor i Sverige är 250 km/h. Restidsvinsterna blir stora med korglutning. På nybyggda banor sedan 1990-talet medger bangeometrin ofta ännu högre hastigheter, i vissa fall upp till 300 km/h. De höghastighetsbanor som nu planeras ska kunna trafikeras utan korglutning i 320 km/h.

Lämplig installerad effekt för ett generellt användbart tåg är 15-20 kW/ton tågvikt för topphastighet upp till 250 km/h, och 20-25 kW/ton för 280-320 km/h. Effektbehovet ökar med flera stationsuppehåll och brantare backar. Det är också önskvärt med högre effekt för att få mer effektiv elbromsning som ger ökad energiåtermatning.

För att höja hastigheterna på banor med blandad trafik behöver kapaciteten ses över. På enkelspåriga banor är det en fördel med kortare körtider så att antalet tågmöten minskar, medan förbigångarna med godståg ökar liksom på dubbelspåriga banor. Pendeltågstrafik medför ofta att antalet tåglägen för andra tåg blir begränsat och lite försenade snabbtåg blir merförsenade men det

problemet finns redan idag. Fortsatta studier av kapacitetsproblematiken behövs.

På de redan hårt belastade Västra och Södra stambanorna kan några nya förbigångsspår och möjlighet för järnvägsföretagen att köra längre godståg från dagens 630 m upp till 1000 m eller eventuellt 1500 m tåglängd göra att kapacitetsutnyttjandet blir oförändrat med Gröna tåget på kort sikt. På längre sikt krävs stora kapacitetsutbyggnader antingen av stambanorna eller som nya höghastighetsbanor för att klara ökad efterfrågan för alla tågslag.

På de andra studerade banorna, Västkustbanan med Göteborg–Öxnered, Ostkustbanan och Botniabanan, Mälarbanan och Svealandsbanan, bedöms effekterna av högre snabbtågshastigheter i stort sett bli neutrala.

De åtgärder som kan bli nödvändiga vid teknisk upprustning för ökade hastigheter är ökad rälsförhöjning (både anordnad och rälsförhöjningsbrist), och för hastigheter över 200 km/h slopade plankorsningar, nytt signalsystem (ERTMS), spår- och växelbyten där det är äldre typer kvar, och kanske även kontaktledningsombyggnad, geotekniska åtgärder, åtgärder på vissa broar och åtgärder för att höja säkerheten vid passage av plattformar.

7. Samhällsekonomisk analys

Den samhällsekonomiska analysen används för prioritering mellan olika åtgärder med offentliga medel. Hastighetshöjning för snabbtåg upp till 250 km/h är en möjlig åtgärd i infrastrukturen som ger relativt stora restidsvinster. De anläggningsåtgärder som blir nödvändiga framgår av föregående kapitel.

7.1 Analysen som verktyg

En samhällsekonomisk analys i ett tidigt skede är ett verktyg att utvärdera idén med Gröna tåget och de nödvändiga investeringarna i banan för att kunna höja hastigheterna och förkorta restiderna. Analysen består av en kalkyl, som omfattar såväl företagsekonomiska effekter som effekter för samhället och för snabbtågsresenärerna, kompletterat med en analys av andra nyttor och kostnader som inte ingår i kalkylen.

Den samhällsekonomiska kalkylen görs enligt samma metodik och med i princip samma värden som Trafikverket använder i investeringsplaneringen, men den är mer översiktlig och förenklad än ordinära objektkalkyler. Den kanske viktigaste posten, anläggningskostnaderna, är beräknad mycket översiktligt. För att förfina kalkylen behöver systemkraven på banan liksom investeringsbehovet för varje enskild bansträcka utredas noggrannare. Innan sådana utredningar gjorts är det inte heller meningsfullt att detaljera kalkylen i full utsträckning, och många effekter är blygsamma i monetära termer och påverkar knappast slutsatserna. Metoden och värdena finns dokumenterade i Banverkets handbok (BVH) 706 (2009).

7.2 Kalkylförutsättningar

Avgränsning av kalkylen

Principen för den samhällsekonomiska kalkylen är att den omfattar investeringar i banan som är nödvändiga för att kunna höja hastigheterna för snabbtåg över 200 km/h. Investeringarna har här så långt möjligt avgränsats till enbart hastighetshöjningen upp till 250 km/h, även om många åtgärder också gynnar godstrafik och annan persontrafik. På sträckor där hastigheterna med Gröna tåget inte kommer att överstiga 200 km/h antas att dagens banstandard på snabbtågsanpassade sträckor är tillfyllest, även om Gröna tåget i regel kan köra 5-10 km/h fortare i kurvor än dagens snabbtågshastigheter tack vare ökad

rälsförhöjning (h_a=160 mm istället för 150 mm) och ökad korglutning (h_b=275 mm istället för 245 mm).

Ny- eller reinvestering?

I kalkylen behandlas nyinvesteringar, som syftar till att göra en ny verksamhet som att köra Gröna tåget i högre hastigheter möjlig, delvis annorlunda än reinvesteringar, som syftar till att ersätta utsliten materiel. Vid reinvesteringar används dock i regel ny materiel med bättre prestanda och i många fall är den bättre prestandan också en förutsättning för att kunna höja hastigheterna. I praktiken kan dock åtgärderna för hastighetshöjningen, både nyinvesteringar och reinvesteringar, ge flera men ej kvantifierade nyttor än vad som kalkylen normalt omfattar.

Tabell 56. Nyinvesteringar och reinvesteringar

	Nyinvesteringar	*Reinvesteringar*
Behov	Måste utföras för Gröna tåget hastighetshöjning >200 km/h	Ska utföras oavsett Gröna tåget, men kan behöva tidigareläggas jämfört plan
Kostnadsfördelning	Belastar Gröna tåget helt och hållet	Belastar delvis Gröna tåget vid tidigareläggning, annars helt och hållet reinvesteringsbudget
Exempel på åtgärder	Broar och geotekniska åtgärder Planskilda korsningar Plattformssäkerhet Kapacitetsåtgärder	Spår Kontaktledning Signalsystem (ERTMS)

Förtida utbyte vid reinvestering

Trafikverket har ofta planer för reinvesteringar som en del av underhållsplaneringen. Materiel som spår, kontaktledning och signalsystem har en teknisk livslängd som ibland överstiger den ekonomiska livslängden i kalkylen men i så fall i regel till priset av ökade underhållskostnader i slutet innan utbyte. Trots att materielen då i princip är avskriven och borde bytas har här principen tillämpats att det är planens reinvesteringsår som gäller.

En reinvestering som är nödvändig för att kunna höja hastigheterna innebär följaktligen ett förtida utbyte om det sker innan den planerade tidpunkten. I den samhällsekonomiska kalkylen tillämpas linjär avskrivning, vilket innebär att vid en avskrivningstid på 40 år (för kontaktledningen) avskrivs varje år 1/40 (2,5 %) av investeringens värde. Det är följaktligen värdet av den avskrivningen

som belastar kalkylen för Gröna tåget. 5 års förtida utbyte innebär att 12,5 % av det totala värdet på investeringen tas med i kostnadskalkylen.

Ett exempel på att avskrivningstid och den tekniska livslängden skiljer sig åt är att Mälarbanan och Svealandsbanan år 2025 har ett signalsystem inklusive ATC som har eller nästan har uppnått 30 års ålder, vilket är avskrivningstiden i samhällsekonomiska kalkyler. Trots detta finns inget planerat utbyte till ERTMS inom ERTMS-planens tidshorisont 2030 (ERTMS i Sverige, 2009). Utan hastighetshöjning (JA) antas här att det befintliga signalsystemet bibehålls för att ersättas av ERTMS år 2035. ERTMS färdigbyggt till 2025 (UA) innebär då 10 års förtida utbyte – men om det är förtida eller ej ur en ekonomisk synvinkel kan följaktligen diskuteras. En kalkyl som görs 2025 om utbyte nu eller senare kan till exempel visa att underhållskostnaderna eller de tekniska begränsningarna för det äldre systemet är så pass stora att man ur ekonomisk synvinkel snarast bör byta till det nya systemet (ERTMS).

Tidshorisont för utredningsalternativet

I kalkylen jämförs hastighetshöjning för Gröna tåget som ett utredningsalternativ (UA) med ett jämförelsealternativ (JA). I JA sker ingen hastighetshöjning för snabbtåg vilket stämmer med nu gällande plan (Nationell transportplan 2010-2021).

Önskvärd trafikstart för snabbtågstrafiken i UA har bedömts ur marknadssynpunkt och möjligheten att leverera nya tåg och genomföra baninvesteringarna. Några stora pågående järnvägsprojekt (se tabell) och flera mindre ökar också möjligheterna att förkorta restiderna i snabbtågstrafiken.

Tabell 57. Större pågående järnvägsprojekt i Sverige

Projekt	*Stråk*	*Beräknas färdigt*
Citytunneln i Malmö	Malmö-Köpenhamn	Öppnas i dec 2010
Botniabanan och Ådalsbanan	Botniabanan	2011 (2010)
Tunneln genom Hallandsås	Västkustbanan	2015
Citybanan i Stockholm	Stockholm	2017

I kalkylen var den första ansatsen för kortare restider med snabbtåg år 2015 för Västra och Södra stambanan, år 2020 även för Västkustbanan och sträckan Göteborg–Öxnered (medger genomgående snabbtågstrafik mot Uddevalla och Norge) och Ostkustbanan med Botniabanan, och slutligen år 2025 för ökad fjärrtrafik på Mälarbanan och Svealandsbanan. Utifrån resultatet av kalkylen med de här ovan nämnda tidpunkterna har tidpunkterna därefter reviderats för att öka den samhällsekonomiska lönsamheten, se avsnitt 7.4 om genomförande.

Om staten beslutar att bygga höghastighetsbanorna Götalandsbanan och Europabanan kan de tidigast vara i trafik år 2025. Det skulle innebära att investeringarna för högre hastigheter i Västra och Södra stambanan får en väsentligt mindre nytta från och med höghastighetsbanornas trafikstart. I den reviderade genomförandeplanen senareläggs dock upprustningen av Västra och Södra stambanan vilket dels minskar hastighetshöjningens direkta kostnader, dels ger möjlighet till omprövning i ett senare skede.

Kalkylvärden

Tabell 58. Tillämpade kalkylvärden

Kalkylvärde	*Anmärkning*
Kalkylperiod: 40 år	Restvärdet vid kalkylperiodens slut (för 20 år: 1/3 av investeringskostnaden) beräknas för geotekniska åtgärder, broar, planskilda korsningar och hälften av kapacitetsåtgärderna. Enligt ASEK 4 [2]
Prisnivå: januari 2010	ASEK 4 tillämpar 2006 års priser [2]
Samhällsekonomisk kalkylränta: 4 %	Enligt Banverket [1]
Byggstart: 1 januari 2010	Enligt Banverket [1]
Byggtid: 3 år	Uppskattad byggtid
Skattefaktor I: 1,21	Enligt ASEK 4 [2]
Skattefaktor II: 1,00	Enligt ASEK 4 [2]
Restidsvärde, långväga privat: 102 kr/h	Prisnivå 2006. Enligt ASEK 4 [2]
Restidsvärde, långväga tjänste: 275 kr/h	Prisnivå 2006. Enligt ASEK 4 [2]
Väntetidsvärde, långväga privat (31-60 min): 42 kr/h; (61-120 min): 22 kr/h	Prisnivå 2006. Enligt ASEK 4 [2]
Väntetidsvärde, långväga tjänste (31-60 min): 192 kr/h; (61-120 min): 134 kr/h	Prisnivå 2006. Enligt ASEK 4 [2]

1 Beräkningshandledning (2009)
2 Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden (2008)

Kalkylvärdena är som framgår av tabell i princip en uppdaterad variant av Trafikverkets värden. I princip tillämpas 2006 års prisnivå, förutom att anläggningskostnaderna anges i 2010 års prisnivå. Felmarginalen i hela kalkylen bedöms dock vara större än skillnaden mellan dessa prisnivåer varför problemet hanteras med känslighetsanalysen (se nedan).

Tidsvärdena beräknas för en genomsnittlig fördelning mellan tjänste- och privatresenärer som framgår av tabell.

Tabell 59. Andel resärende per bana

	Västra stambanan	*Södra stambanan*	*Västkustb.*	*Ostkustb.*	*Mälarb.+Svea.*
Privatresor	60 %	70 %	75 %	70 %	80 %
Tjänsteresor	40 %	30 %	25 %	30 %	20 %

Tågdriftkostnaderna är räknade med Gröna tågets kostnadsmodell och angivna i 2010 års prisnivå inklusive skattefaktor I. För Gröna tåget som fyravagnsenhet med 300 sittplatser har värdena 35 kr/tågkm, 149 kr/tågminut i snabbtågstrafik respektive 124 kr/tågminut i långväga regionaltrafik, och en marginalkostnad för resandeförändringar om 0,50 kr/personkm vid 60 % beläggning använts.

Omkostnaderna ansätts till 0,12 kr/personkm (Beräkningshandledning, 2009).

De marginella externa kostnaderna grundas på en i beräkningshandledningen antagen fördelning mellan nygenererat resande, överflyttat från bil och överflyttat från flyg. Denna fördelning tenderar att överskatta det nygenererade resandet, i alla fall på kort sikt, och underskatta överflyttat resande från andra färdmedel. Ett exempel från Svealandsbanan vid trafikstarten 1998 är ca 30 % nygenererat och ca 15 % överflyttat från bil, medan resten i det fallet kom från buss (Fröidh, 2003). Vid prognosberäkningar med Samvips av stambanealternativet för Västra och Södra stambanan beräknas nygenererat resande svara för ca 40 %, minskat flygresande för 35 % och minskat bilresande för 25 % av de tillkommande tågresenärerna (Höghastighetsbanor i Sverige, 2010). Här har dock beräkningshandledningens rekommendationer följts.

Miljövinsterna av minskade emissioner är störst av överflyttat resande från flyg, 0,31 kr/personkm, och bara 0,035 kr/personkm från bil vid 1,6 personer i varje fordon (Beräkningshandledning, 2009).

Tabell 60. Fördelning av nytillkomna resenärer

	Nygenererat resande	*Från bil*	*Från flyg*
Västra stambanan Södra stambanan Ostkustbanan + Botniabanan	50 %	25 %	25 %
Västkustbanan + Göteborg–Öxnered Mälarbanan och Svealandsbanan	50 %	50 %	0 %

Nyttan av plankorsningar tillfaller tågtrafiken och vägtrafiken i form av ökad säkerhet och färre olyckor, och vägtrafiken dessutom som minskade väntetider.

I kalkylen har den genomsnittliga trafikflödesprodukten (TFP) 60 000 fordon/dygn använts grundat på i medeltal 300 vägfordon och 200 tåg i varje plankorsning, i regel försedd med helbommar (Södra stambanan, 2009).

Tabell 61. Schablonpriser använda i kalkylen i 2010 års prisnivå

Åtgärd	*á-priser*	*Gröna tågets andel*
Nyinvesteringar		
Broar, geoteknik	0,5 mnkr/spårkm[1] på bana byggd före 1988	Hela beloppet på Gröna tåget (ev. ytterligare förstärknings-åtgärder antas belasta annan tågtrafik t.ex. för ökad bärighet)
Planskilda korsningar	32 mnkr per planskildhet[2]	Hela beloppet på Gröna tåget
Plattformssäkerhet	5 mnkr/station[1] med två platt-formsspår med sth >200 km/h	Hela beloppet på Gröna tåget
Kapacitetsåtgärder	Varierande (se avsnitt 6.3)	Hela beloppet på Gröna tåget
Reinvesteringar		
Spårbyte till 60 kg/m-räl på nya betongsliprar	5 mnkr/spårkm (bana byggd före 1988)[3]	Gröna tågets andel för förtida utbyte baserat på avskrivnings-tid för sliprar 50 år, räler 30 år
Byte av rälsbefästning, växlar, spårgeometri	0,3-0,5 mnkr/spårkm (utom spår bytt sedan 2008)[4]	Hela beloppet på Gröna tåget[5]
Kontaktledningsbyte till SYT 15/15	2 mnkr/spårkm (bana byggd före 1988)[3]	Gröna tågets andel för förtida utbyte baserat på avskrivnings-tid 40 år
Ombyggnad av kontaktledning från ST till SYT 15/15 kN	0,3 mnkr/spårkm (endast Västkustbanan)[4]	Hela beloppet på Gröna tåget[5]
Signalsystem (ERTMS)	2,3 mnkr/spårkm[3] vid reinvest-eringsmogen signalutrustning (bana byggd före 1988) 1,2 mnkr/spårkm[3] vid nyare signalutrustning (bana byggd 1988 eller senare)	Gröna tågets andel för förtida utbyte baserat på avskrivnings-tid 30 år

[1] Uppskattning, delvis baserad på Södra stambanan, högre hastighet (2009)
[2] Södra stambanan, högre hastighet (2009)
[3] Jämför med aktuella projekt på Banverkets hemsida vintern 2010
[4] Backman och Mattisson (2008)
[5] Egentligen en standardhöjande nyinvestering men redovisas här som reinvestering tillsammans med andra åtgärder på spår respektive kontaktledning.

Tabell 62. Beräknade anläggningskostnader för banorna

Sträcka	*Västra sb. Stockholm-Göteborg*	*Södra sb. Katrineholm-Malmö*	*Västkustb. Göteborg-Lund*	*Vänerb. Göteborg-Öxnered*	*Ostkustb. Stockholm-Umeå*	*Mälarb. Stockholm-Hovsta*	*Sveal.b. Södertälje-Valskog*	*Summa*
Total banlängd (km)	*455*	*483*	*290*	*82*	*730*	*180*	*114*	*2334*
varav sth >200 km/h	*266*	*307*	*225*	*75*	*389*	*111*	*73*	*1446*
Spårlängd (km) nyare bana	*102*	*0*	*478*	*164*	*559*	*290*	*101*	*1694*
Spårlängd (km) äldre bana	*808*	*966*	*72*	*0*	*338*	*21*	*29*	*2234*
Nyinvesteringar								
Broar, geoteknik	360	430	20	0	50	0	0	860
Planskilda korsningar	580	450	0	0	80	0	0	1110
Plattformssäkerhet	40	50	30	40	60	20	5	245
Kapacitetsåtgärder	2500	2400	100	0	200	0	0	5200
Reinvesteringar								
Spårbyte, spårgeometri	340	360	230	0	200	100	40	1270
Kontaktledning	60	130	140	0	10	0	0	340
Signalsystem (ERTMS)	500	250	150	20	110	70	45	1145
Total kostnad (mnkr)	4380	4070	670	60	710	190	90	10170
Restvärde efter 40 år (mnkr)	730	693	23	0	77	0	0	1523

Äldre bana: Här bana byggd före 1988

Nyare bana: Här bana byggd 1988 eller senare

Notera att reinvesteringarna endast avser Gröna tågets andel för förtida utbyte (se texten).

De beräknade samlade anläggningskostnaderna för de sju studerade banorna framgår av tabell (ovan). Sammanlagt beräknas kostnaderna till omkring 10 miljarder kr för hastighetshöjning, varav 5 miljarder kr för kapacitetsåtgärder om enbart etapp 1 för Västra och Södra stambanan ingår. Ytterligare kapacitetsförstärkning behövs från 2020 och framåt (och även Ostlänken före 2020) men ingår inte i denna kalkyl.

En beräkning av spårlängd på äldre banor, byggda före 1988, och nyare banor byggda 1988 eller senare, ligger till grund för beräkning av kostnaderna för broar, geoteknik, spårbyten, kontaktledningsbyten och ERTMS.

7.3 Kalkylresultat

Kalkylsammanställning

I den samhällsekonomiska kalkylen har några av banorna slagits ihop för att bättre återspegla de trafikmässiga möjligheterna med samlad anpassning för Gröna tåget. Det gäller sträckan Göteborg–Öxnered på Norge/Vänerbanan som slagits ihop med Västkustbanan, och Mälarbanan som slagits ihop med Svealandsbanan för ett gemensamt trafikupplägg Stockholm–Örebro.

Kalkylsammanställningen visar samhällsekonomiska nuvärden, det vill säga värde av kalkylperiodens nyttor diskonterat till år 2010 inklusive skattefaktorer. Byggtiden är schablonmässigt 3 år (2010-2012) och kalkylperioden i drift är 40 år (2013-2052).

Tabell 63. Kalkylsammanställning

Grundantagande Nuvärde 2010 (milj kr)	*Västra sb.* *Stockholm-Göteborg*	*Södra sb.* *Katrineholm-Malmö*	*Västkustb.* *Öxnered-Göteborg-Lund*	*Ostkustb.* *Stockholm-Umeå*	*Mälarb+Svea.* *Stockholm-Örebro*
Genomförande klart	*År 2015*	*År 2015*	*År 2020*	*År 2020*	*År 2025*
Anläggningskostnad	5099	4738	780	827	326
Restvärde	-164	-155	-5	-17	0
Biljettintäkter	4970	6422	2839	3497	798
Produktionskostnader	-4383	-5314	-1254	-2909	385
Restidsvinster	3886	6359	2156	2594	1250
Marginella externa effekter	670	891	50	526	17
Plankorsningar	95	74	0	11	0
Summa nyttor	5238	8432	3792	3718	2451
Nyttor-anläggningskostnad	302	3849	3016	2908	2125
Nettonuvärdeskvot	*0,1*	*0,8*	*3,9*	*3,6*	*6,5*

Störst samhällsekonomisk avkastning ger Mälarbanan och Svealandsbanan, följd av Västkustbanan med Göteborg–Öxnered och Ostkustbanan med Botniabanan. Alla dessa banor har långa sträckor nybyggd bana i en standard som i princip medger 250 km/h förutom dagens signalsystem. Merkostnaderna för att byta till ERTMS och övriga tekniska anpassningsåtgärder kan mycket väl motiveras ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Västra stambanan och Södra stambanan har betydligt större anläggningskostnader. Där gäller det att förstärka kapaciteten såväl som att eliminera flera plankorsningar och genomföra reinvesteringar i spår och kontaktledning. Ett genomförande med kapacitetsutbyggnader enligt etapp 1 (se avsnitt 6.3) ger dock ändå ett positivt netto. På sikt bör flera kapacitetsutbyggnader göras efter etapp 1, antingen som stambanealternativet eller som höghastighetsbanor. Dessa investeringar ryms inte inom de här beräknade nyttorna för högre hastigheter för snabbtåg.

En annan samhällsekonomisk beräkning där övrig tågtrafik och tillkommande restidsvinster av hela stambanealternativet ingår ger visserligen ett positivt resultat, men lägre nettonuvärdeskvot än höghastighetsbanor (Höghastighetsbanor i Sverige, 2010).

Känslighetsanalys

I känslighetsanalysen har anläggningskostnaden och nyttorna varierats för att undersöka resultatets känslighet för ändrade förutsättningar och felmarginal i de ingående värdena. Tre olika scenarier har testats utöver grundantagandet:

1. Anläggningskostnaden ökar genom att kostnaden för ERTMS helt och hållet belastar Gröna tåget.
2. Genomförande 10 år senare och anläggningskostnaden minskar genom att inga reinvesteringar belastar Gröna tåget.
3. Resandet oförändrat trots förbättrat utbud.

I tabellen (nedan) anges den nominella anläggningskostnaden i miljoner kr.

Tabell 64. Känslighetsanalys

Grundantagande	*Västra sb. Stockholm-Göteborg*	*Södra sb. Katrineholm-Malmö*	*Västkustb. Öxnered-Göteborg-Lund*	*Ostkustb. Stockholm-Umeå*	*Mälarb+Svea. Stockholm-Örebro*
Genomförande klart	*År 2015*	*År 2015*	*År 2020*	*År 2020*	*År 2025*
Resandeökning 2020	31%	30%	28%	26%	8%
Anläggningskostnad (mnkr)	4380	4070	730	710	280
Nettonuvärdeskvot	*0,1*	*0,8*	*3,9*	*3,6*	*6,5*
1. Anläggningskostnaden ökar					
Genomförande klart	*År 2015*	*År 2015*	*År 2020*	*År 2020*	*År 2025*
Resandeökning 2020	31%	30%	28%	26%	8%
Anläggningskostnad (mnkr)	5870	7043	1280	1270	595
Nettonuvärdeskvot	*-0,2*	*0,2*	*1,6*	*1,5*	*2,5*
2. Genomförande 10 år senare					
Genomförande klart	*År 2025*	*År 2025*	*År 2030*	*År 2030*	*År 2035*
Resandeökning 2020	31%	30%	28%	26%	8%
Anläggningskostnad (mnkr)	3480	3330	190	390	25
Nettonuvärdeskvot	*0,3*	*1,2*	*15,6*	*7,1*	*77,6*
3. Resandet oförändrat					
Genomförande klart	*År 2015*	*År 2015*	*År 2020*	*År 2020*	*År 2025*
Resandeökning 2020	0%	0%	0%	0%	0%
Anläggningskostnad (mnkr)	4380	4070	730	710	280
Nettonuvärdeskvot	*-0,8*	*-0,4*	*1,9*	*-0,2*	*5,8*

Resultatet av känslighetsanalysen visar att kortare restider med snabbtåg kan bära en större anläggningskostnad än vad som ingår i grundantagandet. Hela kostnaden för ERTMS kan motiveras samhällsekonomiskt genom kortare restider, och det finns dessutom utrymme för ytterligare investeringar innan nettonuvärdeskvoten riskerar att bli negativ. Undantaget är Västra stambanan där avkastningen var liten redan i grundantagandet.

Om snabbtågsanpassningen för högre hastigheter sker 10 år senare innebär det att installation av ERTMS och alla nödvändiga spår- och kontaktledningsbyten genomförs innan banorna snabbtågsanpassas under perioden 2025-2035. Det är följaktligen reinvesteringsbudgeten som svarar för att bereda mark för Gröna tåget och det sker inget förtida utbyte av materiel. De återstående nyinvesteringarna kan med lätthet bäras av restidsförkortningen och nettonuvärdeskvoten ökar väsentligt, utom för Västra och Södra stambanan där kapacitetsinvesteringar enligt etapp 1 ingår. De följande etapperna ingår inte i den samhällsekonomiska kalkylen.

Ett scenario med oförändrat resande trots utbudsförändringen med kortare restider, högre turtäthet och lägre biljettpriser verkar osannolikt, men det ger ändå en indikation på hur känsligt resultatet är. Västkustbanan och Mälarbanan och Svealandsbanan har fortfarande positiva nettonuvärdeskvoter, medan de andra banorna får negativa. De stora skillnaderna mellan olika banor beror på att fördelningen mellan konsumentöverskott och producentöverskott är olika, där producentöverskottet i form av lägre kostnader vid kortare körtider är mer stabila vid stagnerat resande.

Det är också lönsamt att trafikera med Gröna tåget med bred korg även om hastigheterna inte höjs, men i det fallet behövs ingen bananpassning och det faller därmed utanför den samhällsekonomiska kalkylen.

Andra nyttor och kostnader

I den samhällsekonomiska analysen finns det också effekter som inte ingår i kalkylen. Det kan vara effekter som inte går att kvantifiera eller värdera i pengar. Här är några av de tänkbara effekterna av att höja hastigheterna för snabbtåg över 200 km/h som inte ingår i kalkylen.

- **Banunderhåll.** Äldre spår som får höjd hastighet kan antas få en marginellt högre underhållskostnad. Det förtida utbyte av spår, kontaktledning och nytt signalsystem (ERTMS) som belastar Gröna tåget ger däremot lägre banunderhållskostnader. Gröna tågets massa per sittplats minskar också jämfört med X2 vilket minskar spårunderhållet.
- **Buller.** Här antas att Gröna tåget klarar samma bullernivåer som X2 trots högre hastigheter.
- **Elkraft.** Gröna tågets energiförbrukning minskar jämfört med X2 per sittplats trots högre hastigheter, men ökad trafikvolym kan öka energiförbrukningen marginellt.
- **Infrastruktur för bil- och flygtrafik.** Vägar och flygplatser avlastas genom mer attraktiv tågtrafik. Utbyggnad och intrångseffekter som

försenas eller uteblir ingår inte, däremot minskad miljöbelastning av bil- och flygresenärer som tar tåg istället.

- **Kortare restider för andra tåg än snabbtåg.** Högre hastigheter framför allt i kurvor ger en marginell restidsvinst också för andra persontåg.
- **Förändringar för godstrafiken.** Inga beräkningar av förändringar för godstrafiken ingår eftersom ansatsen är att balansera högre hastigheter för snabbtåg med bibehållet kapacitetsutnyttjande. Längre godståg medför lägre transportkostnader, medan ökat antal förbigångar kan medföra högre kostnader.
- **Natur- och kulturmiljöer.** Den högre hastigheten på befintlig bana ger ingen känd påverkan genom att Gröna tåget får bättre aerodynamik, lägre energiförbrukning och buller än X2-tåg.
- **Vibrationer.** Här antas att Gröna tåget klarar samma markvibrationsnivåer som X2 trots högre hastigheter, genom förstärkning av banvallen på utsatta ställen som ingår i anläggningskostnaden.

Det generella värdet av körtid

Tabell 65. Generellt värde av körtid

	Västra sb. Stockholm-Göteborg	*Södra sb. Stockholm-Malmö*	*Västkustb. Öxnered-Göteborg-Malmö*	*Ostkustb. Stockholm-Umeå*	*Mälarb+Svea. Stockholm-Örebro*
Företagsekonomiskt värde					
Årligen (mnkr/körtidsminut)	4,6	5,4	1,8	4,2	6,1
Nuvärde (mnkr/körtidsminut)	51	60	20	46	67
Samhällsekonomiskt värde					
Nuvärde (mnkr/körtidsminut)	333	383	123	208	272
Nuvärde (mnkr/körtidsprocent)	623	1053	228	489	245
Generellt fordon					
Andel av transportproduktion	*24%*	*34%*	*10%*	*22%*	*10%*

Genomsnitt för studerade trafikupplägg		
Företagsekonomiskt värde/år	4,7	mnkr/körtidsminut
Företagsekonomiskt nuvärde	51	mnkr/körtidsminut
Samhällsekonomiskt nuvärde	295	mnkr/körtidsminut

Värdet av körtidsförkortningen kan beräknas generellt. Det företagsekonomiska värdet kommer från ökade biljettintäkter och minskade produktionskostnader när körtiderna förkortas. Det samhällsekonomiska värdet inkluderar dessutom effekter för andra part (det vill säga resenärernas restidsvinst) och tredje part (externa effekter). Nuvärdet i den företagsekonomiska kalkylen baseras på 20 års avskrivningstid för fordonen och 6,5 % kalkylränta. Nuvärdet i den

samhällsekonomiska kalkylen baseras på 40 års kalkylperiod och 4 % kalkylränta (Samhällsekonomiska principer, 2008).

Resultatet visar att 1 minut i inbesparad körtid är värd 4,7 miljoner kr/år för en fordonsflotta i ett genomsnittligt trafikupplägg, och kapitaliserat (nuvärde) är 51 miljoner kr. Högst värde får man på Mälarbanan och Svealandsbanan där huvuddelen handlar om kortare omloppstider som ger en märkbar produktivitetsförbättring. För de andra banorna förutom Västkustbanan tillkommer sänkta biljettpriser som minskar producentöverskottet. Västkustbanan har i kalkylen med Gröna tåget ett nytt trafikupplägg som delvis minskar avkastningen.

Motsvarande samhällsekonomiska värde är 295 miljoner kr per inbesparad körtidsminut. När det gäller infrastrukturåtgärder bör dock det specifika värdet för varje bana användas. Södra stambanan har här högst värde, 383 miljoner kr/körtidsminut, medan Västkustbanan med Göteborg–Öxnered har lägst värde, 123 miljoner kr/körtidsminut.

Ett räkneexempel är att det på Södra stambanan är värt 1900 miljoner kr under kalkylperioden att reducera restiderna för snabbtågen med 5 minuter, vilket motsvarar en nominell anläggningskostnad på 1570 miljoner kr.

7.4 Genomförandealternativ

Förslag till hastighetshöjning för snabbtåg

I den samhällsekonomiska kalkylen i föregående avsnitt prövas en hastighetshöjning för snabbtåg till 250 km/h stråk för stråk. Resultaten visar att den samhällsekonomiska avkastningen är mycket god för Västkustbanan, Ostkustbanan och Botniabanan samt Mälarbanan och Svealandsbanan. På de stråken finns relativt stor andel av sedan 1990-talet ombyggd och nybyggd bana utan plankorsningar vilket minskar behovet av teknisk uppgradering. Det finns i regel också ledig bankapacitet för att höja snabbtågshastigheterna.

En rekommendation utifrån analysen är att en hastighetshöjning bör genomföras så snart som möjligt på Västkustbanan Göteborg–Lund, inklusive Göteborg–Öxnered, och på Ostkustbanan och Botniabanan Stockholm–Umeå. Här föreslås ett genomförande före 2017 i etapp A (se karta) eftersom det är mycket lönsamt och önskvärt med ett tidigare genomförande under förutsättning att nya snabbtåg (Gröna tåget) anskaffas de närmaste åren. Ett genomförande före 2017 förutsätter dock antingen att satsningarna på ERTMS ökar i mitten av den nationella transportplanens (NTP) planperiod 2010-2021, eller att ATC får anpassas för snabbtågshastigheter på 250 km/h som en temporär åtgärd innan ERTMS installeras.

För Mälarbanan och Svealandsbanan föreslås en samordning med Västra stambanan, se nedan.

På Västra stambanan och Södra stambanan behövs mer teknisk uppgradering, planskilda korsningar och kapacitetsåtgärder för att kunna höja snabbtågshastigheterna. Den samhällsekonomiska avkastningen blir därmed lägre i dessa stråk, speciellt för Västra stambanan. Det finns dock möjlighet att göra paket av olika åtgärder som gör att även dessa banor får god samhällsekonomisk lönsamhet vilket det följande avsnittet handlar om. En ny kalkyl för dessa genomförandepaket saknas dock och bör göras utifrån en prognosmodell istället för elasticitetsberäkningar.

De här nämnda åtgärderna antas vara tillräckliga för att höja snabbtågshastigheterna på kort sikt, medan banorna på längre sikt behöver omfattande kapacitetsförstärkningar, antingen i form av flera spår längs stambanorna, eller som nya höghastighetsbanor.

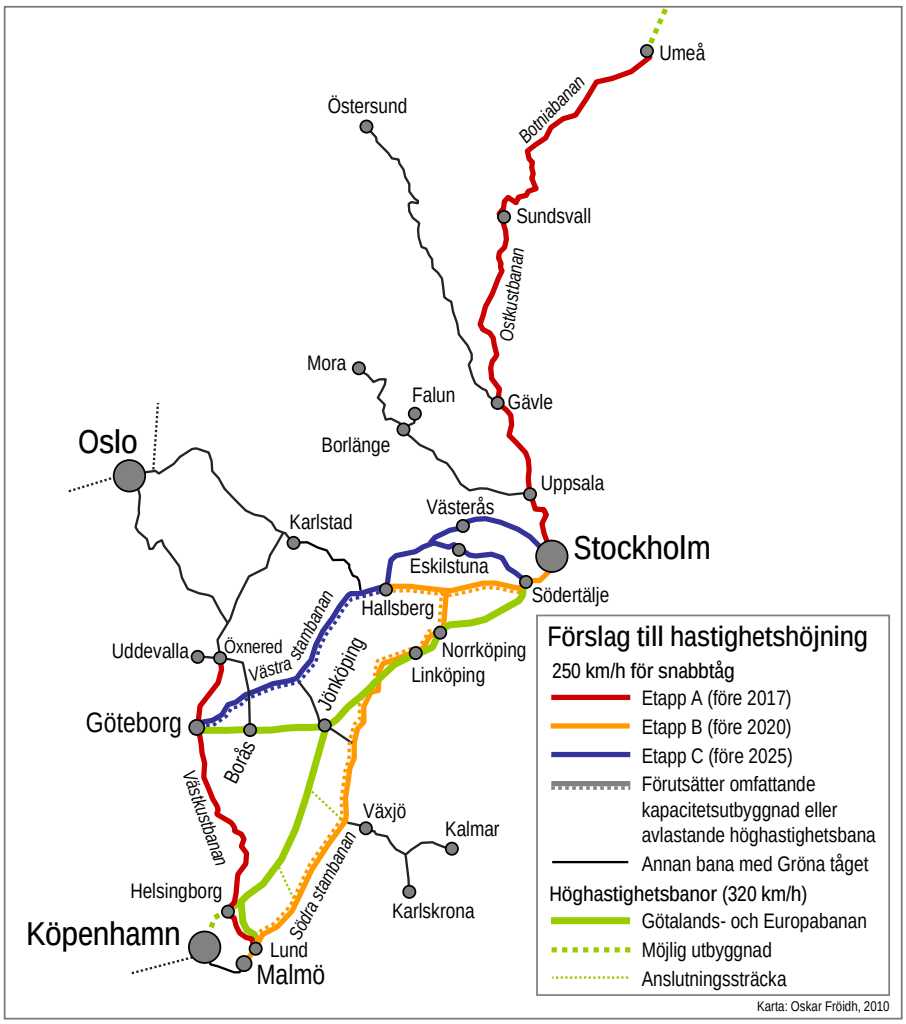
Upprustning av Västra stambanan delas upp

Genom att dela upp hastighetshöjning av Västra stambanan i två etapper kommer systemnyttor från andra banor Västra stambanan tillgodo.

Stockholm–Hallsberg kan genomföras samtidigt med Södra stambanan med färdigställande före 2020. Denna sträcka får enligt ERTMS-planen ERTMS som en del av godskorridor B under perioden 2016-2019 och det nya signalsystemet är finansierat inom NTP 2010-2021. En samtidig hastighetshöjning gör att den samhällsekonomiska marginalkostnaden av ERTMS som förtida utbyte av signalsystemet elimineras i Gröna tågets kalkyl och avkastningen av hastighetshöjningen ökar. Här föreslås att denna del ingår i etapp B (se karta).

Hallsberg–Göteborg bör genomföras samtidigt med att Mälarbanan och Svealandsbanan anpassas för högre snabbtågshastigheter. Ökad hastighet på Mälarbanan och Svealandsbanan ger ett stabilt samhällsekonomiskt överskott som kan förbättra kalkylen för Västra stambanan. Idag finns det också genomgående fjärrtågstrafik mellan Stockholm och Göteborg via Mälarbanan och Hallsberg och genomgående trafikupplägg bör bli attraktiva även för Svealandsbanan genom kortare restider och lägre produktionskostnader vid en hastighetshöjning. Banorna fungerar också som en alternativ väg till Västra stambanan för godstrafik och även annan tågtrafik vid trafikstörningar som motiverar ett gemensamt genomförande.

Här föreslås att paketet utgör etapp C (se karta) med genomförande före 2025 vilket medför att de specifika kostnaderna för hastighetshöjningen minskar och den samhällsekonomiska avkastningen ökar.



Figur 82. Förslag till prioritering av upprustning för högre hastigheter för snabbtåg, samt Götalandsbanan och Europabanan som föreslagits i en offentlig utredning (Höghastighetsbanor, 2009).

Södra stambanan med mer kapacitet

Genomförande med tanke på bankapacitet

Hastighetshöjning för snabbtåg på Södra stambanan Katrineholm–Malmö genomförs lämpligen i samband med installation av ERTMS som enligt plan genomförs under perioden 2016-2019 tillsammans med Stockholm–Hallsberg på Västra stambanan. Det minskar de marginella kostnaderna för hastighetshöjningen jämfört med i kalkylen eftersom såväl den tekniska

upprustningen av spår och kontaktledning som ERTMS till stor del redan är finansierade.

Problemet med Södra stambanan är i första hand bankapaciteten. De föreslagna kapacitetsåtgärderna i etapp 1 (se avsnitt 6.3) bedöms vara nödvändiga för att på kort sikt kompensera för de ökade hastighetsskillnaderna när snabbtågens hastigheter höjs upp till 250 km/h. Men med avreglering av den långväga persontrafiken med flera järnvägsföretag som trafikerar Södra stambanan med fjärrtåg, ökad regionaltrafik framför allt i Småland och ökad godstrafik bland annat som en följd av nya banor, som Botniabanan och Fehmarn Bält-förbindelsen, kommer det samlade kapacitetsbehovet att stiga snabbt. Det kommer inom några decennier att behövas kraftiga kapacitetsutbyggnader för att kunna hantera den ökade efterfrågan på resande och godstransporter.

Det finns följaktligen ett behov av att redan nu planera för kapacitetsutbyggnader utöver etapp 1.

Ostlänken

Ostlänken mellan Södertälje och Linköping är den etapp som kommit längst i planeringen av höghastighetsbanor i Sverige genom att järnvägsutredningen färdigställdes 2009. Ostlänken, egentligen en del av Götalandsbanan, fungerar också som länk i Södra stambanan och ger stora nyttor även om senare etapper av Götalandsbanan och om Europabanan inte skulle byggas.

Banverkets objektkalkyl av Ostlänken enligt trafikverkens kalkylmodell visar att den ger ett samhällsekonomiskt resultat som balanserar strax under eller runt en nettonuvärdeskvot omkring noll, beroende av vilka förutsättningar som antas (Thorselius, 2009). En viktig förutsättning är att jämförelsealternativet i objektkalkylen är tämligen kortsiktigt och bortser från många av de åtgärder som kan bli nödvändiga mellan Stockholm och Linköping för att klara kapaciteten inom kalkylperioden om Ostlänken inte skulle byggas, och som i denna rapport kallas Stambanealternativet etapp 2b (se avsnitt 6.3).

Dessutom har Ostlänken som en del av Södra stambanan i objektkalkylen beräknats med restidsvinster för tåghastigheter på 250 km/h och inte för den standard som banan planeras få, 320 km/h, vilket minskar nyttorna och inte tar tillvara den potential som finns i snabbtågskonceptet Gröna tåget.

Trafikverkets objektkalkyl ger därmed en för låg nettonuvärdeskvot för Ostlänken eftersom både jämförelsealternativet och nyttorna har underskattats.

En kalkyl av ett paket, med Ostlänken och en samtidig höjning av snabbtågshastigheterna på Södra stambanan mellan Linköping och Malmö, skulle ge en väsentligt bättre samhällsekonomisk avkastning. Gröna tåget bör anskaffas i en version som klarar 280-320 km/h för att öka restidsvinsterna på

Ostlänken, medan snabbtågshastigheter på 250 km/h mellan Linköping och Malmö räcker med hänsyn till bangeometrin och annan tågtrafik.

Här föreslås att kapacitetsutbyggnader enligt etapp 2a Lund–Malmö och 2b med Ostlänken genomförs parallellt med etapp 1 som genomförandeetapp B (efter Västkustbanan och Ostkustbanan; se karta) med färdigställande före 2020. Det innebär att några väsentliga trångsektioner på Södra stambanan elimineras.

I ett senare skede kan vidare utbyggnad av kapaciteten enligt etapp 3 genomföras, där det är mest fördelaktigt att bygga höghastighetsbanor vidare från Linköping mot Göteborg och Skåne/Köpenhamn (Höghastighetsbanor i Sverige, 2010).

7.5 Sammanfattning

Samhällsekonomiskt lönsamt

Den samhällsekonomiska kalkylen visar att det generellt sett är lönsamt att förkorta restiderna genom att höja hastigheterna för snabbtåg till 250 km/h. Det mest lönsamma är att höja hastigheterna efter planenliga reinvesteringar där den nya materielen har så pass höga prestanda att några ytterligare åtgärder för att höja hastigheterna inte behövs.

Störst samhällsekonomisk avkastning uppvisar Mälarbanan och Svealandsbanan, i första hand genom de små anläggningskostnaderna och nyttor av kortare omloppstider. Därefter följer Västkustbanan med Göteborg–Öxnered och Ostkustbanan med Botniabanan.

Södra stambanan och Västra stambanan belastas av högre anläggningskostnader och får därför inte lika höga nettonuvärdeskvoter. Förutom en teknisk upprustning ingår planskilda korsningar och kapacitetsåtgärder enligt etapp 1, med flera förbigångsspår och möjlighet för järnvägsföretagen att köra längre godståg.

Ett generellt nuvärde på restiden för trafikupplägget i ett stråk är med företagsekonomiskt mått 50 miljoner kr/körtidsminut och i ett samhällsekonomiskt perspektiv 300 miljoner kr/körtidsminut.

Genomförande av hastighetshöjning för snabbtåg i Sverige

Här föreslås ett genomförande av hastighetshöjning för snabbtåg upp till 250 km/h i tre etapper.

Den första etappen (A) bör omfatta Västkustbanan Göteborg–Lund och Vänerbanan Göteborg–Öxnered samt Ostkustbanan och Botniabanan Stockholm–Umeå. Det bör med hänsyn till de relativt små åtgärderna och den höga samhällsekonomiska lönsamheten genomföras så tidigt som möjligt och

före 2017. En förutsättning är att Trafikverket omarbetar ERTMS-planen alternativt kan motivera att ATC2 godkänns för 250 km/h som en temporär åtgärd i väntan på ERTMS-installation.

Den andra etappen (B) bör omfatta Södra stambanan Linköping–Malmö i kombination med kapacitetsutbyggnader Lund–Malmö och Ostlänken, en ny höghastighetslänk Södertälje–Linköping. Dessutom bör sträckan Stockholm–Hallsberg på Västra stambanan ingå eftersom detta utgör en redan finansierad del i ERTMS-planen. Etapp B bör genomföras före 2020 och här kan tidsplanen för ERTMS bibehållas oförändrad.

Den tredje etappen (C) bör omfatta Mälarbanan, Svealandsbanan och Västra stambanan Hallsberg–Göteborg som i paket tillsammans ger en bättre samhällsekonomisk avkastning än varje bana för sig. Etapp C bör genomföras före 2025. Tidsplanen stämmer för ERTMS-installation mellan Hallsberg och Göteborg. För Mälarbanan och Svealandsbanan krävs dock att ERTMS tidigareläggs jämfört med den nu gällande planen.

Eftersom det är okänt när något järnvägsföretag verkligen kommer att anskaffa snabbtåg som Gröna tåget kvarstår en osäkerhet. Den enda möjligheten att eliminera osäkerheten är att samplanera fordonsanskaffningen med banutbyggnaden. Det innebär i praktiken att Trafikverket bör avtala med de järnvägsföretag som skaffar nya snabbtåg att också anpassa banan för högre hastigheter.

8. Slutsatser

I kapitlet förs en diskussion om resultatet och vilka slutsatser som kan dras av analyserna i rapporten. Några hörnstenar i Gröna tåget är breda vagnskorgar, kortare restider med korglutning och efterfrågan på ökad bankapacitet på Västra och Södra stambanorna. Behovet av fortsatt arbete och utvidgad forskning identifieras.

8.1 Diskussion

Ekonomi med breda tåg

Utrymmesutnyttjande viktigt

God ekonomi i tågtrafiken är viktigt för resenärerna och järnvägsföretagen, och det blir än viktigare med avreglerad tågtrafik. Utrymmesutnyttjandet är en av de tre viktigaste faktorerna för ekonomin tillsammans med beläggningsgrad och medelhastighet. Högt utrymmesutnyttjande blir följden av flera sittplatser i varje vagn, och förutom dubbeldäckade tågkoncept erbjuder breda vagnskorgar möjlighet att få större möblerbar yta utan att kostnaderna ökar i motsvarande grad. I kombination med korglutning för kortare restider på kurviga banor är dock breda tåg en bättre lösning än dubbeldäckade tåg.

Breda vagnskorgar fordrar en större lastprofil, men det är möjligt med mindre anpassningar av banan att framföra breda tåg i Sverige, Norge, Finland, och med vissa restriktioner i Danmark vilket ger en nordisk hemmamarknad. Analysen visar att snabbtågskonceptet Gröna tåget som brett tåg får 15 % lägre totala kostnader i trafiken jämfört med ett motsvarande tåg med samma komfort och normal eller kontinental vagnsbredd. Det ger en väsentlig konkurrensfördel för de järnvägsföretag som har breda tåg.

En invändning mot breda tåg är att resenärerna inte vill sitta tre i bredd, det vill säga 2+3-sittning i ekonomiklass. Forskning visar att det negativa värdet av denna sittning är i genomsnitt 2 % av biljettpriset jämfört med kontinental sittning med 2+2, och att det växlar från positivt till negativt först vid nästan fullsatt tåg med mer än 80 % beläggning. Eftersom breda tåg å andra sidan har 15 % lägre totala kostnader ger det utrymme för en biljettprissänkning som attraherar långt flera resenärer än som möjligen avstår på grund av risken att få sitta på en mellanplats.

Individuella resenärer kan däremot ha såväl en preferens för tre i bredd, till exempel en familj eller ett ressällskap på tre personer, som stark motvilja mot mellanplatsen trots att den ska utformas med individuella armstöd och god

komfort. För de senare finns möjligheten att välja första klass där breda tåg med 2+2-sittning jämfört med 1+2-sittning ger en ännu större procentuell förbättring av utrymmesutnyttjandet än i ekonomiklass.

Flexsittplatser i breda tåg

Idag i X 2000 och andra tåg som är hårt belastade säljs ett antal biljetter i första klass utanför tjänsteresandets topptider till relativt låga priser. Det sker för att jämna ut efterfrågan genom intäktsstyrning, och öka beläggningen och avlasta andra klass. Principen idag blir följaktligen att dimensionera förstaklasskapaciteten för toppbelastning och flexa andra klass. De billigare biljetterna i första klass ger dock en högre kostnad utslaget per resa än vad de skulle ha gjort i andra klass eftersom första klass har sämre utrymmesutnyttjande.

En tanke med Gröna tåget med bred korg och flexinredning är att vända på principen och konsekvent erbjuda de billigaste biljetterna i ekonomiavdelningen. Man kan till exempel sälja mellanplatser i tresitsraderna som billigare biljetter . Förstaklassutrymmet utökas vid behov på bekostnad av ekonomiavdelningen genom att med ett enkelt handgrepp ändra mellansittplatser och eventuellt gångplatser till avlastningsbord, det vill säga plusstandard eller förstaklasstandard. Det innebär dels att det blir något större totalt antal sittplatser i tåget vid toppbelastning jämfört med en större andel fasta förstaklassplatser, dels att det finns en koppling mellan biljettpriset och den komfort som resenärerna kan förvänta sig.

Korglutning för kortare restider

Restiderna är på lång sikt den viktigaste faktorn för att öka attraktiviteten för ett färdmedel givet att biljettpriserna, turtäthet och andra utbudsfaktorer är acceptabla. Snabbtåg med korglutning som Gröna tåget är en teknisk lösning för att öka hastigheterna på en gammal bana som är byggd för helt andra krav än de restider som är kommersiellt önskvärda idag.

Korglutande tåg finns redan i trafik i många länder, bland annat i Italien, Tyskland, Storbritannien, Norge och Finland förutom i Sverige. Restiderna med aktiv korglutning jämfört med icke korglutande tåg blir kortare, och för de mest frekventerade fjärrtrafiksträckorna i Sverige (Stockholm–Göteborg, Stockholm–Malmö, Stockholm–Sundsvall) ligger restidsvinsten på 15-25 minuter med korglutning jämfört med utan, och i övrigt helt jämförbara tåg (Sipilä, 2008). Den ökade efterfrågan som blir följden av de kortare restiderna motiverar kostnaden för korglutningssystemet, och särskilt väl om man samtidigt kan spara in ett tågsätt i omlopp.

Det pågår också forskning om hur man kan förbättra korglutningssystemen och reducera problem med åksjuka som drabbar en del resenärer i korglutande tåg (Persson, 2008).

På banor med större kurvradier minskar nyttan av korglutning och nya höghastighetsbanor dimensioneras för tåg utan korglutning. Korglutande snabbtåg kan dock framföras i hög hastighet med avstängd korglutning på höghastighetslänkar, för att därefter fortsätta till målet på en kurvig bana med kortare restider än ett höghastighetståg.

Trafikverkets planering för högre hastigheter

Långsam introduktion av ERTMS

Ett av de största hindren för att kunna höja hastigheterna och få restidsvinster för Gröna tåget i Sverige är signal- och säkerhetssystemet.

I hela Europa håller man gradvis på att införa ett paneuropeiskt signalsystem, ERTMS, vars främsta förtjänst är att det medger samkörbarhet mellan länder som idag har olika nationella signalsystem. Införandet går dock långsamt eftersom kapacitets- och samkörbarhetsvinsterna är små i jämförelse med kostnaderna för både utrustningen i banan och i fordonen.

Ett undantag är Danmark där Banedanmark beslutat att driftsätta ERTMS på hela bannätet om 2132 km under perioden 2017-2021. I projektet ingår utbyte av gamla signalanläggningar och hela programmet beräknas minska signalrelaterade förseningar med 80 % på fjärrlinjerna. Banedanmark har följaktligen gjort bedömningen att ökad driftsäkerhet och interoperabilitet är tillräckliga skäl att införa ERTMS i snabb takt (Changing signals, 2010).

Genom EU har regler utfärdats att ERTMS ska införas och att utveckling av befintliga nationella system av kategori B som säkerhetssystemet ATC i Sverige (motsvarar ETCS i ERTMS) inte är tillåtet. Det innebär att EU genom Transportstyrelsen i Sverige kräver ERTMS för att höja hastigheterna över dagens 200 km/h.

Alternativet att som tillfällig åtgärd i väntan på ERTMS anpassa det svenska ATC2 för högre hastigheter är tekniskt möjligt till en sannolikt liten kostnad men det tillåter följaktligen inte regelverket enligt Transportstyrelsen.

Trafikverkets införandeplan för ERTMS bygger dock på idén att det i första hand är de europeiska godskorridorerna som ska få ERTMS varav sträckan Malmö–Hallsberg/Norrköping–Stockholm (godskorridor B som ska utrustas före 2020) berör Sverige. Nybyggda sträckor som Botniabanan och Haparandabanan får ERTMS från början. I övrigt räknar man med ett utdraget införande där huvudlinjerna utrustas till 2030 men många andra linjer är för närvarande inte ens planerade att få ERTMS.

Figur 83. Malmö C innan Citytunneln byggdes

Banverket gjorde uppenbarligen införandeplanen för ERTMS utan hänsyn till marknadens behov av kortare restider de kommande decennierna. Man har följaktligen svårt att identifiera och värdera nyttor med ERTMS (Toresson, 2009). Som visas i denna rapport bör Trafikverket delvis ompröva planen och införandet av ERTMS bör påskyndas på flera banor för att få större samhällsekonomiska nyttor av kortare restider.

Prioritering av åtgärder för högre hastigheter

Både den Nationella transportplanen (NTP) 2010-2012 och ERTMS-planen visar att högre hastigheter för snabbtåg hittills inte har varit prioriterade åtgärder i den strategiska planeringen. Eftersom de samhällsekonomiska vinsterna av kortare restider i långväga persontrafik är stora finns det all anledning att ompröva den strategin, och Trafikverket har nu möjlighet att förbättra järnvägssystemets effektivitet.

Siktet bör vara inställt på att möjliggöra 250 km/h som topphastighet på Västkustbanan och Ostkustbanan före 2017. Därefter lämpligen på Stockholm–Hallsberg på Västra stambanan och hela Södra stambanan före 2020 vilket stämmer med ERTMS-planen. Sista etappen Hallsberg–Göteborg på Västra stambanan tillsammans med Mälarbanan och Svealandsbanan kan lämpligen uppgraderas före 2025.

Åtgärder i banorna för högre hastigheter bör samordnas med järnvägsföretagens anskaffning av nya snabbtåg. Det är därför viktigt att Trafikverket kan avtala med järnvägsföretagen om genomförande och tidsplan för att få bästa utdelning på investeringskapitalet.

Kapacitet på stambanorna

Genom att höja hastigheterna för snabbtågen på stambanorna konsumeras mer bankapacitet när hastighetsskillnaderna mellan olika tåg ökar. Särskilt Västra och Södra stambanan är redan idag hårt belastade. Bristande kapacitet ger ett sämre utbud i form av färre avgångar eller avgångar på andra tider än vad som vore önskvärt ur kommersiell synpunkt, liksom ökad störningskänslighet som leder till flera tågförseningar.

Det finns metoder att minska inverkan av högre snabbtågshastigheter vid blandad trafik som framgår av avsnitt 6.3, till exempel genom flera förbigångsspår. När det blir samhällsekonomiskt lönsamt bör dock banans kapacitet byggas ut med flera spår för att tillgodose marknadens efterfrågan inom både långväga och regional persontrafik samt godstrafik. I annat fall skulle samhället få en effektivitetsförlust av att resande och godstransporter hänvisas till bil och flyg där infrastrukturen då kräver kapacitetsutbyggnader.

Den första ansatsen till kapacitetsförstärkning på Västra och Södra stambanan, etapp 1 i denna rapport, innebär flera förbigångsstationer och att järnvägsföretagen får möjlighet att köra längre godståg. Det kan på kort sikt räcka för att kompensera för de högre snabbtågshastigheterna. På Södra stambanan rekommenderas av kapacitetsskäl även utbyggnad av sträckan Lund–Malmö (etapp 2a) och Ostlänken (etapp 2b, se avsnitt 6.3).

På längre sikt kommer dock kapaciteten att bli otillräcklig. Det är följaktligen ett strategiskt val om man då ska satsa på en etappvis men i slutänden kostsam utbyggnad av stambanorna, eller bygga nya höghastighetsbanor speciellt anpassade för den långväga persontrafiken som samtidigt frigör kapacitet för godstrafik och regional persontrafik på stambanorna.

Gröna tåget har en stor fördel framför många andra tågkoncept eftersom det passar utmärkt för trafik vid blandad körning mellan konventionella banor och höghastighetsbanor. Det är således inte nödvändigt att bestämma vilken inriktning man ska välja av den anledningen. Däremot bör nyttorna för samhället värderas omsorgsfullt eftersom särskilt alternativet med nya höghastighetsbanor medför en radikalt förbättrad tillgänglighet till följd dels av kortare restider, men också till följd av högre turtäthet som särskilt attraherar bilister på mellanmarknaderna. I en jämförande kalkyl gav också höghastighetsbanor bättre samhällsekonomisk avkastning än att bygga ut stambanorna (Höghastighetsbanor i Sverige, 2010).

8.2 Slutsatser om marknad och trafik

Marknaden för snabbtåg

Snabbtåg som Gröna tåget kan i kombination med banupprustning för högre hastigheter medföra resandeökningar på 30 % jämfört med dagens snabbtåg tack vare mer attraktivt utbud. Jämfört med X 2000 med topphastighet 200 km/h förkortas restiderna. Vid hastigheter med korglutande snabbtåg upp till 250 km/h på stambanorna reduceras restiderna med 9-10 %. Med Gröna tåget kan även biljettpriserna sänkas, ofta kan turtätheten ökas och antalet direkta tåg kan bli flera.

Genom det förbättrade utbudet och genom intäktsstyrning (*yield management*) kan framtida snabbtågstrafik bibehålla och öka konkurrenskraften mot bil och flygtrafik inom intervallet från 100 km till ca 500 km. Däremot kommer begränsningarna i bankapacitet utan stora infrastrukturinvesteringar att medföra lägre turtäthet än vad som skulle vara kommersiellt möjligt på Ostkustbanan, Västra stambanan och Södra stambanan. Låg turtäthet är i första hand ett hinder för att attrahera bilister på mellanmarknaderna.

Om och när höghastighetsbanor blir färdiga passar Gröna tåget bra att trafikera de nya banorna i upp till 320 km/h och att sedan köra vidare som direkttåg på det konventionella nätet även till destinationer utanför höghastighetsbanorna. Ett sådant linjenät ingår i utredningen om höghastighetsbanor och ger stora effekter på resandet med en kraftig överflyttning av bilresande till tåg genom kortare restider och ökad turtäthet.

Ekonomisk tågtrafik

Tre faktorer framstår som särskilt viktiga för att få god ekonomi i tågtrafiken;

- Hög beläggningsgrad
- Bra utrymmesutnyttjande
- Hög medelhastighet.

Gröna tåget är ett konceptförslag som tar sikte på att förbättra alla dessa punkter jämfört med existerande tågkoncept.

Breda tåg

Breda tåg rymmer 25-30 % fler sittplatser än normalbreda på samma vagnslängd genom att det medger 2+3-sittning i ekonomiklass och 2+2-sittning i första klass. Det ökar effektiviteten och sänker de totala kostnaderna med 15 % jämfört med kontinental (normal) korgbredd. Breda tåg är en konkurrensfördel och ökar tågresandet genom mer attraktivt utbud.

Gröna tåget kan för trafik i Norden utformas som brett tåg med 3,30 (±0,05) m invändig bredd, vilket vid 10 cm väggtjocklek motsvarar en yttre korgbredd på 3,46-3,55 m. För trafik i Danmark och även Norge krävs dock vidare undersökningar. Preliminärt kan över Öresundsförbindelsen till Köpenhamn H en 3,46 m bred vagnskorg rymmas medan det för resten av Danmark krävs antingen smalare korg eller korta vagnskorgar, men fortsatta undersökningar är nödvändiga.

För eventuell trafik på kontinenten och i övrigt för de linjer där det inte är möjligt att uppnå minst 3,2 m inre korgbredd för god komfort med 2+3-sittning i ekonomiklass, rekommenderas en kontinental korgprofil och 2+2-sittning för att få maximal användbarhet.

Korta flexibla tågsätt

Korta tågsätt som multipelkopplas vid behov bidrar till ökad beläggningsgrad i trafiken. Färre tomma sittplatser bidrar till sänkta kostnader per resenär och är ett bra sätt att öka produktiviteten. Det förutsätter att tågen utformas så att till- och frånkoppling fungerar bra även i vinterväder.

Med tanke på resandet och maximalt utnyttjande av plattformslängderna framstår en tågenhet på 300 sittplatser och en längd om 100-115 m (4 långa eller 6 korta vagnskorgar) som generellt mest lämplig för trafik i Norden.

En kortare tågenhet på 200-250 sittplatser och 80 m enhetslängd är mycket användbar i långväga regional trafik, och i fjärrtrafiken som förstärkning i högtrafik samt i lågtrafik på huvudlinjerna. Också en större tågenhet på 400 sittplatser eller mer kan övervägas men riskerar att minska flexibiliteten i trafiken alternativt ge högre kostnader genom minskad beläggningsgrad.

Punktlighet

Gröna tåget bör utformas så att det medger punktlig tågtrafik genom att dimensionera tåget efter toppbelastning med fullsatt tåg. Då blir korta stationsuppehåll möjliga och risken för förseningar minskar. Många av dagens tåg ger genom olämplig utformning en stor spridning i uppehållstiderna vilket försämrar punktligheten.

Dörrar, insteg och entréer måste dimensioneras för korta på- och avstigningstider med många resenärer, mycket bagage och även resenärer med rörelsehinder eller andra funktionshinder. Några konkreta åtgärder är att ha minst två enkeldörrar per vagnssida med delade passagerarflöden inne i vagnen, utrymme att mötas i mittgången, att ha större bagagehyllor för tungt bagage, och att ha en eller flera entréhissar för resenärer med rörelsehinder.

Figur 84. Kan Gröna tåget komma att se ut så här? (Gröna Tåget, 2009)

Värde av körtid och kapacitet

Det företagsekonomiska värdet av körtid i ett trafikupplägg är i genomsnitt 50 miljoner kr per minut kapitaliserat till fordonens ekonomiska livslängd 20 år.

Det samhällsekonomiska värdet av körtid i ett trafikupplägg är i genomsnitt knappt 300 miljoner kr per minut sett över kalkylperioden 40 år räknat på de i rapporten analyserade huvudlinjerna.

Kortare uppehållstider för på- och avstigning är följaktligen störst angelägenhet ur kapacitetssynpunkt och infrastrukturhållaren bör överväga att ställa krav på järnvägsföretagen för att få kortare uppehållstider på större stationer med ansträngd kapacitet.

Genomförande

Det samhällsekonomiska utfallet av banupprustning för högre hastigheter upp till 250 km/h är mycket positivt. Avgörande är att det med Gröna tåget är lätt att uppnå stora restidsvinster i den långväga persontrafiken med relativt små investeringar. Det är följaktligen åtgärder som bör prioriteras högt.

Den statliga infrastrukturplaneringen i form av ERTMS-planen och den nationella transportplanen (NTP 2010-2021) har hittills inte lyckats tillvarata samhällsintresset av kortare restider i fjärrtrafiken, men en omarbetning av planerna bör vara såväl möjlig som önskvärd. Genomförandet bör dock samordnas med järnvägsföretagens anskaffning av nya snabbtåg.

Slutsatser i punktform

a) Genom utbudsförbättringar, i form av kortare restider och också lägre biljettpriser, något ökad turtäthet och flera direkta förbindelser, kan resandet med Gröna tåget öka med upp till 30 % jämfört med dagens utbud.

b) En hastighetshöjning från 200 km/h upp till 250 km/h och något högre kurvhastigheter med korglutning reducerar restiderna med 9-10 % jämfört med nuvarande snabbtåg och bidrar till ökat resande.

c) Gröna tåget med breda korgar medför en reduktion med 15 % av de totala kostnaderna för trafiken och ger en konkurrensfördel jämfört med ett tåg med kontinental profil.

d) Relativt korta tågsätt som kan kopplas ihop vid behov, även i vinterväder, ökar flexibiliteten i trafiken och den genomsnittliga beläggningsgraden, och därmed lönsamheten.

e) Gröna tåget bör dimensioneras för toppbelastning för att öka punktligheten. Dörrar, insteg och entréer liksom bagagehyllor måste dimensioneras för korta på- och avstigningstider med många resenärer, mycket bagage och även resenärer med rörelsehinder.

f) Några av de punkter som skulle behöva ses över i TSD för att få ännu bättre förutsättningar och lägre kostnader för Gröna tåget gäller fordonsprofiler för breda tåg, eventuellt anpassning av ATC2 för högre hastigheter, rälsbefästning och reglerna för passage av plattformar i 250 km/h.

g) Det samhällsekonomiska utfallet av banupprustning för högre hastigheter upp till 250 km/h i Sverige är mycket positivt. Här föreslås att upprustning av banorna genomförs i tre etapper och inleds med Västkustbanan och Ostkustbanan som bör genomföras före 2017. Det förutsätter att ERTMS installeras tidigare än planerat. Andra etappen med Södra stambanan och Västra stambanan delen Stockholm–Hallsberg genomförs före 2020, vilket stämmer med Trafikverkets planer för ERTMS. Det behövs dock omfattande kapacitetsutbyggnader för att klara efterfrågan på längre sikt. Tredje etappen före 2025 med Västra stambanan delen Hallsberg–Göteborg samordnas med Mälarbanan och Svealandsbanan för att få största samhällsekonomiska nyttor.

h) Genomförandet fordrar omprövning av Trafikverkets investeringsplaner och bör samordnas med järnvägsföretagens anskaffning av nya snabbtåg.

8.3 Fortsatt forskning och utredning

Regler i TSD som bör prövas

I detta arbete har några olika regler i TSD när det gäller breda tåg och banan identifierats som medför ökade kostnader för hastighetshöjning till 250 km/h. En teknisk/ekonomisk prövning av reglerna i syfte att om möjligt minska kostnaderna är önskvärd.

Fordonsprofil för breda tåg

För Sverige, Norge, Danmark och Finland bör nya kinematiska eller dynamiska fordonsprofiler tas fram eller verifieras som tar hänsyn till breda tåg på elektrifierade fjärrtågsspår. De bör medge en korgbredd på om möjligt upp till 3,55 m på vagnskorgens bredaste ställe i området 1,5-1,8 m över rälsöverkant. De bör utgå från de enligt TSD godkända plattformshöjderna 55 och 76 cm. Det medför att korgens bredd i golvhöjd blir större och korgprofilen mer gynnsam men förutsätter att breda tåg inte går in på spår med lastkajer eller extra höga plattformar.

Anpassning av ATC

ERTMS erfordras för hastigheter över 200 km/h eftersom nationella signalsäkerhetssystem inte får utvecklas och anpassas för högre hastigheter än de redan har. Det bör dock prövas om ATC2 kan anpassas för 250 km/h för snabbtåg som en temporär åtgärd för att snabba på genomförande av hastighetshöjning till 250 km/h. I första hand skulle det ge stora samhällsekonomiska vinster för Västkustbanan och Ostkustbanan som enligt nu gällande planer får ERTMS först i perioden 2020-2025, men som här föreslås få hastigheterna höjda före 2017.

Rälsbefästning

Rälsbefästningen Pandrol e-clip som var Banverkets standardbefästning i 20 år och finns i många spår har något för låg klämkraft och får enligt TSD inte användas vid hastighetshöjning över 200 km/h. Alternativet är utbyte till en kraftigare variant. Provkörningar har dock visat att Gröna tåget har låga spårkrafter även i höga hastigheter. Det bör därför prövas om den befintliga e-clip kan accepteras med hänsyn till underhållskostnader och säkerheten för hastigheter upp till 250 km/h.

Plattformspassage

Passage av plattformar när det uppehåller sig väntande resenärer där får endast ske i hastigheter under 250 km/h. Det bör prövas om det med hänsyn till

säkerheten, med god aerodynamisk utformning av snabbtåget och rimliga skyddsåtgärder på plattformarna, också kan accepteras i 250 km/h.

Forskning och utveckling

Utvärdering av tågkoncepten vid upphandling

Järnvägsföretagens modell att utvärdera offerter vid fordonsupphandling bör ses över i syfte att i högre grad utforma tågen enligt resenärernas värderingar. Hur formulerar en köpare sin anbudsspecifikation? Vad tar tillverkaren i beaktande vid utformningen av anbudet? Hur utvärderar köparen inkomna anbud? Avsikten är att dels förenkla så mycket som möjligt och söka generella lösningar för att minska kostnaderna, dels fokusera mer på det kommersiella värdet i tågets utformning och väga kostnader mot intäkter eller betalningsvilja.

Konceptspecifikationen ska dels bygga på krav som inte kan kringgås, dels på utformning som ger ett mervärde för resenärerna eller järnvägsföretaget och som därför måste värderas monetärt. Ett exempel är stolsdelningsmåttet. Förutom en minimistandard som bestäms av sämsta tänkbara komfort för en reslig resenär behöver en avvägning mellan tillkommande utrymme och antalet sittplatser göras där resenärernas värderingar ibland kan skilja sig från järnvägsföretagets.

Ombyggnad av banan för högre hastigheter

Tidigare studier har indikerat att det kan behövas åtgärder för geoteknik, broar och spår vid höjd hastighet från 200 km/h upp till 250 km/h, men osäkerhet råder om exakt hur mycket som behöver åtgärdas. Vilka tekniska åtgärder behövs för hastighetshöjningen enbart, givet att det handlar om snabbtåg med begränsad axellast?

Kapacitet vid högre hastigheter

Bankapaciteten blir mer utnyttjad med ökande hastighetsskillnader mellan tågen. Vid en hastighetshöjning för snabbtåg kommer följaktligen skillnaden gentemot de långsammaste tågen, godståg och regionaltåg, att öka. Det kan lösas med ändrade tidtabellsprinciper, hastighetshöjning för godståg eller utbyggnad av bankapaciteten. Vilka metoder är mest effektiva? Fortsatt analys planeras inom forskningsprogrammet Gröna tåget.

Breda tåg i Danmark

Det är fortfarande inte klarlagt vilket utförande av Gröna tåget som är att föredra speciellt med sikte på begränsningarna i Danmark; kanske korta vagnskorgar för att göra det generellt användbart i Norden med acceptabel bredd för 2+3-sittning. Fortsatta studier inom Gröna tåget planeras.

Litteraturförteckning

Skriftliga källor

Ahern, A. A., Tapley, N., 2008. The use of stated preference techniques to model modal choices on interurban trips in Ireland. *Transportation Research Part A* 42, 15-27

And in Estonia, 2010. *Railvolution* 2/2010, 6

Andersson, E., och Lukaszewicz, P., 2006. Energy consumption and related air pollution for Scandinavian electric passenger trains. KTH, report TRITA-AVE 2006:46. Stockholm

Babikian, R, Lukachko, S., Waitz, I. A., 2002. The historical fuel efficiency characteristics of regional aircraft from technological, operational, and cost perspectives. *Journal of Air Transport Management* 8, 389-400

Backman, M., Mattisson, J., 2008. Västkustbanan Helsingborg–Lund – en nulägesbeskrivning samt förslag till hastighetshöjande åtgärder. Examensarbete, Lunds Tekniska Högskola, campus Helsingborg

Bel, G., 1997. Changes in travel time across modes and its impact on the demand for inter-urban rail travel. *Transportation Research Part E* 33, 43-52

Beräkningshandledning, 2009. BVH 706. Banverket, Borlänge

Beskrivning av Finlands bannät 2011 (11 december 2009). Banförvaltningscentralen, Helsingfors

Brabie, D., 2007. On derailment-worthiness in rail vehicle design. Doctoral thesis. KTH TRITA AVE 2007:78, Stockholm

Changing signals. *International Railway Journal (IRJ)*, February 2010, 33-35

Claesson, Å., Lindh, C., 1992. Fjärrtågens punktlighet i persontrafiken. KTH TRITA-TPL-92-12-86. Stockholm

Dobruszkes, F., 2006. An analysis of European low-cost airlines and their networks. *Journal of Transport Geography* 14, 249-264

Doganis, R., 2001. The airline business in the 21st century. Routledge, London, New York

Doganis, R., 2002. Flying off course. Routledge, London, New York

Effektiva tågsystem för framtida persontrafik, 1997. Järnvägsgruppen KTH, publikation 9702, nytryck 9905. Stockholm

Eisenkopf, A., 2005. Competition between low cost carriers and railways in Germany. *Proceedings of the Third Conference on Railroad Industry Structure, Competition and Investment*. Stockholm School of Economics

ERTMS i Sverige, 2009. Folder, Banverket

Franke, M., 2004. Competition between network carriers and low-cost carriers – or breakthrough to a new level of efficiency? *Journal of Air Transport Management* 10, 15-21

Fröidh, O., 2003. Introduktion av regionala snabbtåg. En studie av Svealandsbanans påverkan på resemarknaden, resbeteende och tillgänglighet. KTH, Stockholm

Fröidh, O., 2005. Market effects of regional high-speed trains on the Svealand line. *Journal of Transport Geography* 13, 352-361

Fröidh, O., 2008. Perspectives for a future high-speed train in the Swedish domestic travel market. *Journal of Transport Geography* 16, 268-277

Fröidh, O., 2009. The 'Gröna tåget' project – an activity approach for information and communication technologies. I *Green and ITS*, 106-115. Sweco, Stockholm

Fröidh, O., Jansson, T., 2005. Kapacitetsanalys av två principutformningar av bansystemet på Ostlänken. KTH, Stockholm

Fröidh, O., Kottenhoff, K., 2009. Resandet längs Blekinge kustbana före, under och efter elektrifieringen. KTH, Stockholm

Fröidh, O., Lindfeldt, O., 2008. Svealandsbanans första 10 år – erfarenheter för framtiden av tågtrafiken och resandet. KTH, Stockholm

Förstberg, J., 1996. Motion-related comfort levels in trains: A study of human response to different tilt control strategies for high-speed trains. Licentiate Thesis TRITA-FKT Report 1996:41. KTH, Stockholm (also published as Särtryck 274-1997. VTI, Linköping)

Gröna Tåget. Trains for tomorrow's travellers, 2009. Folder, första utgåvan utgiven av Banverket, Bombardier Transportation och KTH

Heinz, W., Kottenhoff, K., 2001. Effektiva handikappreducerande fordon – järnvägsfordon som på ett ekonomiskt sätt reducerar tågresenärers handikapp. KTH TRITA-IP AR 01-93A. Stockholm

Heinz, W., 2003. Passenger service times on trains. Licentiate thesis, KTH-INFRA 03-62. Stockholm

Hofton, A., 2006. Up-date of the domestic passenger cost model to 2005 levels (Final report, February 2006). Airline Dynamics Consulting, UK

Höghastighetsbanor – ett samhällsbygge för stärkt utveckling och konkurrenskraft (2009). SOU 2009:74

Höghastighetsbanor i Sverige, 2010. Trafikprognoser och samhällsekonomiska kalkyler med Samvips-metoden. Uppdragsrapport. KTH, Stockholm

Jernbaneverket, 2008. Jernbaneverket arbeider for enhetlige stasjoner. [www.jernbaneverket.no/incoming/article.jhtml?articleID=1894798] 2008-08-21

Järnvägsnätsbeskrivning 2011 (utgåva 2009-12-13). Banverket, Borlänge

Järnvägsutredning Ostlänken, 2008. Gemensam del Järna–Linköping. Utställelsehandling december 2008. Banverket, Sundbyberg

Khan, S., Sundberg, F., 2002. Passenger train interiors concerning baggage, clothes and use of tables. KTH TRITA-FKT report 2002:34. Stockholm

Kottenhoff, K., 1999. Evaluation of passenger train concepts (doctoral thesis). KTH TRITA-IP FR 99-48. Stockholm

Kottenhoff, K., 2002. Utvärdering av behov av första klass i Mälardalen. Uppdragsrapport för SJ (ej publicerad). KTH, Stockholm

Kottenhoff, K., Andersson, E., 2009. Attractive and efficient train interiors. KTH Railway Group, publication 0903. Stockholm

Kottenhoff, K., Byström, C., 2010. När resenärerna själva får välja. Sammanställning av attityder, perceptioner och värderingar. KTH TRITA-TEC-RR 10-001, Stockholm

Lindfeldt, O., 2009. Kapacitet för godståg på Västra och Södra stambanan efter uppgradering till sth 250 km/h. PM, 2009-06-01. KTH, Stockholm

Lukaszewicz, P., Andersson, E., 2009. Green Train energy consumption. Estimations on high-speed rail operations. KTH Railway Group, publication 0901. Stockholm

Lundberg, O., Eriksson, D., Ranvinge, M., 2010. Design and innovation for rail vehicles. Konstfack, Stockholm *(under produktion)*

Lythgoe, W. F., Wardman, M., 2002. Demand for rail travel to and from airports. *Transportation* 29, 125-143

Martin, J. C., Nombela, G., 2007. Microeconomic impacts of high-speed trains in Spain. *The annals of regional science* 41, 107-119

Mayer, R. J. P., 2005. Replacing feeder flights with high-speed trains in Europe: An economic analysis. MSc Thesis, Cranfield University, Cranfield

Nationell plan för transportsystemet 2010-2021, Förslag till, 2009. Vägverket, Banverket, Transportstyrelsen, Sjöfartsverket

Nelldal, B.-L., 1998. The experience of the X2000 tilting train and its effect on the market. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F* 212, 103-108

Nelldal, B.-L., 2005a. Konkurrensen tåg-flyg Stockholm–Göteborg. PM (bas för Banverkets sektorsrapport 2004), KTH

Nelldal, B.-L., 2005b. Vidareutveckling av elasticitetsmodell. PM 2005-05-18, KTH

Nelldal, B.-L., Kottenhoff, K., Lind, G., Rosenlind, S. och Troche, G., 1996. Tågtrafikens möjligheter på den framtida resemarknaden. KTH, Stockholm

Nelldal, B.-L., Lindfeldt, O., Sipilä, H., Wolfmaier, J., 2008 (ej publicerad). Förbättrad punktlighet på X 2000–analys med hjälp av simulering. KTH, Stockholm

Nelldal, B.-L., Troche, G, 2006. Utveckling av utbud och priser på järnvägslinjer i Sverige 1990-2005, samt utvecklingen av flyg- och busskonkurrens 2005. KTH, Stockholm

Network statement 2010. Sjunde utgåvan 1 december 2008. Jernbaneverket, Oslo

Pavaux, J., 1991. Rail/air complementarity in Europe. The impact of high-speed train services. Institute of Air Transport, Paris

Persson, R., 2008. Tilting trains. Technology, benefits and motion sickness. Licentiate thesis. KTH, Stockholm

Planbeskrivning tillhörande järnvägsplan Malmö C bangårdsanpassning, 2007. Banverket BRSP 2007-02-07

Rosenlind, S., Lind, G., Troche, G., 2001. LIME, model for capacity utilisation and profitability of a railway line. KTH, Stockholm

Rüger, B., 2004. Reisegepäck im Eisenbahnverkehr. Doktorsavhandling, Technischen Universität Wien

Rüger, B., 2006. Entrance situation of passenger cars—efficiency, attractiveness and operating problems. *Towards the competitive rail systems in Europe*. Konferensbidrag på EURNEX-ZEL 2006, Zilina

Rüger, B., 2007. Optimierungspotenziale in Fernreisezugwaggons. *ETR* 4/2007, 182-185

Samferdseldepartementet. Mandat for videre utredning av højhastighetsjernbane i Norge. Brev till Jernbaneverket, dnr 09/856-LK. 2010-02-19

Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4 (2008). SIKA rapport 2008:3

Seabright, P. (red.), 2003. The economics of passenger rail transport. A survey. IDEI Report 1, Rail Transport, Toulouse

Sipilä, H., 2008. Körtidsberäkningar för Gröna tåget. KTH Järnvägsgruppen publikation 0802. Stockholm

Sipilä, H., 2010. Tidtabellsläggning med hjälp av simulering. KTH TRITA-TEC-RR 09-007. Stockholm

Small, K. A., 1992. Urban transportation economics. Harwood Academic publishers, Chur

Swedish ERTMS implementation plan, 2007. PM från regeringskansliet, Näringsdepartementet 27 september 2007

Södra stambanan, högre hastighet, 2009. Idéstudie delen Gripenberg–Lund. Banverket (diarienr F07-15662/SA20)

Taktfast tågtrafik – Effekter av styv tidtabell på järnväg, 2010. Rapport 2009:73. Trivector Traffic, Lund

Thorselius, H., 2009. Samlad effektbedömning. BVSt_022 Ostlänken, nytt dubbelspår inklusive bangårdsombyggnad i Norrköping. Dnr F042-0206, PM 2009-02-11. Banverket

Toresson, M., 2009. Samlad effektbedömning. BVNa_001 ERTMS Korridor B (Flemingsberg/Hallsberg-Mjölby-Malmö). PM 2009-12-01. Banverket

Trafikanträkningar i Mälardalsområdet hösten 2006, 2007. Banverket F07-3810/TR40. Borlänge

Troche, G., 1999. Efficient night-train traffic – problems and prospects. KTH, Stockholm

TSD Locomotives and passenger rolling stock, förhandsutgåva 15.03.2010

TSD Rullande materiel – godsvagnar, 2006

TSD Höghastighet Infrastruktur, 2008. Lagtext samt teknisk text

TSD Höghastighetsbanor, Trafikstyrning och signalering, 2006

TSD Konventionella banor, Trafikstyrning och signalering, 2006. Ändringstryck av kapitel 7, 2009-07-25

TSD Tillgänglighet för funktionshindrade, 2008

Tuna, D., 2008. Fahrgastwechselzeit im Personenfernverkehr. Diplomarbeit, Technischen Universität Wien

Tågstrategi 2037, 2008. Skånetrafiken, Hässleholm

Värden och metoder för transportsektorns samhällsekonomiska analyser – ASEK 4 (2009). SIKA rapport 2009:3

Wardman, M., 2006. Demand for rail travel and the effects of external factors. *Transportation Research Part E* 42, 129-148

Åkerman, J., Höjer, M., 2006. How much transport can the climate stand? Sweden on a sustainable path in 2050. *Energy policy* 34, 1944-1957

Ökad spårtrafik utvecklar Sverige, 2009. Slutrapport Långsiktiga Spåret. IVA-M 414. Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademin, Stockholm

Brev, web och personliga kontakter

Banverkets hemsida (2010) [www.banverket.se], 2010-01-26

Hansen, Jette. E-post 2007-06-08. Banedanmark diarienummer 79-00023l

Hansen, Jette. Banedanmark. Brev (utkast) 2008-10-10

Haraldsson, Rolf. Banverket. E-post 2010-01-22

Henriksson, Niklas. Trafikverket. Intervju 2010-06-04

Holme Højfeldt, Jim. Banedanmark. Brev 2008-12-08

Mägi, Johan, SJ AB. Intervju 2007-02-19 respektive 2010-03-08

SJ AB, pressmeddelande 2008-05-22 om beställning av X55

Sollander, Stefan. Transportstyrelsen. E-post 2009-11-04 resp. 2009-12-22