

KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN

TRITA-INFRA EX 05-024  
ISSN 1651-0194  
ISRN KTH/INFRA/EX -- 05/024 -- SE

INSTITUTIONEN FÖR INFRASTRUKTUR

EXAMENSARBETE

# Kapacitetsanalys av alternativa förbigångsspår på Götalandbanan mellan Göteborg och Borås

Markus Gunnervall

Avdelningen för Trafik och Logistik  
KTH



## Förord

Till skillnad från andra transportslag som flyg och vägtrafik utvecklas fortfarande tågtrafiken mot allt högre hastigheter. I Sverige har medelhastigheten på järnväg ökat i och med satsningen på snabbtåg som kan köra snabbare än konventionella tåg på befintlig järnväg. För att kunna plocka ytterligare marknadsandelar från övriga transportslag krävs att utvecklingen fortsätter mot ännu högre hastigheter. Det ställer krav på nybyggda järnvägar som måste byggas med stora kurvradier. Till skillnad från exempelvis höghastighetsbanorna i Japan och Frankrike kommer nybyggda svenska järnvägar att utnyttjas av fler tågtyper än höghastighetståg. Trafiken måste integreras för att utnyttjandet av järnvägen ska bli tillräckligt högt, annars kan investering av ny infrastruktur inte motiveras. Med ett blandat trafikutbud på samma spår ställs höga krav på samordning, tidtabellsläggning och planering av ny infrastruktur.

Detta examensarbete belyser de problem som uppstår när interregional tågtrafik i höga hastigheter ska samordnas med regional tågtrafik. Arbetet visar på vikten av att ha en övergripande kunskap om hela trafiksystemets framtida kapacitet innan den första etappen påbörjas i ett stort omdanande infrastrukturprojekt. Genom simulering kan den framtida systemets kapacitet bestämmas. Simuleringen kan ge svar på vilka infrastrukturella lösningar som kommer att dimensionera kapaciteten när hela trafiksystemet står klart. Med denna kunskap kan järnvägen byggas med rätt standard och för en motiverbar kostnad med avseende på trafiktekniska och samhällsekonomiska faktorer.

Examensarbetet har utförts vid Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), institutionen för Infrastruktur, avdelningen för Trafik och Logistik. Arbetet har utförts i nära samarbete med avdelningen Strategisk planering, Banverket, Västra Banregionen.

Jag vill särskilt tacka mina handledare Torleif Jansson och Anders Lindahl samt min examinator Bo-Lennart Nelldal för välbehövligt stöd i arbetet och dessutom för ett mycket trevligt bemötande vid mina besök på Järnvägsgruppen, KTH. Jag vill också tacka Per Rosquist, Stig Jinstrand, Jan-Erik Fallgren och Bo Lindgren för ett aktivt deltagande på avrapporteringsmöten i Göteborg och för inkomna synpunkter på den skriftliga rapporten. Slutligen vill jag också tacka kollegorna på Railize International AB, Anders Lundberg och John Fridlund för stöd i skrivprocessen och peppning för att komma i mål med min examen.

Stockholm, mars 2005

Markus Gunnervall

# Innehållsföreteckning

<b>SUMMARY</b> .....	<b>7</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>9</b>
<b>1 INLEDNING</b> .....	<b>13</b>
1.1 BAKGRUND.....	13
1.2 SYFTE .....	14
1.3 METOD .....	14
1.4 AVGRÄNSNINGAR .....	15
<b>2 PLANERINGSPROCESSEN FÖR JÄRNVÄGSBYGGEN</b> .....	<b>17</b>
2.1 LAGEN OM BYGGANDE AV JÄRNVÄG.....	17
2.2 IDÉSTUDIE .....	17
2.3 FÖRSTUDIE .....	17
2.4 JÄRNVÄGSUTREDNING .....	18
2.5 JÄRNVÄGSPLAN .....	18
<b>3 DET AKTUELLA PLANERINGSLÄGET</b> .....	<b>19</b>
3.1 PLANERINGSARBETE MED INRIKTNING PÅ HÖGRE HASTIGHETER .....	19
3.2 PLANERINGSARBETE MED INRIKTNING PÅ REGIONAL UTVECKLING .....	20
3.3 VISION FÖR KOLLEKTIVTRAFIKEN I VÄSTSVERIGE.....	20
<b>4 ETAPPUPPDELNING FÖR NYTT DUBBELSPÅR</b> .....	<b>23</b>
4.1 MÖLNLYCKE - BOLLEBYGD.....	23
4.2 ALMEDAL – MÖLNLYCKE.....	24
4.2.1 <i>Järnvägens funktion</i> .....	24
4.2.2 <i>Restid</i> .....	24
4.2.3 <i>Spårtekniska skillnader</i> .....	24
4.2.4 <i>Trafikeringsmål efter slutförd etappbyggnad</i> .....	25
4.3 VÄSTLÄNKEN .....	25
4.4 BOLLEBYGD-BORÅS .....	26
4.5 GÖTALANDSBANAN .....	26
4.6 NYTTAN MED TRAFIKANALYS.....	27
<b>5 SIMULERINGSPROJEKTET SOM ANALYTISK METOD</b> .....	<b>29</b>
5.1 GENERELLA STEG I SIMULERINGSPROJEKTET .....	29
<b>6 STEG 1. EN MODELL BYGGS UPP I RAILSYS</b> .....	<b>31</b>
6.1 FAKTAINSAMLING FRÅN AKTUELLA UTREDNINGAR .....	31
6.2 ANTALET STUDERADE KORRIDORER OCH HASTIGHETSNIVÅER .....	31
6.3 VALDA INFRASTRUKTURALTERNATIV I MODELLEN .....	32
6.3.1 <i>Västlänken</i> .....	32
6.3.2 <i>Almedal-Mölnlycke</i> .....	32
6.3.3 <i>Mölnlycke - Bollebygd</i> .....	34
6.3.4 <i>Bollebygd - Borås</i> .....	34
6.4 SIGNALSYSTEMETS UPPBYGGNAD.....	35
6.5 YTTRE KOMMENTARER TILL MODELLEN .....	36
6.5.1 <i>Sortering av tåg i Almedal och Mölndal</i> .....	36
6.5.2 <i>Hastighetsbegränsningar i samband med stationslägen</i> .....	36

6.5.3	Stationsutformning i Kråktorps.....	37
6.5.4	Validering av modellen.....	37
<b>7</b>	<b>STEG 2 TIDTABELLSLÄGGNING.....</b>	<b>39</b>
7.1	VAL AV TÅGTYPER .....	39
7.1.1	Framtida standard för höghastighetståg.....	39
7.2	UPPRÄTTAD TRAFIKPLAN .....	40
7.2.1	Alternativ Raka vägen .....	40
7.2.2	Alternativ Mölndal.....	40
7.3	TRAFIKUPPLÄGG.....	41
7.3.1	Halvtimmestrafik .....	41
7.3.2	Principiell tidtabell vid halvtimmestrafik.....	41
7.3.3	Kvartstrafik och udda kvartstrafik.....	42
7.4	TIDTABELL UNDER HÖGTRAFIK .....	43
7.4.1	Tidstillägg.....	43
7.4.2	Tidtabellen genereras i RailSys.....	43
7.4.3	Halvtimmestrafik .....	43
7.4.4	Kvartstrafik och udda kvartstrafik.....	44
7.4.5	Kappkörningseffekter .....	44
7.5	SAMMANSTÄLLNING AV RESULTATEN FRÅN TIDTABELLSLÄGGNINGEN .....	45
7.5.1	Sammanställning av restider .....	46
<b>8</b>	<b>STEG 3 SIMULERING AV SAMTLIGA VARIANTER .....</b>	<b>47</b>
8.1	FÖRESLAGNA UTREDNINGSSALTERNATIV FÖR FÖRBIGÅNGSSPÅR.....	47
8.1.1	Alt 1: Både Raka vägen och Mölndal.....	47
8.1.2	Alt 2: Fyrspår Landvetter - Kråktorps.....	47
8.1.3	Alt 3: Fyrspår Kråktorps - Borås.....	48
8.2	SIMULERING MED STÖRNINGAR .....	48
8.2.1	Endast sekundära störningar simuleras.....	49
8.3	RESULTAT FRÅN SIMULERING UTAN FÖRBIGÅNGSSPÅR .....	50
8.3.1	Halvtimmestrafik .....	50
8.3.2	Udda kvartstrafik.....	51
8.3.3	Kvartstrafik.....	52
8.4	RESULTAT FRÅN SIMULERING MED FÖRBIGÅNGSSPÅR .....	52
8.4.1	Alt 1: Både Raka vägen och Mölndal.....	52
8.4.2	Alt 2: Fyrspår Landvetter - Kråktorps.....	53
8.4.3	Alt 3: Fyrspår Kråktorps - Borås.....	54
8.5	EN JÄMFÖRELSE AV SAMTLIGA UTREDNINGSSALTERNATIV .....	55
8.5.1	Genomsnittlig försening i Borås.....	55
8.5.2	Genomsnittlig försening i Göteborg.....	56
8.5.3	Genomsnittlig försening i båda riktningarna.....	57
<b>9</b>	<b>SLUTSATSER .....</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>61</b>
<b>11</b>	<b>BILAGOR .....</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>PUBLIKATIONER FRÅN TÅGTRAFIKGRUPPEN .....</b>	<b>67</b>
<b>12</b>	<b>PUBLIKATIONER FRÅN TÅGTRAFIKGRUPPEN .....</b>	<b>69</b>



## Summary

The urban city of Göteborg is nowadays one of Sweden's most important geographical areas for economical growth. As population increases and industry, commerce and university take new steps forward, the need for good working transportation systems are also increasing. The current investment plan for railway construction, held by the Swedish National Rail Administration, lasts until the year 2015. In this plan money is set to strengthen the national railway network to meet the new needs for quick and safe public transports in the western part of Sweden. Along the current railway track between Göteborg and Borås, the first steps will be taken in the issue of constructing a double track railway between the cities. During the first stage the airport of Landvetter will be connected to the railway network. When the stage is finished, the frequency of train services will increase to the double and travel time with commuter train will be shortened by 10 –15 minutes. At the prospect of the next investment plan, which stretches beyond the year 2015, Banverket prepares the remaining stages for the new double track. They also prepare construction plans for a new tunnel under Göteborg city and a new high-speed railway track between Göteborg and Stockholm, named Götalandsbanan. When Götalandsbanan is finished, the double track will be used as the first part of the high-speed railway connecting the two major cities in Sweden.

The purpose of this report is to investigate how the train traffic plan for Götalandsbanan can be coordinated to make it possible for both local trains, intercity train and high speed trains to use the same track. The work is accomplished by using RailSys, a simulation software specifically designed for train simulations and developed by Rail Management Consultants, RMCon, in Hannover. The simulation study involves three main steps, the construction of the model, the defining of the train types and timetables and the simulation round using perturbed timetables.

The study has been performed in a number of variants with differences in infrastructure, maximum speed levels and in the frequency of train services. Travel times and the regularity of train service has been tested as:

- The frequency of commuter train services varies from every thirty minute to every fifteen minutes.
- The maximum speed for high speed trains vary from 250 km/h to 320 km/h.
- The track between Almedal and Mölnlycke is constructed according to two different principles: straight ahead or through Mölndal.
- The railway capacity is raised by upgrading a part of the double track to a four-track section, using three different alternatives.

The results from the study can be separated into two parts: conclusions made from timetable planning and conclusions made from simulation with perturbed timetables.

The timetable planning shows that when a commuter train is set on a fifteen-minute service schedule, the infrastructure alternative through Mölndal means less chances to create a coordinated traffic plan which minimizes the travel time for both commuter trains and high speed trains. The alternative through Mölndal involves one more stop for commuter trains along the main track of Götalandsbanan, which means the difference in travel time between commuter trains and high-speed trains will increase. To prevent

conflicts between the train types, 2-4 extra minutes must be added to the high speed trains time schedule due to train traffic congestion.

This conclusion was presented at one of the report meetings at Banverket, which took place two times as the study was performed. This resulted in an enlargement of the infrastructure model. The model now even includes a third infrastructure corridor going through Mölndal but continues in the south direction for two kilometers before turning in the direction of Mölnlycke. With this corridor the travel time is extended with one minute for all trains, but it makes it possible to separate commuter trains from high-speed trains all the way from Göteborg to Mölndal. This means that travel time extension due to train congestion can be lowered with several minutes, the total travel time with high-speed train will hence be lower even if the track length is longer.

The simulation round with perturbed timetable also showed worse result for the first Mölndal alternative. The regularities of timetables through Mölndal were worse and delays were transplanted into the following trains. During simulations where commuter train were set on a every thirty-minute service schedule, the delays on high speed trains, caused by other trains, ran up to 10-20 seconds in average. When the frequency was increased to fifteen-minute service, the delays increased rapidly to more than one minute in average.

To be able to create a timetable with better regularity and a reduction of added travel time because of congestion, three proposals for a construction of a partial four-track was simulated. The proposals were:

- Alt 1: A double track section through Mölndal and another double track section going straight to Mölnlycke.
- Alt 2: A four-track section between Landvetter and Kråktorps.
- Alt 3: A four-track section between Kråktorps and Borås.

With two separate double tracks between Almedal and Mölnlycke the travel time will be minimized for high-speed trains. At the same time the commuter train system will get higher flexibility, as Mölndal becomes a new center for commuter exchange between buses and trains. The simulation of this infrastructure variant showed a reduction of delays for high-speed trains that departure from Göteborg, but for trains in the opposite direction the delays remained.

The simulations of a four-track between Landvetter and Kråktorps showed much lower delays in both directions. The delays declined with 85 percent. The test results showed at least two major advantages by placing the partial four-double track just between the two cities.

1. The timetable can be set with larger marginal between trains, which leads to better regularity in the traffic system.
2. It is not longer important where the delay arises. Wherever the delay appears, it is never far to a passing track section.



## Sammanfattning

Göteborgsregionen är idag en av Sveriges mest expansiva tillväxtregioner. I takt med att folkmängden ökar och att industrin, transportnäringen och universitetsväsendet flyttar fram sina positioner, ökar också behovet av en väl fungerande infrastruktur. I Banverkets *Framtidsplan för järnvägen 2004-2015* finns avsatta medel för att stärka järnvägens möjligheter att möta det växande behovet av snabba och säkra tågtransporter i Västsverige. Längs Kust till kustbanan mellan Göteborg och Borås inleds den första etappen för en helt nybyggd bana mellan städerna med dubbelspår och med anslutning till Landvetter flygplats. När etappen är avslutad kan turtätheten med regionaltåg fördubblas och restiderna minskas med 10-15 minuter. Inför nästa framtidsplan som sträcker sig bortom 2015 förbereder Banverket planer för övriga etapper för dubbelspåret, liksom för en ny tågtunnel under Göteborg som planeras med namnet Västlänken, och för en ny höghastighetsjärnväg mellan Göteborg och Stockholm. Denna järnväg går under namnet Götalandsbanan. Tanken är att det nya dubbelspåret mellan Göteborg och Borås ska utgöra en första del i Götalandsbanan.

Detta examensarbete har som syfte att redogöra för hur tågtrafiken på Götalandsbanan mellan Göteborg och Borås kan samordnas för att ge utrymme för både regionaltåg, intercitytåg och höghastighetståg vid den tidpunkt då både Götalandsbanan och Västlänken är färdigbyggda. Arbetet har utförts genom modellering, tidtabellsläggning och simulering i programvaran RailSys, ett simuleringsverktyg som är framtaget särskilt för järnvägssimulering och som utvecklats på universitetet i Hannover, IVE.<sup>1</sup>

Studien har genomförts med ett antal varianter beträffande infrastruktur, banstandard och trafikering. Den framtida trafikeringens restider och tidtabellens robusthet har studerats då:

- Regionaltågens turtäthet varieras mellan halvtimmestrafik och kvartstrafik.
- Höghastighetstågens topphastighet varieras mellan 250-320 km/h.
- Banan projekteras efter två principer mellan Almedal och Mölnlycke, antingen enligt *alternativ Raka vägen* eller enligt *alternativ Mölndal* vilket skulle innebära att resande med regionaltåg fick en större närhet till resmål i Mölndal.
- Kapaciteten byggs ut med partiellt fyrspar enligt tre principiella alternativ.

Resultatet av studien kan delas upp i två delar: resultat av tidtabellsläggning i RailSys och resultat av simulering med störningar, där förseningar har genererats och fördelats slumpvis på tågen i simuleringen, och där förseningens effekt på andra tåg har studerats.

Från tidtabellsläggningen har studien visat att om regionaltågen ska trafikera enligt principen kvartstrafik ger *alternativ Mölndal* sämre möjligheter till samordnad trafikering med både regionaltåg och höghastighetståg. I *alternativ Mölndal* tillkommer ett stopp för regionaltågen längs huvudspåret vilket medför att skillnaden i gångtid ökar mellan regionaltåg och höghastighetståg. För att undvika konflikt måste höghastighetstågets tidtabellläggas med ett tidstillägg som är minst två minuter högre i *alternativ Mölndal* än i *alternativ Raka vägen*. Därmed ökar skillnaden i restid för höghastighetstågen mellan de båda alternativen från en minuts skillnad under halvtimmestrafik till minst tre minuters skillnad under kvartstrafik.

---

<sup>1</sup> IVE, Institut für Verkehrswesen Eisenbahnbau

Med anledning av ovanstående resultat utökades modellen med ytterligare en alternativ sträckning som i förstudien Almedal-Mölnlycke givits beteckningen M2a. Med M2a blir gångtiden ca en minut längre för alla tåg men den möjliggör en större separering av regionaltåg och höghastighetståg. Det beror på att med M2a kan stationen Mölndals Nedre utformas så att regionaltågen och höghastighetstågen går på olika spår hela vägen mellan Göteborg Central och Mölndals Nedre. Därmed minskar behovet av tidstillägg i tidtabellsläggningen, vilket innebär att den verkliga restiden för höghastighetståg blir lägre för M2 än för det ursprungliga *alternativ Mölndal*, betecknat i förstudien som M1. Ovanstående gäller under förutsättning att turtätheten för regionaltågen mellan Göteborg och Borås är kvartstrafik, och att det inte går att sortera tågen söder om Mölndals Nedre i alternativ M1.

Från simulering med störd tidtabell drogs slutsatsen att med trafikering via Mölndals Nedre och med en stationsutformning enligt M1 blir trafiksystemet känsligt för störningar, förseningar fortplantar sig till efterföljande tåg. Vid försök med halvtimmes- trafik för regionaltågen var förseningarna beskedliga för höghastighetstågen men när regionaltågens turtäthet utökades till kvartstrafik ökade också förseningarna på höghastighetstågen markant för alla varianter med kvartstrafik.

Banverket har satt som ett av målen för den nya Götalandsbanan att det ska gå att köra kvartstrafik mellan Göteborg och Borås. För att undvika att höghastighetstågen måste beläggas med extra tidstillägg för att undvika konflikt med regionaltågtrafiken har tre förslag till partiell fyrspårsutbyggnad föreslagits:

Alt 1: Dubbelspår både längs *alternativ Raka vägen* och *alternativ Mölndal*

Alt 2: Partiellt fyrspår mellan Landvetter flygplats och Kråktorps<sup>2</sup>

Alt 3: Partiellt fyrspår mellan Kråktorps och Borås

Med Alt 1 som innebär två separata dubbelspår, mellan Almedal och Mölnlycke, kan höghastighetstågen trafikera via *Raka vägen*, vilket ger korta restider, samtidigt som regionaltågen kan gå via Mölndals Nedre som därmed blir knutpunkt för regionalt resande. Simulering med störningar visade att med Alt 1 minskar förseningarna på höghastighetstågen betydligt i riktning mot Borås, men problemen kvarstår i riktning mot Göteborg.

Med Alt 2, ett fyrspår mellan Landvetter och Kråktorps, blev förseningsnivåerna betydligt lägre i båda riktningarna. De sekundära förseningarna minskar från över en minut till i genomsnitt ett fåtal sekunder. Försöken visade att ett centralt placerat fyrspår har två stora fördelar:

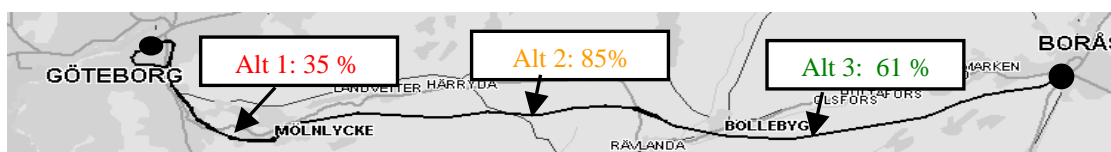
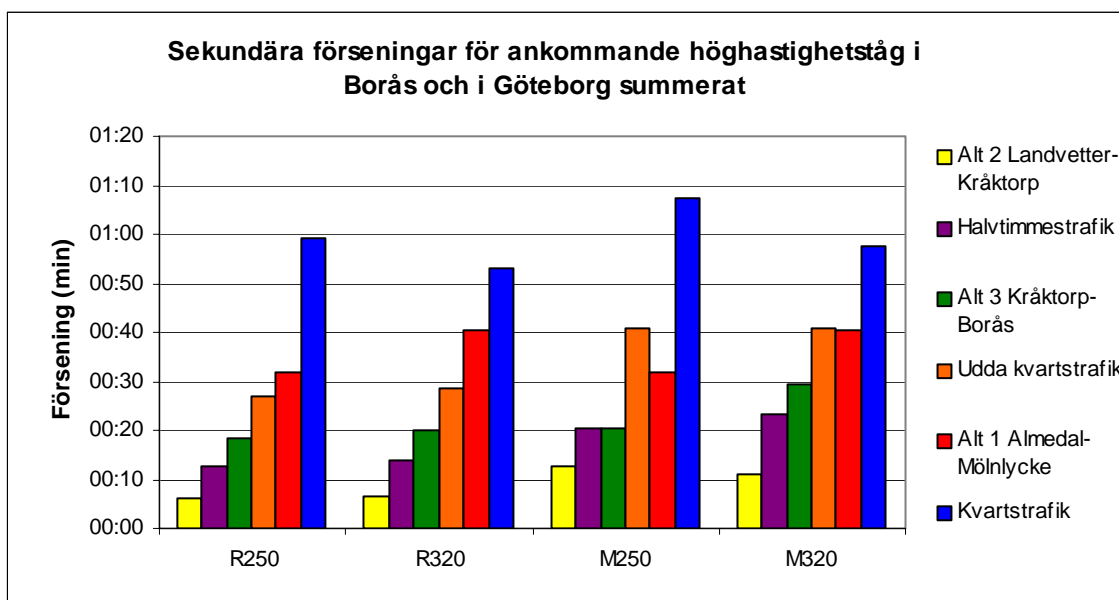
1. Tidtabellen kan konstrueras så att beläggningen totalt sett blir jämnare över hela banan. Med större marginaler i tidtabellen ökar trafiksystemets robusthet.
2. Det har inte lika stor betydelse var förseningen uppstår. Den centrala placeringen medför att det oavsett färdriktning aldrig är särskilt långt till en punkt där konflikten upphör.

---

<sup>2</sup> Kråktorps är den plats mellan Rävlanda och Bollebygd där det i järnvägsutredningen Mölnlycke – Bollebygd föreslås ett gemensamt stationsläge för de båda orterna.

Om ett regionaltåg blir försenat vid avgången från Göteborg kommer en eventuell konflikt med efterföljande höghastighetståg att lösas när regionaltåget ankommer till Landvetter flygplats. Om förseningen uppstår senare påverkas inte höghastighetståget eftersom det redan har passerat regionaltåget. I riktning mot Göteborg gäller samma sak: Effekten av en avgångsförsening för regionaltåget i Borås upphör då regionaltåget ankommer till fyrsparsträckan i Kråktorps. Även effekten av förseningar som uppkommer mellan Landvetter flygplats och Göteborg d.v.s. efter fyrsparsträckan är marginella eftersom tidsavståndet till bakomliggande tåg när regionaltåget närmar sig Göteborg är större än i alla övriga trafikupplägg. I övriga fyrsparalternativ kan en försening för regionaltågen i den ände där det inte finns något fyrspar ge upphov till stora förseningar för efterföljande höghastighetståg.

Det sista fyrsparalternativet, Alt 3 mellan Kråktorps och Borås, visade ett bättre resultat beträffande förseningsnivåer än i det första alternativet men betydligt sämre än Alt 2 med ett centralt placerat förbigångsspår.



**Fig. Sammanfattning av simulering med störningar**

Alternativ 1, 2 och 3 betecknar simulerade varianter med kvartstrafik och partiellt fyrspar. Övriga alternativ betecknar varianter utan fyrsparsträcka men med olika turtäthet för regionaltåg. I den nedre figuren presenteras placering av alternativa fyrsparsträckor samt den relativa minskningen av förseningsnivå jämfört med varianter utan förbigångsspår.

Bilderna visar att placeringen av fyrsparsträckan har stor betydelse för trafiksystemets robusthet. Med ett centralt placerat fyrspar minimeras risken att höghastighetstågen ska drabbas av störningar från övrig tågtrafik mellan Borås och Göteborg.



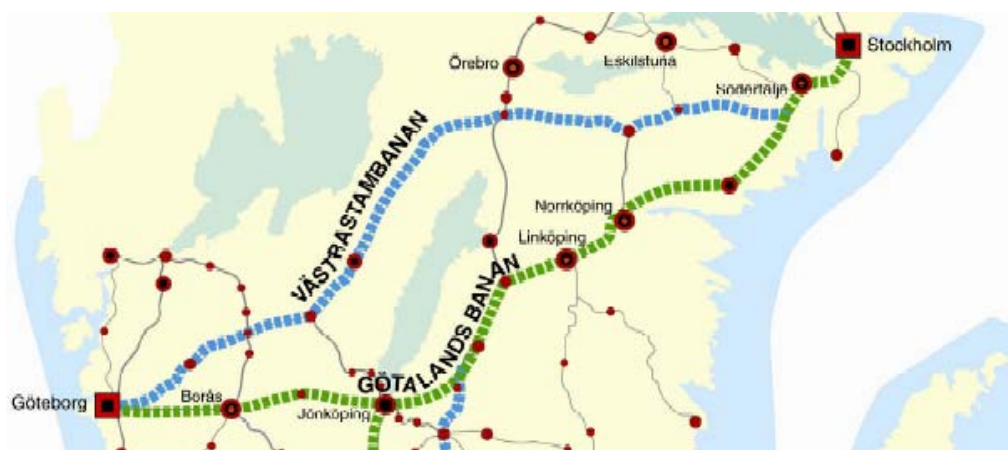
# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Den av regeringen fastställda framtidsplanen för järnvägen ligger till grund för hur Banverket ska fördela anslagen för nyinvesteringar fram till 2015. I framtidsplanen finns inskrivet att bygget av ett nytt dubbelspår mellan Mölnlycke och Bollebygd via Landvetter flygplats ska påbörjas under planeringsperioden. När dubbelspåret är färdigbyggt kan turtätheten för regionaltåg mellan Göteborg och Borås fördubblas från ett tåg i timmen till halvtimmestrafik. Banverket har även påbörjat arbetet med att utreda dubbelspårsutbyggnad längs övriga delar av Kust till kustbanan<sup>3</sup> mellan Göteborg och Borås. Med ett komplett dubbelspår kan trafikutbudet ökas ytterligare. Banverket räknar med att det i framtiden kommer att finnas en marknad för att trafikera sträckan Göteborg-Borås med ett regionaltåg var 15:e minut.

Det nya dubbelspåret planeras mot ett långsiktigt mål att banan på sikt kommer att utgöra en första del av den s.k. Götalandsbanan, en ny höghastighetsjärnväg mellan Göteborg och Stockholm. Götalandsbanans syfte är att förkorta restiden mellan Sverige två största städer och samtidigt binda samman ett antal viktiga mellanmarknader: Borås, Jönköping, Linköping och Norrköping. Genom att Götalandsbanan byggs med lutningar på upp till 25 promille begränsas användningsområdet till persontåg och godståg med låga lastvikter, t.ex. lättkombitåg och posttåg. Samtidigt frigörs kapacitet på Västra stambanan som kan användas för utökad godstrafik.

Trafiken på Götalandsbanan planeras ha ett blandat trafikutbud för att kunna tillgodose både regional och interregional tågtrafik. Ett sådant upplägg tar mycket spårkapacitet i anspråk jämfört med en mer homogen trafikering. Det blandade trafikutbudet bedöms ändå som nödvändigt för att nå samhällsekonomisk lönsamhet på Götalandsbanan.



**Fig. 1.1** Sträckningen för den nuvarande Västra Stambanan och den planerade Götalandsbanan. Längs Götalandsbanans sträckning finns fem mellanmarknader som alla är större än den största mellanmarknaden på Västra Stambanan, Skövde.  
*Källa: Idéstudie om höghastighetsbanor i Sverige, Scandiaconsult 2003*

<sup>3</sup> Järnvägen mellan Göteborg och Borås betecknas i denna studie som Kust till kustbanan när det gäller ombyggnad av nuvarande järnväg och som Götalandsbanan när det talas om ett trafiksystem som innefattar höghastighetståg från Stockholm.

Banverket har funnit att med det trafikutbud som prognostiserats kommer det att uppstå kapacitetsbrist på det nya dubbelspåret. Om regionaltågen ska gå varje kvart mellan Göteborg och Borås och göra fem-sex stopp på sträckan, är tidsluckan mellan dessa avgångar för liten för att rymma ett höghastighetståg som går utan stopp. Avdelningen *Strategisk planering* på Banverket Västra Banregionen i Göteborg såg därför ett behov av att studera hur kapaciteten kan förbättras med planerade förbigångar. I den föreslagna studien skulle det nya dubbelspåret kapacitet analyseras genom simulering. Studien skulle ha som målsättning att ge svar på vilken infrastruktur som krävs på den nya banan för att kunna hantera den trafikvolym som Banverket önskar bygga för. Det föreslagna ämnet presenterades för Järnvägsgruppen på KTH. Av diskussionen som följde föreslogs att simuleringen skulle utföras i programvaran RailSys, ett simuleringsverktyg avsett för kapacitetsstudier och tidtabellsläggning.

## 1.2 Syfte

Examensarbetet syftar till att genom simulering ta reda på behovet av förbigångsspår längs det nya dubbelspår som planeras längs den nuvarande Kust till kustbanan mellan Göteborg och Borås. Examensarbetet ska ge svar på hur långa eventuella förbigångsspår måste vara för att trafiken ska fungera obehindrat. Det ska också ge förslag till framtida placering av eventuella förbigångsspår. Studien ska även ge svar på hur turtätheten för regionaltågen mellan Göteborg och Borås påverkar behoven av förbigångsspår.

I uppgiften ingår även en analys av hur valet av nybyggnadsstandard påverkar Götalandsbanans kapacitet och framtida tidtabellers robusthet. Nybyggnadsstandard för järnvägar idag är 250 km/h men det pågår för närvarande ett arbete på Banverket att ta fram en standard för höghastighetsbanor där det kan bli aktuellt med ännu högre hastigheter. Denna studie ska ge svar på hur hastighetsskillnaden mellan regionaltåg och höghastighetståg påverkar behovet av förbigångsspår. Det finns alltså ett motsatsförhållande när det gäller hastighetsskillnaden. Om skillnaden är stor ökar kappkörningseffekten och behovet av förbigång men samtidigt förbättras möjligheten till att genomföra obehindrad förbigång längs en given sträcka. Studien ska ge svar på vilken faktor som väger tyngst i detta fall.

Slutligen har Banverket framfört önskemål om att examensarbetet även ska undersöka hur valet av korridor mellan Almedal och Mölnlycke påverkar trafiken på Götalandsbanan. Arbetet ska därför även klargöra om det blir någon huvudsaklig skillnad i förseningsnivåer och tidtabellsläggning om den nya banan dras över Mölndal eller anläggs enligt *alternativ Raka vägen*.

## 1.3 Metod

Arbetet har utförts genom simulering i programvaran RailSys, ett simuleringsverktyg som är utvecklat av *Institutet för trafikplanering, järnvägsbyggnad och järnvägsdrift vid universitetet i Hannover, IVE*. Arbetet har utförts i tre steg. Först har en modell byggts som ska representera det nya dubbelspåret mellan Göteborg och Borås. Som underlag till modellen har de senaste faktauppgifterna i planeringsläget använts, varifrån antaganden om trolig placering av den nya järnvägen har gjorts. Arbetet med att bygga upp modellen har också inneburit en rad antaganden gällande utformningen av signalsystem och geografisk utformning av stationer och spårlösningar.

I nästa steg har ett trafikutbud skapats i enlighet med Banverkets principtrafikplan för år 2020. I detta scenario är hela Götalandsbanan färdigbyggd och kapaciteten in mot Göteborg Central har förbättrats radikalt genom en ny tågtunnel under Göteborg. Ett antal representativa tågtyper har definierats för att kunna skapa en verklighetstrogen trafikbild. Dessa har sedan använts för att utföra de gångtidsberäkningar som behövs för att utforma tidtabeller.

I det tredje och sista steget har tågtrafiken simulerats för olika scenarier. Varje scenario har simulerats med trafikstörda tidtabeller där slumpvist valda tåg har försenats enligt en på förhand given fördelningskurva. Simuleringen har sedan körts i 500 trafikdagar. Ur de utdata som simuleringen gav har genomsnittsförseningar valts som ett mått på systemets robusthet. Resultaten från simuleringarna har sedan sammanställts och gjort överskådliga i tabellform. Slutligen har resultaten analyserats och slutsatser från studien har dragits.

#### **1.4 Avgränsningar**

Den trafik som ingår i simuleringen är all persontrafik mellan Göteborg och Borås enligt Banverkets prognos för trafikutvecklingen då hela Götalandsbanan och den nya tågtunneln under Göteborg är färdigställda. Merparten av dessa tåg kommer, delvis p.g.a. tågtunneln, att trafikera en längre sträcka än mellan Göteborg och Borås. Den modell som byggts upp är dock avgränsad till att enbart visa trafikflödet mellan Göteborg och Borås. Det innebär bland annat att genomgående tåg i Borås kommer in i modellen med full linjehastighet. I Göteborg är modellen begränsad till att bara visa de spår som antas behövas för tågen på Götalandsbanan. All övrig trafik, även trafiken på Västkustbanan, har lämnats utanför modellen.





## 2 Planeringsprocessen för järnvägsbyggen

### 2.1 Lagen om byggande av järnväg

I denna rapport förekommer begreppen *förstudie* och *järnvägsutredning*. Dessa två begrepp utgör de två första stegen i den lagstadgade planeringsprocess som föregår nyinvesteringar i det svenska järnvägsnätet. Enligt lagen om byggande av järnväg som trädde i kraft den 1 februari 1996 ska nya järnvägslinjer planeras efter en av staten bestämd planeringsprocess. Syftet är att säkerställa att nya järnvägar byggs ”med sådant läge och utförande att ändamålet med järnvägen kan uppnås med minsta intrång och olägenhet utan oskälig kostnad”.<sup>4</sup> Planeringsprocessen ska också säkerställa att samhällets alla intressenter i bygget har god insyn i planeringsprocessen och möjlighet att ge sina synpunkter.

### 2.2 Idéstudie

Innan den lagstadgade planeringsprocessen drar igång har den allt som oftast föregåtts av en process som kan kallas *idéskede*. Ett förslag om en ny järnvägssträckning kan ha sin härkomst i att infrastrukturhållaren ser ett behov av att öka kapaciteten och sänka restiden för en särskild järnvägsförbindelse. Det kan också vara så att det finns starka regionala intressen för förbättrade kommunikationsmöjligheter inom regionen och med närliggande regioner. I Sverige pågår sedan ett antal år en stor omfördelning av arbetsmarknaden som har lett till att pendlingsavstånden har ökat avsevärt. Denna utveckling har bidragit till ett ökat regionalpolitiskt engagemang i infrastrukturella frågor som berör interregionalt resande.

Om den föreslagna investeringen anses värd att utredas, kan den undersökas i ett första steg i form av en idéstudie. Den syftar till att ta fram *tänkbara* lösningsförslag för den föreslagna investeringen. Idéstudien bör beskriva behovet och vinsten av investeringen, vad den ska leda till, t.ex. i form av minskade restider, förbättrade trafikeringsmöjligheter och eventuella positiva miljöeffekter. Idéstudien bör innefatta en översiktlig kostnadsberäkning av investeringen och belysa faktorer som kan påverka miljön och samhällsbyggnaden längs de tänkbara lösningsförslagen.

### 2.3 Förstudie

Om resultatet av idéstudien är positivt och den samhällsekonomiska lönsamheten bedöms att bli god kan förslaget behandlas vidare i en förstudie. Detta är det första lagstadgade skedet för byggandet av ny järnväg. Arbetet utförs i samråd med berörda länsstyrelser, kommuner, ideella föreningar och övrig berörd allmänhet. Förstudien syftar till att utifrån tidigare utredningsförslag presentera ett eller flera *genomförbara* utredningsalternativ för den nya järnvägssträckningen med tanke på funktion och vilka konflikter förslaget medför för miljön och nu pågående och planerade verksamheter.

Förstudien ska redovisa trafikeringsmål när den nya järnvägen är färdigställd och vilka spårtekniska krav som ställs på anläggningen. Det ska framgå vilka funktionskrav som

---

<sup>4</sup> Banverket, BVH806.1, *Handbok för förstudie enligt lagen om byggande om byggande av järnväg* (2000), s. 4

ställs på järnvägen i form av kapacitet, hastighet, tillgänglighet, restidskrav, bärighet och säkerhet.<sup>5</sup>

Förstudien ska även redovisa hur det fortsatta utredningsarbetet ska genomföras. Efter genomförd förstudie ska Länsstyrelsen, med förstudiens förlagshandling som underlag, bedöma om den nya järnvägen kan antas medföra betydande miljöpåverkan. Om Länsstyrelsen gör den bedömningen ställs särskilda krav på samråd i nästa skede i utredningsprocessen med syfte att säkerställa att den berörda allmänheten har mycket god insyn i arbetet den miljökonsekvensbeskrivning, MKB, som ska genomföras. Arbetet med förstudien avslutas med att infrastrukturhållaren, oftast Banverket, fattar beslut om sitt ställningstagande med anledning av förstudien.

## 2.4 Järnvägsutredning

Efter utförd förstudie ska endast de genomförbara förslagen stå kvar för vidare utredning. Om det återstår endast ett genomförbart förslag kan planeringsprocessen övergå till genomförande av *järnvägsplan*. Om det återstår flera förslag ska en järnvägsutredning genomföras som ska leda till att ett utredningsalternativ kan väljas.

I detta steg ska kostnaden av att genomföra förslagen beräknas med större noggrannhet. Den samhällsekonomiska nyttan ska beräknas med hjälp av trafikprognoser och andra faktorer som påverkar samhällsnyttan. Tidigare studier av markanvändning, landskapsstruktur och samhällsstruktur inom utredningsområdet ska fördjupas. Förslagen ska också prövas enligt en särskild lagstiftning för miljöpåverkan, Miljöbalken, genom att en miljökonsekvensbeskrivning genomförs. Resultatet av järnvägsutredningen skickas ut på remiss till berörda insatser, vilket kan leda till att Banverket måste komplettera utredningen på bristande punkter. Sedan kan Banverket fatta beslut om vilket förslag de ämnar gå vidare med. Innan planeringsarbetet kan gå vidare ska också järnvägsutredningens miljökonsekvensbeskrivning godkännas av Länsstyrelsen. I många fall ska också järnvägen tillåtlighetsprövas av regeringen enligt Miljöbalken<sup>6</sup>. Om regeringen godkänner den valda sträckningen är beslutet också formellt taget att järnvägen kommer att byggas inom den beslutade korridoren.

## 2.5 Järnvägsplan

När järnvägskorridoren är beslutad och miljökonsekvensbeskrivningen är godkänd ska Banverket enligt lag genomföra ytterligare ett utredningssteg innan bygghandlingar kan upprättas och själva bygget påbörjas. I detta steg upprättas en järnvägsplan som klargör vilka markanspråk infrastrukturhållaren gör för den nya järnvägen. Inom den beslutade korridoren bestäms exakt var järnvägen ska dras. I järnvägsplanen ingår också en ny miljökonsekvensbeskrivning och en förteckning över alla berörda fastigheter. Detta utredningsskede skiljer sig från de tidigare i det avseendet att enskilt berörda sakägare längs den valda sträckningen står i större fokus än under tidigare utredningsskeden då den stora allmänhetens intressen väger tyngre.

---

<sup>5</sup> Banverket, *Handbok för förstudie enligt lagen om byggande av järnväg*, s. 20

<sup>6</sup> Regeringen är skyldiga att pröva tillåtligheten av den valda sträckningen enligt Miljöbalken (1998:808) om den nya järnvägen är avsedd för fjärtrafik.

### 3 Det aktuella planeringsläget

Investeringsnivån i det svenska järnvägsnätet var under lång tid mycket låg. Under 80-talet förändrades bilden markant med satsningen på snabbare tåg och med 1988 års transportpolitiska beslut att dela upp järnvägssektorn i infrastrukturhållare och trafikoperatörer. Under 90-talet genomfördes flera omfattande upprustningar i järnvägsnätet, även några helt nya järnvägsförbindelser invigdes.

Efter några återhållsamma år i slutet av 90-talet, med knapphändiga anslag för ytterligare järnvägsinvesteringar, presenterade regeringen hösten 2001 en infrastrukturproposition med förslag till kraftigt ökade anslag. Regeringen föreslog en ram för nyinvesteringar i järnvägsnätet mellan 2004 och 2015 som uppgick till 101,5 miljarder kr. Propositionen fick namnet *Infrastruktur för ett långsiktigt hållbart transportsystem*. I propositionen presenteras också en vision för hur det svenska järnvägsnätet ska ha utvecklats fram till år 2030:

Järnvägsnätet har snabbtågsstandard där det bedöms finnas en marknad. Regionalt resande sker i ökad utsträckning med tåg vilket möjliggjorts av en kapacitetsstark, turtät och välbyggd regional tågtrafik.<sup>7</sup>

Infrastrukturpropositionen angav inriktningen för Banverkets planeringsarbete. Den kunde nu ses över längre tidsperiod än under tidigare inriktningsbeslut. Banverket fick i uppdrag att upprätta en framtidsplan som dels kunde fastställa vilka projekt som kunde rymmas inom den beslutade investeringsramen men också ge en målbild för hur järnvägen skulle utvecklas i ett längre perspektiv. Infrastrukturpropositionen visade också med sin vision att planeringsarbetet ska ha en dubbel inriktning där både regionalt resande med täta förbindelser och interregionalt resande med höga hastigheter ska prioriteras.

Efter remissbehandling beslutade regeringen den 19 februari 2004 att fastställa framtidsplanen. Den 16 juni 2004 beslutade riksdagen att utöka investeringsramen med 6,2 miljarder kr till 107,7 miljarder kr<sup>8</sup>, bland annat mot bakgrund av att regeringen gett Banverket ett flertal tilläggsdirektiv om att lyfta in ett antal transportpolitiskt motiverade järnvägsprojekt i framtidsplanen. När framtidsplanen fastställts framgick det att dessa projekt krävde en stor andel av de anslagna medlen. Därmed tvingades Banverket att flytta fram byggstarten för ett antal projekt till den senare delen av planperioden 2004 – 2015.

#### 3.1 Planeringsarbete med inriktning på högre hastigheter

Banverket fick genom propositionen uppdraget att utreda vilka järnvägssträckor som har en marknad för snabbtågstrafik i högre hastigheter än 200 km/h, som är den största tillåtna hastigheten idag. I framtidsplanen gör Banverket bedömningen att framtida trafikering med snabbtåg främst kommer att utföras på nu befintlig järnväg. Där det finns tekniska förutsättningar och en marknad kan det befintliga nätet upprustas till maximalt 250 km/h<sup>9</sup>. Banverket bedömer att denna marknad finns på Västra Stambanan

---

<sup>7</sup> Banverket, *Framtidsplan för järnvägen. Del 1 -Infrastruktursatsningar nationellt 2004-2015* (2004), s. 15

<sup>8</sup> Ibid, s. 8

<sup>9</sup> Ibid, s. 24

mellan Stockholm och Göteborg, på Södra Stambanan mellan Malmö och Stockholm, på Västkustbanan mellan Malmö och Göteborg, på Norge/Vänerbanan mellan Göteborg och Oslo och längs Norrlandskusten upp till Umeå. Utöver trafikarbetet på nuvarande banor tillkommer ny trafik som en följd av att nya banor blir färdigställda. För närvarande är nybyggnadsstandarden vid järnvägsbyggen 250 km/h. Det kan enligt Banverket bli aktuellt i framtiden med ännu högre hastigheter på vissa nybyggda banor, om en höjning av banstandarden kan motiveras med beräknad ökad samhällsekonomisk nytta av investeringen, samt att det ger ökade förutsättningar för god företagsekonomi för framtida operatörer.

Mellan Göteborg och Stockholm är Banverkets bedömning att trafiken kan utvecklas genom att en ny höghastighetsjärnväg byggs söder om Vättern. En sådan bana har Banverket och dess föregångare affärsverket SJ skissat på i decennier, den går under namnet Götalandsbanan. Med Götalandsbanan öppnas möjligheten att flytta över snabbtågstrafiken från Västra Stambanan och skapa ett nytt järnvägssystem för höghastighetståg med Borås, Jönköping, Linköping och Norrköping som attraktiva interregionala mellanmarknader.

Banverket har även öppnat för att Götalandsbanan kan byggas för högre hastigheter än nuvarande nybyggnadsstandard som är 250 km/h. Hastigheter upp till 350 km/h har diskuterats. Det råder ännu en viss oklarhet i frågan om vilken nivå som är mest rimlig och som svarar bäst upp mot de samhällsekonomiska och transportpolitiska målen. Banverket har inte fattat något inriktningsbeslut i frågan, vilket innebär att den kommande tekniska standarden för Götalandsbanan fortfarande är en öppen fråga. Det pågår för närvarande en utredning på Banverkets huvudkontor som ska utgöra beslutsunderlag för kommande standard på framtida höghastighetsjärnvägar.

### **3.2 Planeringsarbete med inriktning på regional utveckling**

I infrastrukturpropositionen framgår att regeringen i framtiden vill se en ökad andel av regionalt resande med tåg. För att åstadkomma detta ska infrastrukturen byggas ut, med tonvikt på spårsystemen kring storstadsregionerna. Detta kan ses som ett inriktningsbeslut som innebär att järnvägen har en förtursrätt gentemot andra transportslag inom regional utveckling och samhällsbyggnad. Beslutet motiveras med några av tågtrafikens grundläggande egenskaper som transportmedel; den är energisnål, har låga utsläppsnivåer och kan transportera en stor mängd människor och gods på ett begränsat utrymme. Banverket delar regeringens uppfattning om att den regionala spårtrafiken har mycket stor betydelse för att skapa ett långsiktigt hållbart transportsystem<sup>10</sup>. I Banverkets vision i Framtidsplanen pekas Västsverige ut som ett av de viktigaste regionala utvecklingsområdena för spårtrafik.

### **3.3 Vision för kollektivtrafiken i Västsverige**

I samråd med Västtrafik och Västra Götalandsregionen har Banverket Västra Banregionen presenterat en vision för hur den regionala tågtrafiken bör utvecklas. Visionen presenteras i foldern *På nya spår i väst* som utgavs i april 2002. Om visionen förverkligas kommer det innebära kraftigt ökade möjligheter att resa regionalt med tåg mellan ett flertal stora knutpunkter i regionen. Västtrafik har sedan gått vidare och i

---

<sup>10</sup> Banverket, *Framtidsplan för järnvägen. Del 1 -Infrastruktursatsningar nationellt 2004-2015* (2004) s. 26

augusti 2004 presenterat *Målbild 2010 och 2020 för storregional trafik och pendeltågstrafik*. Målbilden syftar till att utgöra underlag för kommande trafikupphandlingar, resandeprognoiser och investeringar i nya fordon och anläggningar.

Storregional trafik är ett förhållandevis nytt begrepp inom kollektivtrafik som annars traditionellt och organisatoriskt är indelad i regional<sup>11</sup> och interregional kollektivtrafik.

Västtrafik definierar storregionala linjer som:

- linjer inom Västra Götaland som passerar minst en dotterbolagsgräns och angör minst en av regionens huvudorter
- linjer som passerar Västra Götalands länsgräns och sammanbinder minst en av regionens huvudorter med regionalt centra i angränsande län<sup>12</sup>.

Att Västtrafik talar om dotterbolag beror på att bolaget i grunden består av de enskilda länstrafikbolag som gick samman när Västra Götalands län bildades 1999.

Västtrafik har bland annat använt sig av SAMPERS för att beräkna kollektivtrafikens marknadsandel i det storregionala resandet i Västsverige. Enligt beräkningsmodellen är Göteborg-Borås den största relationen för storregionalt resande. Västtrafik räknar med att det utförs 14 300 dagliga resor mellan Göteborgsområdet och Norra Sjuhärad där Borås ingår. Det är nästan dubbelt så mycket som i den näst största relationen mellan Göteborg och Trollhättan/Vänersborg<sup>13</sup>. Kollektivtrafikens marknadsandel för dagspendling mellan Göteborgs kommun och Borås kommun beräknas till 29 %<sup>14</sup>.

Ett av projekten som lyfts fram i *På nya spår i väst* är ett nytt dubbelspår mellan Göteborg och Borås. Idag går tågtrafiken mellan Göteborg och Borås på Kust till kustbanan som är en enkelspårig bana med låg standard. Regionaltågen trafikerar sträckan en gång i timmen. I övrigt trafikeras banan av Kust-till-kusttågen mot Alvesta och Kalmar, samt av ett fåtal godståg. Restiden med tåg mellan Göteborg och Borås är i dagsläget 60-65 minuter. Regionaltågtrafiken kompletteras med busstrafik som har något kortare restid än tåget eftersom riksväg 40, som förbinder städerna, har motorvägstandard.

---

<sup>11</sup> Trafikeringsrätten på regional nivå är förbehållen trafik huvudmannen, oftast gestaltat av ett länstrafikbolag som ägs av landstinget. I samband med den pågående utvecklingen på arbetsmarknaden där allt fler pendlar över länsgränser, har länstrafikbolagen haft ett ökat samarbete och gemensamt upphandlat tågtrafik som sträcker sig över flera län.

<sup>12</sup> Västtrafik, *Målbild 2010 och 2020 för storregional trafik och pendeltågstrafik* (2004), Bilaga 1

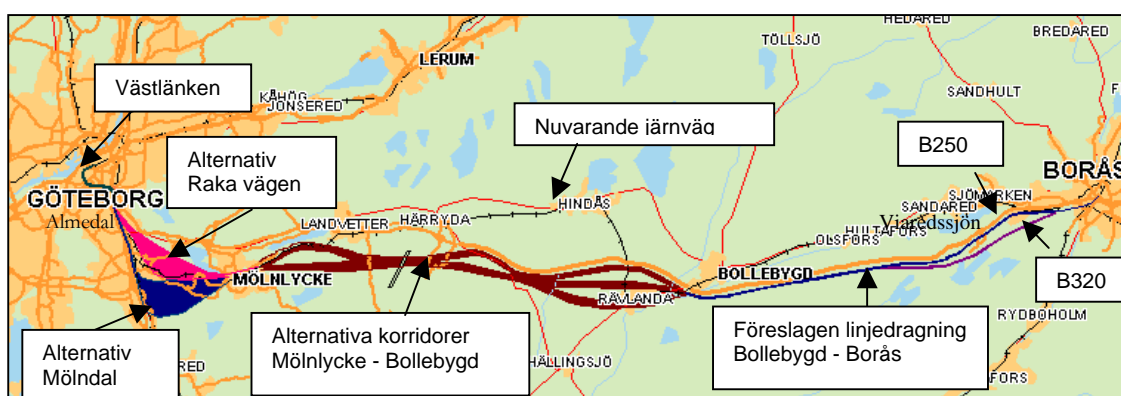
<sup>13</sup> Ibid, s. 11

<sup>14</sup> Ibid, s. 14



## 4 Etappuppdelning för nytt dubbelspår

Banverket planerar nu för en ny järnväg mellan Göteborg och Borås med dubbelspår och en förbättrad banstandard. Syftet är dels att förkorta restiden med tåg mellan Västsveriges två största städer, höja kapaciteten samt att skapa en järnvägsförbindelse till Landvetter flygplats. På längre sikt syftar banan till att bli en länk i en komplett Götalandsbana mellan Göteborg och Stockholm.



**Fig 4.1** Karta över samtliga etapper som ingår i modellen. Mellan Bollebygd och Borås finns ännu ingen redovisad korridor men en dragning längs motorvägen har föreslagits. Om hastigheter upp mot 320 km/h ska vara möjliga in mot Borås måste järnvägen ges en något sydligare sträckning enligt B320 i bilden.

### 4.1 Mölnlycke - Bollebygd

I framtidsplanen som sträcker sig fram till 2015 har Banverket avsatt medel för att börja bygga den etapp som anses ge största enskilda nyttan, ett nytt dubbelspår mellan Mölnlycke och Bollebygd. Genom att dra den nya banan under Landvetter flygplats och anlägga en ny tågstation där binds transportslagen flyg och tåg närmare varandra. När etappen är färdigbyggd kan trafiken till Borås också utökas till halvtimmetrafik under högtrafik. Restiden mellan Göteborg och Borås minskar med 10-15 minuter<sup>15</sup>. För etappen Mölnlycke - Bollebygd har både förstudie och järnvägsutredning genomförts. I järnvägsutredningens beskrivning av den nya järnvägens funktionskrav anges två något motsträviga strategier som banan kan byggas enligt; antingen med tyngdpunkt på regional utveckling vilket innebär fler centralt belägna pendeltågstationer eller med inriktning på trafik med höghastighetståg. Med det första alternativet skulle järnvägen förslagsvis dras genom både Rävlanda och Bollebygd med varsitt stopp för pendeltåg, hastigheten för genomgående tåg skulle då begränsas till 200 km/h. Det innebär att höghastighetståg skulle nå hastigheter över 300 km/h enbart på en kort sträcka mellan Bollebygd och Borås. Efter remissrundan har det dock visat sig att alternativet med två stationslägen i bygden inte är aktuellt eftersom i princip ingen av remissinsatserna ville se den dragningen. Markägare och kommuninvånare bekymrade sig bland annat för de planerade broar som skulle behövas strax väster om Rävlanda. Denna åsikt fick större fäste i kommunen än åsikten att behålla nuvarande stationsläge.

<sup>15</sup> Banverket, *Järnvägsutredning för Kust till Kustbanan delen Mölnlycke-Rävlanda/Bollebygd* (2003) s.20

## 4.2 Almedal – Mölnlycke

Nästa etapp som byggs om på Kust till kustbanan blir troligtvis delen Almedal-Mölnlycke. För denna sträcka har Banverket genomfört en förstudie som anger två alternativa huvuddragningar, antingen längs nuvarande järnväg rakt på Göteborg eller via stationen Mölndals Nedre på Västkustbanan.<sup>16</sup>

### 4.2.1 Järnvägens funktion

Det senare alternativet motiveras med utökade möjligheter att skapa ett samordnat kollektivtrafiksystem och göra Mölndals Nedre till en ny betydande knutpunkt för regionaltåg, busstrafik och spårväg. I Peppared, strax söder om Mölndals centrum, har exempelvis läkemedelsindustrin expanderat och området är på väg att bli en av Göteborgs viktigaste målpunkter för arbetspendling. Genom att binda samman Kungsbacka, Mölndal och Mölnlycke i ett gemensamt regionaltågssystem med övrig kollektivtrafik ökar förutsättningarna och möjligheterna för utbyggnad av nya verksamheter och bostäder i denna och sydvästra delen av regionen. Det ökar samtidigt möjligheterna att avlasta den hårt trafikerade E6:an mellan Kungsbacka och Göteborg och därigenom uppnå samhällets miljömål.

### 4.2.2 Restid

Enligt förstudien för sträckan Almedal-Mölnlycke innebär *alternativ Mölndal* en totalt sett kortare restid för pendlare när anslutningsresor och bytestider inkluderas<sup>17</sup>. Tidsförluster för resenärer till och från Göteborg Central kompenseras av restidsvinster för resenärer med målpunkter i södra Göteborg och i Mölndal. Trafikarbetet mellan Göteborg och Mölnlycke räknat i personkilometer/dygn beräknas totalt öka jämfört med *alternativ Raka vägen* samtidigt som trafikarbetet med buss och bil beräknas minska. Om däremot resor till och från Göteborg Central ska prioriteras är alltså *alternativ Raka vägen* att föredra.

Skillnad i trafikarbete år 2025	Tåg	Bil	Buss	Nytt resande
Mölndal - Raka vägen (person-km/dygn)	+32 000	-12 000	-8 000	+12 000

Fig. 4.2 Skillnad i trafikarbete mellan Mölndal och Raka vägen  
Källa: Förstudien Almedal – Mölnlycke, Banverket

### 4.2.3 Spårtekniska skillnader

Om Kust till kustbanan också ansluter till Västkustbanan i Almedal enligt *alternativ Raka vägen* går det att undvika konflikt mellan regionaltågen på Kust till kustbanan och Västkustbanan. Det kräver dock att ett avancerat spårssystem byggs i Almedal, vilket innebär att ett stort utrymme måste tas i anspråk. Med detta system kan korsande tågvägar undvikas, d.v.s. regionaltåg från Kust till kustbanan kan ledas vidare till nästa

<sup>16</sup> I Mölndal finns sedan tidigare två stationslägen: Mölndals Nedre på Västkustbanan och Mölndals Övre på Kust till kustbanan. Den senare används inte i nuläget men kan enligt förstudien vara aktuell att öppna åter om det nya dubbelspåret dras enligt *Raka vägen (R2a eller R2b, se fig. 6.2)*. I denna studie förutsätts dock att det inte tillkommer något mer stopp för regionaltåg längs *Raka vägen* än stoppet i Almedal/Kallebäck.

<sup>17</sup> Banverket, *Förstudie delen Almedal-Mölnlycke* (2004) s. 53



nya spåravsnitt, den s.k. Västlänken som är en ny tågtunnel under Göteborg, utan att först behöva korsa Västkustbanan.

Om Kust till kustbanan istället dras via Mölndal kommer regionaltågen att få samsas om utrymmet på Västkustbanan mellan Mölndal och Almedal. Om trafiken utvecklas enligt Banverkets prognos, med kvartstrafik för Boråspendeln och tiominuterstrafik för Kungsbackapendeln samtidigt som snabbtåg, regionaltåg och godståg ska konkurrera om utrymmet, kommer det att uppstå stor kapacitetsbrist på sträckan. Det kommer i så fall att krävas fyra spår mellan Mölndals Nedre och Almedal, vilket innebär stora konsekvenser för närliggande anläggningar. Motorvägen som löper parallellt med järnvägen måste flyttas för att bereda plats. I samband med detta är det troligt att även motorvägen byggs ut för ökad kapacitet. Slutsatsen blir att Banverket och Vägverket skulle stå inför ett mycket omfattande infrastrukturprojekt med höga kostnader och med stora effekter på omgivningen liksom på både väg- och tågtrafiken under byggtiden.

Om den nya Kust till kustbanan istället dras enligt *alternativ Raka vägen* får man en dragning som påminner om dagens bana mot Borås. Svårigheten ligger då i att finna en linje för stigningen upp mot Mölnlycke som innebär acceptabla kurvradier utan att hela sträckan behöver läggas i tunnel, med höga kostnader som följd. I förstudien presenteras flera möjliga linjeval för både *alternativ Raka vägen* och *alternativ Mölndal*.

#### 4.2.4 Trafikeringsmål efter slutförd etappbyggnad

När etappen Almedal-Mölnlycke är färdigbyggd ska det gå att öka turtätheten mot Landvetter till kvartstrafik genom att ett regionaltåg införs som vänder i Landvetter<sup>18</sup>. Genom att låta vartannat regionaltåg från Göteborg gå till Landvetter och vartannat vidare till Borås uppnås kvartstrafik till Landvetter och halvtimmestrafik till Borås. Restiden för regionaltågen förblir oförändrad förutsatt att det tillkommer ett nytt stopp på sträckan i antingen Almedal eller Mölndals Nedre, om inte kan restiden minskas med ca tre minuter.

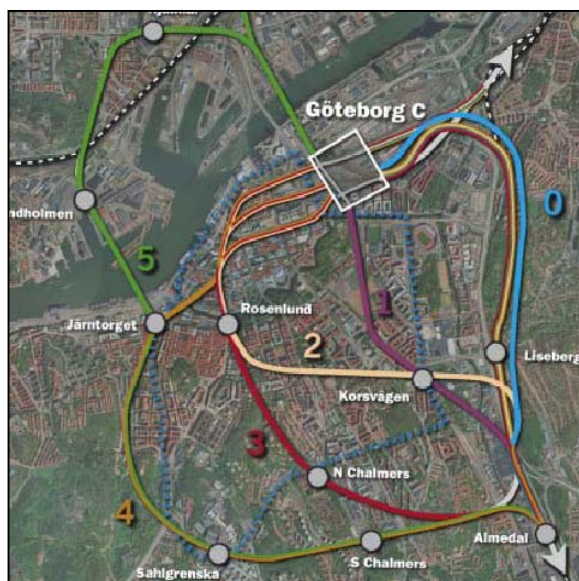
### 4.3 Västlänken

För att klara av att hantera den planerat ökade trafikmängden in mot Göteborg från södra infarten krävs att kapaciteten höjs. Gårdatunnelns två spår måste avlastas. Banverkets lösning är en ny tågtunnel under Göteborg som sträcker sig ända från Västkustbanan, genom stadskärnan med underjordiska stationer och fram till en ny station under jord vid Göteborg Central. Tunneln projekteras under namnet Västlänken. Förutom att öka kapaciteten söderifrån är syftet med Västlänken att skapa genomgående tågtrafik i Göteborg. Västlänken anläggs så att tunneln anlöper till centralstationen i motsatt riktning mot dagens spår. Tunneln ansluter sedan till nuvarande spårssystem på bangården strax öster om Göteborg Central. Därmed kan trafikuppläggen förändras radikalt och det blir möjligt att upprätta regional-tågförbindelser mellan t.ex. Landvetter flygplats och Älvängen, strax norr om Göteborg, eller mellan Borås och Vänersborg utan att tågen behöver ändra riktning vid Göteborg Central. Västlänken kommer söderut troligtvis att anslutna till Västkustbanan vid Gårdatunnelns södra mynning i Almedal.

---

<sup>18</sup> Banverket, *Förstudie delen Almedal-Mölnlycke*, s. 49

Västlänken har utretts i en förstudie som presenterades av Banverket i december 2002. I förstudien presenteras en rad olika linjedragningar under Göteborg med framför allt flera olika alternativ till nya stationslägen inne i tunneln. I utredningen presenteras också ett jämförelsealternativ, alternativ 0, vilket innebär en ombyggnation av Gårdatunneln för högre kapacitet. Alternativ 1, 2 och 3 har alla en liknande linjedragning. Tunnel dras då via ett par utvalda knutpunkter i centrum innan den når Centralstationen. Alternativ 4 och 5 går i en betydligt större båge och har mer funktionen av snabbgående tunnelbana genom Göteborg än av anslutande järnväg. Kostnaden för dessa alternativ är betydligt högre än för de övriga.



**Fig 4.4**

Alternativa korridorer för Västlänken enligt förstudien. Alt 5 bedöms inte som realistiskt, knappast inte heller alt 4. Alt 0 betecknar ett jämförelsealternativ med fyra spår genom Gårdatunneln. I denna studie har Alt 2 antagits med tunnelstationer i Korsvägen och Rosenlund/Haga.

*Källa: Förstudie Västlänken, Banverket*

#### 4.4 Bollebygd-Borås

Den sista etappen i dubbelspårbygget mellan Göteborg och Borås är det kvarstående avsnittet mellan Bollebygd och Borås. För denna etapp finns ännu ingen färdig förstudie men från det pågående förstudiearbetet finns framtagna kartor över föreslagna korridorer. En naturlig korridor som utreds just nu är längs motorvägen, eller något söder om motorvägen ifall banan ska byggas med kurvradii som möjliggör hastigheter över 250 km/h. Dessa alternativ förutsätts i studien och innebär att det inte blir något stopp för regionaltågen i Sandared som ligger norr om motorvägen på andra sidan av Viaredssjön.

#### 4.5 Götalandsbanan

När etapperna Bollebygd-Borås och Västlänken är färdigbyggda är Banverkets målsättning att turtätheten för regionaltågen ska kunna höjas ytterligare till kvartstrafik hela sträckan Göteborg-Borås, vilket åstadkoms genom att flygpendeln förlängs till Borås. Dessutom finns kapacitet för ytterligare interregional tågtrafik om dubbelspåret förlängs österut och sammankopplas med Ostlänken som är en planerad ny järnväg mellan Järna och Linköping. Tillsammans bildar då de båda banorna det som brukar kallas för Götalandsbanan.

## 4.6 Nyttan med trafikanalys

Denna studie har som utgångspunkt att studera ett trafikscenario när alla ovan beskrivna etapper är färdigbyggda, inklusive en komplett Götalandsbana. Det scenario som beskrivs är alltså inte aktuellt förrän om minst 20 år framåt i tiden. Det finns i dagsläget inte några politiska inriktningsbeslut för att Götalandsbanan kommer att genomföras i sin helhet. Däremot har Banverket i framtidsplanen angivit en inriktning för nyinvesteringar som innebär en strävan efter att kraftigt minska restiden mellan orter med stort resandeutbyte. Götalandsbanan är utredd på idéstudienivå, ett arbete som har resulterat i att Götalandsbanan nu finns med i Banverkets långsiktiga planering.

När nu den första etappen ska byggas, den mellan Mölnlycke och Bollebygd, måste Banverket ta hänsyn till faktorer som får betydelse först när Kust till kustbanan ingår i Götalandsbanan. Annars finns risken att tidiga etapper byggs på ett sätt som begränsar möjligheterna för att utveckla ett effektivt framtida järnvägssystem. Det behövs alltså redan nu djupgående studier av trafiksituationen om 20 år. Om man i planeringsarbetet försöker ta hänsyn till Götalandsbanan men inte utreder framtida trafikscenarion, finns risken att tidiga etapper delvis byggs med infrastrukturlösningar som ändå kanske inte går att utnyttja fullt ut när tågen ska sättas i trafik. Det finns också risk att man bygger in begränsningar i systemet som kan bli mycket kostsamma, eller rent av omöjliga att åtgärda i efterhand.



## 5 Simuleringsprojektet som analytisk metod

Användandet av simulering som analytiskt verktyg får allt större utbredningsområde i takt med att möjligheterna att avbilda verkliga tekniska system blir allt större. Systemanalys genom simulering lämpar sig framför allt när svårigheterna att genomföra tester på det verkliga systemet överstiger vinsten. I tekniska system finns det ofta behov av att studera konsekvensen av föreslagna systemlösningar innan de genomförs. Simulering har tidigt fått ett genomslag inom trafikflyget, inte minst vid utbildandet av nya piloter. Simulering kan användas för att lösa flera olika typer av problem. Det kan användas för att studera effekten av föreslagna förbättringar i redan existerande system, för att undvika att systemfel byggs in i nya tekniska system eller för att testa funktioner i framtida system innan de implementeras.

### 5.1 Generella steg i simuleringsprojektet

Simuleringsprojekt kan delas upp i ett antal steg som allt som oftast är detsamma oavsett vad som ska simuleras:

<i>Problemformulering</i>	Det gäller först att komma fram till syftet med simuleringsstudien. Om simuleringen ska leda till att finna lösningar på ett problem i ett befintligt system måste dessa problem definieras så att det finns ett mått när simuleringen är utförd vad de föreslagna åtgärderna har gett för förbättring.
<i>Avgränsning och Strukturering</i>	Innan modellen kan börja byggas måste det verkliga systemet studeras noggrant i syfte att skapa förståelse för hur det är uppbyggt och kan avbildas. Steget syftar också till att finna vilka delar av systemet som inte har lika stor betydelse för systemets uppförande och som därför kan avbildas i förenklad form eller försummas helt. Steget kan med fördel utföras genom att en konceptuell modell i form av en förklarande bild byggs upp som visar hur systemets delar hänger samman.
<i>Datainsamling</i>	Det behövs indata till modellen i form av aktuella värden som behövs för att kunna bygga en verklighetstrogen modell. Detta steg kan omges av flera typer av svårigheter, t.ex: systemet som ska avbildas existerar ännu inte, de data som finns att tillgå är inte de som önskats, insamlad data är ofullständig eller det finns för mycket indata. Om det råder brist på data bör dessa uppskattas genom att rådfråga någon med mycket god kännedom i sakfrågan. Alternativt kan indata också uppskattas med hjälp av lämplig sannolikhetsfördelning, omsorgsfullt vald och parameter-satt beroende på vilken typ av system som ska avbildas.

Vid datainsamlingen måste man också ta ställning till modellens förväntade känslighet vid fall av felaktig indata. Detta avgör med vilken noggrannhet som indata måste samlas in. Inom simulering finns det välkända begreppet *Garbage In, Garbage Out* som betyder att modellen är beroende av att indata är riktigt insamlad för att resultaten från simuleringen ska ha något egentligt värde.

#### *Modellbygge*

När indata är sammanställd och modellens struktur är definierad kan den byggas upp med hjälp av lämpligt simuleringsverktyg. Under bygget bör modellen kontinuerligt verifieras så att den modell som skapas inte innehåller logiska fel och buggar. När modellen är färdigbyggd ska den validitetstestas så att den verkligen är rätt modell som har byggts, att den verkligen visar det som vill fås ut av den. Validitetstestet kan genomföras genom att modellen testköras och utdata jämförs mot verkliga mätvärden eller mot någon tidigare byggd modell som redan är validitetssäkrad.

#### *Försöksplanering och utförande av experiment*

En lyckad försöksplanering kan vara helt avgörande för ett lyckat simuleringsprojekt om systemet är av sådan art att det är orimligt att kunna genomföra alla tänkbara förbättringsförslag. Försöksplaneringen syftar till att metodiskt avfärda de alternativ som inte är värda att behandla vidare. När antalet försök har begränsats till de mest intressanta kan simuleringsomgången genomföras och resultatet analyseras.

#### *Sammanställning och presentation av resultaten*

Slutligen ska resultaten från simuleringsförsöken sammanställas och göras överskådliga, begripliga och jämförbara. En väl genomförd dokumentering och rapportskrivning kan bidra till att ge trovärdighet åt de slutsatser som dragits från simuleringen.

## 6 Steg 1. En modell byggs upp i RailSys

Det första steget i ett simuleringsprojekt är att bygga upp en relevant modell över det system som ska simuleras. För att lyckas med ett simuleringsprojekt är det högst väsentligt att på ett tidigt stadium fatta beslut om vilka delar av systemet som måste avbildas detaljerat i modellen och vilka delar som kan rationaliseras bort eller avbildas genom förenklingar. Innan bygget av modellen påbörjades fördes en inledande diskussion med Banverket Västra Banregionen och KTH om lämpliga avgränsningar och förenklingar. Som ett resultat av diskussionen beslutades att Göteborg Central och Borås station skulle avbildas högst förenklat och att ingen annan trafik än trafiken på Götalandsbanan skulle ingå i simuleringen. Istället koncentrerades modellbygget på att rätt avstånd, hastighet och lutningar lades in i modellen så att gångtidsberäkningarna skulle bli så verklighetstroga som möjligt.

### 6.1 Faktainsamling från aktuella utredningar

Arbetet med att bygga upp en modell i RailSys skiljer sig åt om det är en redan existerande bana som ska avbildas eller om det är en projekterad bana för framtiden. Om banan redan finns är det lämpligt att utgå från gällande linjebok<sup>19</sup> och från detaljerat kartmaterial över banan och sedan bygga upp banan med en riktig signalplacering samt placering av befintliga växlar, hastighetsskyltar och brytpunkter för kurvradier och höjdkurvor.

I denna studie har en helt ny bana simulerats som endast finns beskriven översiktligt i utredningsmaterial. Banan utreds dessutom i fyra separata banavsnitt, inklusive Västlänken, som var och en befinner sig på olika nivåer i utredningsprocessen och som heller inte ansluter entydigt till varandra i ändpunkterna. Arbetet inleddes således med en faktainsamling från de olika utredningarna där ett varierat och i detaljnivå skiftande kartmaterial länkades samman så att banan kunde avbildas som en enhet.

### 6.2 Antalet studerade korridorer och hastighetsnivåer

När faktainsamlingen var genomförd blev nästa uppgift att göra väl genomtänkta antaganden beträffande val av korridorer för varje enskild utredning. Genom samråd med Banverket bestämdes att simuleringsprojektet skulle genomföras i ett antal försök, där flera nivåer av infrastruktur, tågtrafikupplägg och hastighetsnivåer skulle varieras. Eftersom varje ny variabel i försöksplaneringen innebär att antalet simuleringar multipliceras med en faktor två eller högre, var det nödvändighet att kraftigt begränsa antalet variabler till de mest intressanta. Det beslutades att endast en föreslagen korridor för varje deletapp skulle simuleras. Valet av korridor har betydelse i studien om alternativen skiljer sig åt beträffande längd, lutning, kurvradier och vilka konsekvenser de får för trafikupplägget. Av de etapper som ingår i denna studie är det främst korridorerna i Västlänken som varierar stort. Eftersom fokus i studien har lagts på Götalandsbanan och inte på Västlänken har studien ändå begränsats till att enbart simulera ett alternativ för Västlänken.

Banverket visade ett särskilt intresse för att studien ändå skulle behandla två alternativa sträckningar mellan Almedal och Mölnlycke där den ena sträckningen går parallellt med

---

<sup>19</sup> Banverkets företeckning över befintliga spårssystem och av placering av signaler

Västkustbanan till Mölndal för att sedan avvika i riktning mot Mölnlycke. Det beslutades att banan skulle studeras med totalt två olika linjealternativ. Endast en korridor skulle väljas mellan Mölnlycke och Borås och för anslutningen in till Göteborg Central, men både *alternativ Raka vägen* och *alternativ Mölndal* skulle studeras mellan Almedal och Mölnlycke. Antalet hastighetsnivåer har begränsats för höghastighetståg till två nivåer, 250 km/h och 320 km/h. Regionaltågen antas ha en högsta hastighet på 200 km/h och Intercitytågen på 220 km/h.

### 6.3 Valda infrastrukturalternativ i modellen

I den inledande diskussionen om arbetets avgränsningar diskuterades effekten av omgivande trafik på framför allt Västkustbanan, men även av övrig trafik in mot Göteborg Central. Det finns en risk när inte hela trafiksituationen simuleras att man går miste om faktorer som i praktiken dimensionerar hela trafiken på den studerade banan. När riktlinjerna för examensarbetet skulle bestämmas visade Banverket intresse för en studie som inkluderade hela den samlade trafikbilden på sträckan Almedal-Mölndal. Denna uppgift bedömdes dock som för omfattande för att rymmas inom ramen för exjobbet. Uppgiften är stor nog för att utgöra en separat studie i framtiden. Istället har modellen byggts med hög standard för spårlösningar i Almedal och Mölndal för att i möjligaste mån undvika korsande tågvägar. På så sätt undviks att dessa knutpunkter blir dimensionerande för trafiken.

#### 6.3.1 Västlänken

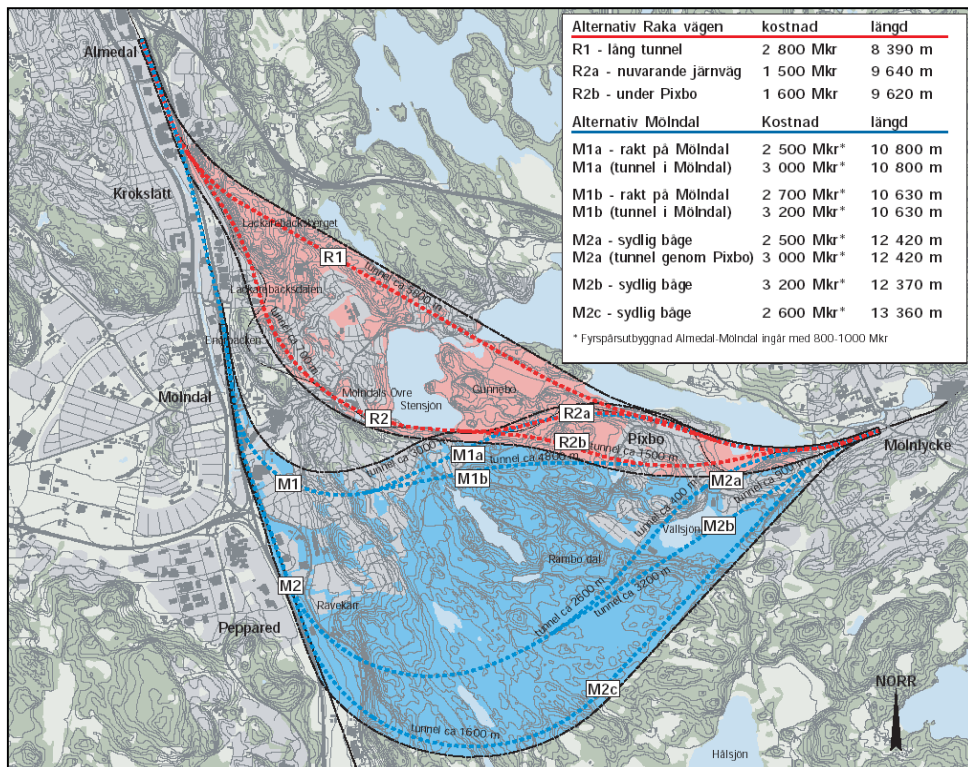
För etapp Västlänken har modellen byggts efter alternativ 2 som innebär nya stationslägen vid Korsvägen och Haga/Rosenlund. Valet är baserat på förstudiens utredningsmaterial om befolkningstäthet och trafikströmmar vid dessa stationslägen, samt på den beräknade kostnaden för att anlägga tunnel längs denna sträckning. I Västlänken förutsätts en största tillåtna hastighet på 80 km/h och maximalt 25 promilles lutning. Tunneln är avsedd för trafik med regionaltåg som kommer att stanna vid Haga, Korsvägen och eventuellt vid en ny station i Almedal, strax söder om tunnelns mynning. Även storregional trafik från Jönköping antas kunna gå genom Västlänken. Höghastighetstågen antas dock även i försättningen gå genom Gårdatunneln, i syfte att minska trafikbelastningen på Västlänken och dessutom minimera restiden.

#### 6.3.2 Almedal-Mölnlycke

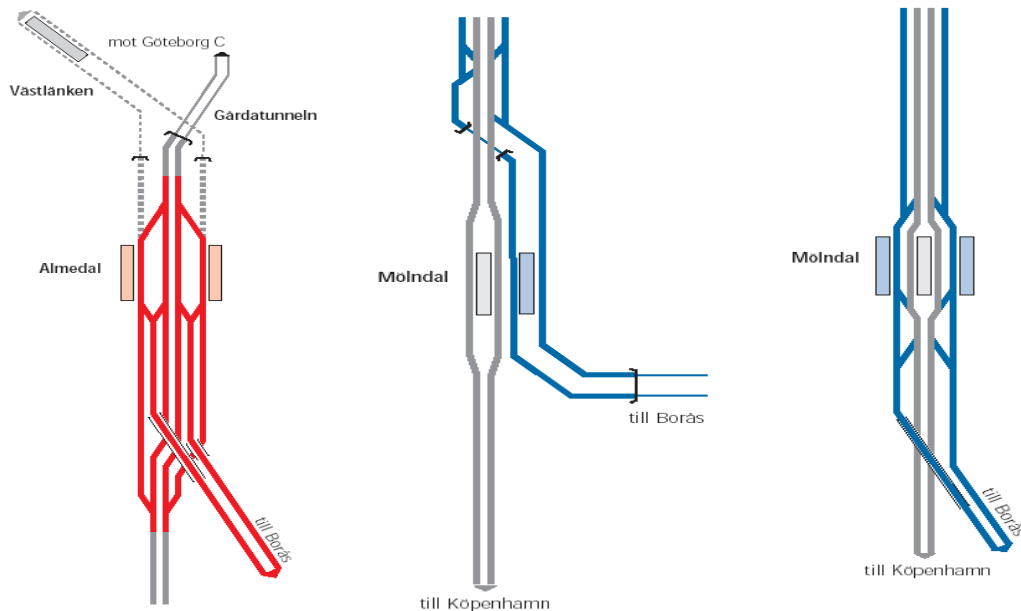
För sträckan Almedal-Mölnlycke är modellen i *alternativ Raka vägen* byggd längs den förslagna sträckningen R2b i fig. 6.1. R2-alternativen har en något längre sträckning än R1 och dessutom kurvor med radier ned mot 1750 m, vilket begränsar hastigheten, men kostnaden är betydligt lägre än för R1. R2b anses med tanke på miljöpåverkan och ingreppet i landskapsbilden som en mer trolig sträckning än R2a.

I *alternativ Mölndal* har M1a modellerats. Alternativet innebär att järnvägen avviker redan vid Mölndals Bro från Västkustbanan och går sedan i tunnel upp mot Pixbo och i ytsträckning eller tunnel mot Mölnlycke. M1b innefattar en sammanhängande tunnel på 4 800 meter längs nästan hela sträckan mellan Mölndal och Mölnlycke och är därmed dyrare att genomföra. Alternativ M2 innebär en längre sträckning där Kust till kustbanan avviker från Västkustbanan söder om Mölndals Nedre. Alternativ M2 har inte tagits emot väl hos remissinstanserna på grund av längre restider för den regionala trafiken och stora ingrepp i bebyggelse och värdefulla naturområden.





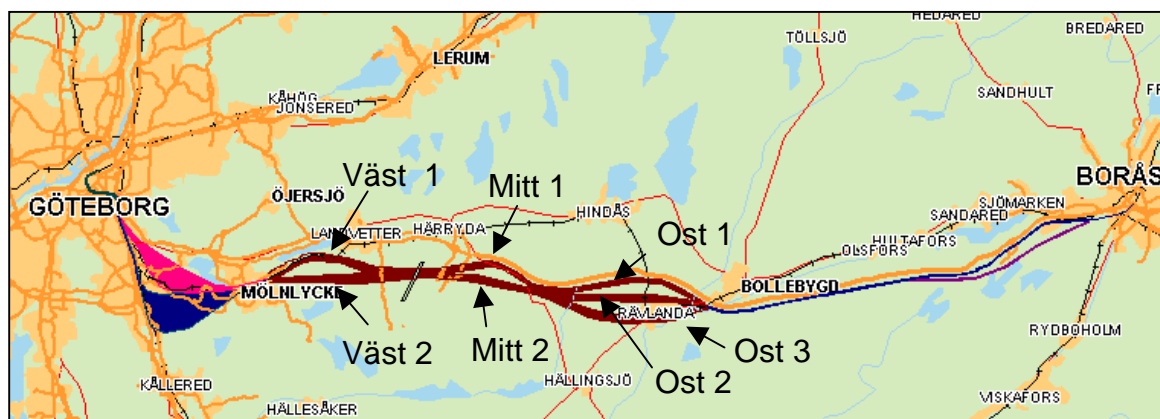
**Fig 6.1** Alternativa dragningar mellan Almedal och Mölnlycke med redovisad spårlängd och beräknad byggkostnad för varje korridor. Modellen har för *alternativ Mölndal* byggts enligt alternativ M1a som ansluter till R2a halvvägs upp mot Mölnlycke. *Källa: Banverket*



**Fig 6.2** Skiss över Väst kustbanans sammankoppling med Götalandsbanan. Med *alternativ Raka vägen* förutsätts att regionaltågen från Götalandsbanan kan separeras helt från snabbtågen på Väst kustbanan. Med alternativen över Mölndal integreras Götalandsbanan med Väst kustbanan som byggs om till fyrspar mellan Almedal och Mölndal, I *alternativ Mölndal 1* passerar alla tåg på Götalandsbanan Mölndals Nedre på samma spår. I *alternativ Mölndal 2* kan tågen sorteras söder om stationen vilket medför att regionaltåg och höghastighetståg som ska in på Götalandsbanan kan trafikera olika spår från Göteborg Central och ända fram till Mölndals Nedre. *Källa: Banverket*

### 6.3.3 Mölnlycke - Bollebygd

Sträckan Mölnlycke-Bollebygd, med ett nytt stationsläge under Landvetter flygplats, är den etapp som har kommit längst i utredningsprocessen. Banverket presenterade en järnvägsutredning för sträckan i april 2003. I utredningen delas sträckan in i tre delar; Väst, Mitt och Ost. Banverket presenterar två alternativa korridorer för vardera alternativen väst och mitt, samt tre korridorer för ost.



**Fig 6.3** Alternativa korridorer mellan Mölnlycke och Bollebygd enligt järnvägsutredningen. Vald korridor i modellen går kortast möjliga väg på sträckan väster om Landvetter flygplats och längs motorvägen öster om flygplatsen. *Källa: Banverket*

Väst 1 innebär en sträckning längs Landvettersjön, medan Väst 2 ger en rakare sträckning i riktning mot flygplatsen. Mitt 1 och Ost 1 följer Motorvägskorridoren medan Mitt 2 och Ost 2 går genom ny terräng mer rakt på Kråktorps som ligger mellan Rävlanda och Bollebygd. Där ansluts alternativen och den nya banan till befintlig järnväg in mot Bollebygd station. Alternativ Ost 3 innebär en sydligare sträckning rakt mot Rävlanda. Därifrån följer banan den nuvarande sträckningen. Detta alternativ innebär att Rävlanda och Bollebygd kan behålla sina stationslägen och att den genomgående trafiken måste ta hänsyn till att tåget passerar genom tätbebyggda områden. I alternativen Ost 1 och Ost 2 får Rävlanda och Bollebygd istället dela på ett gemensamt stationsläge som enligt utredningen bör hamna i Kråktorps.

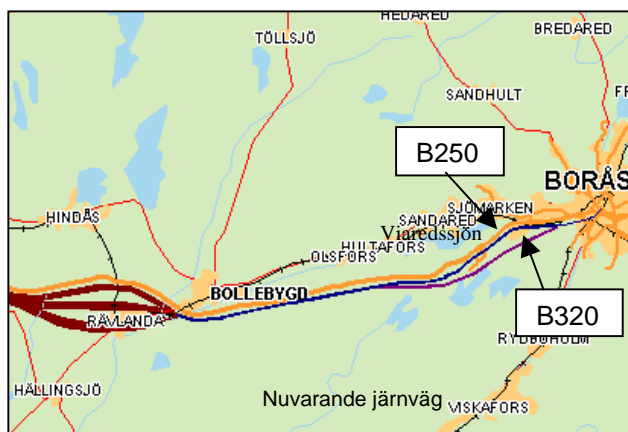
Modellen har avbildats enligt kombinationen Väst 2, Mitt 1 och Ost 1, främst beroende på miljöhänsyn och på reaktionerna från Banverkets remissinstanser. I järnvägsutredningen presenteras alternativ Ost 3 som ett val där regionaltågtrafiken skulle prioriteras framför genomgående höghastighetståg. De boende i Rävlanda och Bollebygd skulle få samma närhet till stationerna som idag. När remissvaren från järnvägsutredningen strömmade in till Banverket visade det sig att i princip ingen ville att Ost 3 skulle väljas.

### 6.3.4 Bollebygd - Borås

Den sista delsträckan för det nya dubbelspåret är sträckan mellan Bollebygd och Borås. För denna sträcka har utredningsarbetet precis påbörjats. När arbetet påbörjades med att bygga upp en modell av banan i RailSys fanns det ännu inga föreslagna korridorer presenterade mellan Bollebygd och Borås. Modellen baseras istället på tidigare utredningsarbete för Götalandsbanan samt på egna antaganden. I Banverkets egna gångtidsberäkningar för Götalandsbanan användes en enklare förstudie genomförd 1989

av Scandiakonsult. I den förslås en sträckning som i stort sett följer motorvägen mellan Bollebygd och Borås. Tack vare att motorvägen är byggd med stora radier går det att anlägga en järnväg med radier upp till 4000 m utan att tappa kontakten med motorvägen. Det skulle innebära att största tillåtna hastighet på sträckan sätts till 250 km/h. I Borås dras spåret in till befintligt stationsläge men den nuvarande kröken på 180 grader byggs bort så att tågen från Göteborg kommer in från väster.

Eftersom motorvägskorridoren har en geometri som gör det möjligt att anlägga järnvägen alldeles intill, har denna linjedragning antagits som rimlig. Även anslutningen i Borås har modellerats enligt Scandiakonsults förslag med stationen på samma plats som idag. Under arbetets gång har nytt utredningsmaterial blivit tillgängligt med förslag till alternativa linjedragningar i den kommande förstudien. En av de föreslagna linjerna går mycket riktigt längs motorvägen. För att hålla sig inom samma korridor som motorvägen måste dock hastigheten begränsas till 250 km/h. För att uppnå högre hastigheter måste järnvägen avvika från motorvägen på en 12 km lång sträcka in mot Borås. I modellen görs ingen åtskillnad mellan linjerna bortsett från hastigheten. De är av samma längd och banprofilen antas vara likvärdig för de båda linjerna.



**Fig 6.4** Antagen järnvägssträckning mellan Bollebygd och Borås. B250 följer motorvägen rv40. B320 går i en sydligare sträckning in mot Borås.

## 6.4 Signalsystemets uppbyggnad

I RailSys finns förprogrammerade signalsystem som följer principerna för tyskt ATC<sup>20</sup>, där kommunikationen mellan bansystem och lok sker kontinuerligt. Det går även att välja danskt ATC som liksom det svenska har punktvis överföring genom baliser. I denna studie har signalsystemet byggts efter det tyska ATC-systemet eftersom den kapacitet som ges i praktiken skiljer sig mycket lite från det aktuella svenska systemet ATC-2. Det viktigaste i sammanhanget är att i tyskt ATC är banans kapacitet inte begränsad till att blocksträckan måste ha ett minivstånd för att bakomvarande tåg ska hinna få information och tid att bromsa. Därför antas att Götalandsbanan byggs med ett signalsystem som har motsvarande egenskap. Det innebär att den exakta signalplaceringen, liksom blocksträckornas längd, inte har en avgörande betydelse för banans kapacitet. Däremot har fortfarande mycket långa blocksträckor betydelse för kapaciteten eftersom varje tåg då upptar en större tidslucka på banan. Detta gäller särskilt kring stationslägen där hastigheten är låg. Götalandsbanan har därför modellerats med blocksträckor vars längd är ca 2000 meter på linjeavsnitt och ca 500 - 1000 meter i närheten av och genom stationerna.

<sup>20</sup> ATC står för Automatic Traffic Control och är ett säkerhetssystem som reglerar säkerhetsavståndet mellan tågen. Tågen kommunicerar med ATC-systemet via radiolänk och talar då om sin position. ATC-systemet ger information till föraren om hastighetsändringar längre fram. Om föraren inte gensvarar i tid på en uppmaning från ATC att sänka hastigheten tar systemet över och bromsar tåget automatiskt.

## 6.5 Ytterligare kommentarer till modellen

### 6.5.1 Sortering av tåg i Almedal och Mölndal

Det finns några detaljer i modellen som bör kommenteras. Anslutningen av *alternativ Raka vägen* till Västkustbanan har modellerats enligt en principskiss hämtad från förstudien. Med spårläggning enligt skissen blir det i praktiken en kort sträcka med sex spår in mot Almedal. Med detta spårssystem löser man problemet med korsande spårvägar med tåg från Västkustbanan. I *alternativ Mölndal* är denna spårlösning inte möjlig av utrymmesskäl. Om *alternativ Mölndal* byggs enligt M1 måste tågen sorteras innan södergående tåg anländer till Mölndals Nedre. På stationen är banorna därmed redan separerade med varsin plattform, vilket innebär att regionaltågen ankommer till samma spår som genomgående höghastighetståg på Götalandsbanan. Den nya fyrsparsträckan på Västkustbanan mellan Almedal och Mölndal blir därmed i realiteten betydligt kortare; från Almedal till den punkt där tågen sorteras ca en kilometer norr om Mölndals Nedre.

### 6.5.2 Hastighetsbegränsningar i samband med stationslägen

Enligt järnvägsutredningen för Mölnlycke-Bollebygd är hastigheten genom Mölnlycke begränsad till 200 km/h. Strax öster om Mölnlycke, i skarven där förstudien för Almedal-Mölnlycke ansluter till järnvägsutredningen, finns en kurva med radien 1 000 meter. Därför har största tillåtna hastighet genom Mölnlycke begränsats till 160 km/h i modellen.

Hastigheten genom Landvettertunneln är begränsad till 200 km/h. Hastighetsbegränsningen beror på stationsläget inne i tunneln. När ett tåg kör in i en tunnel i hög fart skapas en tryckvåg som transporteras framför tåget. När tåget närmar sig perrongen i hög fart riskerar resenärer som befinner sig på perrongen att blåsa omkull eller på annat sätt negativt påverkas av tryckvågen. I den för några år sedan invigda Arlandatunneln visade det sig att människor på perrongen inledningsvis stördes av tryckvågor, trots att alla tåg stannade vid perrongen. Därför sänktes största tillåtna hastighet genom tunneln från 200 km/h till 100 km/h. Vid Stockholm Södra passerar genomgående tåg vid perrong med 80 km/h och anses därmed inte utgöra någon fara för resenärer på perrongen. I Gårdatunneln i Göteborg finns ett stationsläge med genomgående tåg, Liseberg, där hastigheten är begränsad till 105 km/h. På denna station har en genomskinlig skyddsvägg monterats med dörrar någon meter från perrongkanten. När genomgående tåg passerar hålls dörrarna stängda.

På stationen vid Landvetter flygplats har Banverket i järnvägsutredningen föreslagit att perrongen avskiljs från spårområdet med en välvd glaskonstruktion.<sup>21</sup> Enligt presenterad skiss i utredningen är avståndet mellan glasvägg och kant ca två meter. Om stationsläget byggs med två spår förbi stationen innebär det att regionaltågen kommer att göra stopp på huvudspåret och att höghastighetstågen kommer att passera mycket nära glasväggen med tanke på hastigheten. Den hastighet som Banverket nu planerar efter är en uppskattning av vad som antas bli möjligt med den framtida utformningen. Det har alltså stor betydelse både för tågföringen och för säkerheten att stationen på Landvetter flygplats utformas på bästa möjliga sätt.

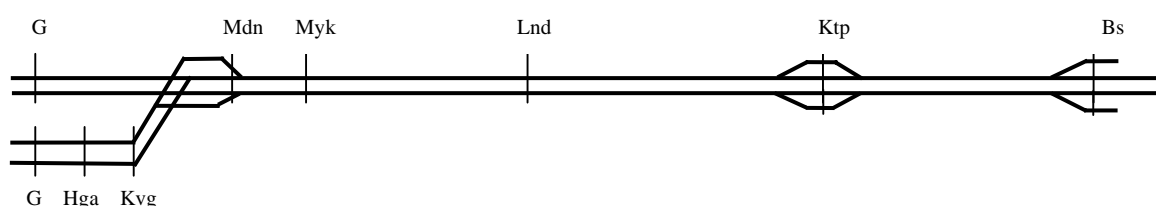
---

<sup>21</sup> Banverket, *Järnvägsutredning för Kust till Kustbanan delen Mölnlycke-Rävlanda/Bollebygd* s.45

Inne i tunneln under Landvetter flygplats, öster om stationen, har ett vändspår byggts i modellen, avsett för en eventuell flygpendel mellan Göteborg och Landvetter flygplats.

### 6.5.3 Stationsutformning i Kråktorps

Nedan visas en principskiss för infrastrukturens uppbyggnad i modellen för alla varianter utan partiellt fyrspar. Som skissen visar har dock en kort fyrsparsträcka lagts runt stationen i Kråktorps. Det används inte för förbigång utan för att skapa en skyddszon mellan väntande resenärer på perrongen och genomgående tåg. För att höghastighetstågen ska kunna nå hastigheter över 300 km/h mellan tunneln under Landvetter flygplats och Borås är det ytterst väsentligt att hastigheten genom Kråktorps blir så hög som möjligt. Enligt TSD<sup>22</sup> är den största tillåtna hastigheten som ett tåg får hålla förbi perrong 250 km/h.



**Fig 6.5** Infrastrukturens principiella utformning i modellen. De två yttersta spåren i Borås är regionaltågens stationsspår, vändning i Borås är inte simulerat. De mellersta spåren fortsätter mot Jönköping. De nedre spåren i Göteborg är Västlänken. I praktiken hamnar tågets underjordiska slutstation rakt under Göteborg Central. Spåren på Västlänken fortsätter också vidare och ansluter till stationsområdet ovan jord.

G = Göteborg  
Hga = Haga  
Kvg = Korsvägen  
Mdn = Mölndals Nedre  
Myk = Mölnlycke  
Lnd = Landvetter  
Ktp = Kråktorps  
Bs = Borås

### 6.5.4 Validering av modellen

När infrastrukturmodellen var färdigställd och stod klar att använda gjordes ett antal testkörningar med olika tågtyper för att se om modellens gångtider stämde överens med Banverkets egna gångtidsberäkningar. Det visade sig att gångtiderna i modellen redan från början skiljde bara nämnvärt litet från Banverkets beräkningar varefter modellen kunde klassas som valid.

<sup>22</sup> TSD – Teknisk Specifikation för Driftskompatibilitet, EUs direktiv för det Europeiska höghastighetsnätet.



## 7 Steg 2 Tidtabellsläggning

För att kunna bygga upp en tidtabell i RailSys måste tågen som ska ingå definieras. RailSys behöver veta tågets totala längd, vikt, accelerationskurva, bromsningsförmåga, gångmotstånd och dess maximala hastighet. I denna modell har tågtyper använts som definierats i samband med utförd trafikanalys i projektet Ostlänken. Eftersom Ostlänken är en del av Götalandsbanan finns det en poäng i att samma tågtyper används i de båda simuleringsprojekten.

### 7.1 Val av tågtyper

Modellen utnyttjar i huvudsak tre tågtyper, samtliga är motorvagnståg. För höghastighetståg utnyttjas ett B250-tåg eller alternativt B320-tåg i scenarion med högre hastigheter. För regionalstågen utnyttjas ett B200-tåg, vars fysiska mått motsvarar dagens Reginatåg men som getts högre effekt och bättre bromsförmåga. Intercitystågen antas trafikera med ett B220-tåg. I de trafikanalyser för Ostlänken som Järnvägsgruppen har genomfört åt Banverket har intercitytåget simulerats med högre prestanda, ett B250-tåg med bättre acceleration. Intercitytåget i denna studie är ett tåg som ingår i ett trafikupplägg mellan Jönköping och Uddevalla via Västlänken. Oavsett hur intercitytrafiken utformas, sammanfogat eller separerat, kan det mycket väl bli aktuellt med något snabbare storregional tågtrafik än vad som har förutsatts i denna studie. Valet tros däremot inte kunna påverka resultaten i simuleringarna eftersom resultaten i första hand av styrs regionalstågens och höghastighetstågens prestanda. Beteckningen B250 betyder att tåget har boggiar av typen ”mjuka boggiar” som har förmåga att följa kurvor med hjulaxlarna ständigt vinkelräta mot rälen, s.k. radialstyrning. Med mjuka boggiar får ett tåg köra med maximalt 10 % högre hastighet än linjehastighet. Ett B250-tåg kan dock framföras i högst 250 km/h även om banan tillåter högre hastigheter.

#### 7.1.1 Framtida standard för höghastighetståg

Banverket arbetar för närvarande med att ta fram ett utredningsprogram för hur stambanorna kan uppgraderas till högre hastigheter än 200 km/h. I ett PM för utredningsprogrammet framgår att en förutsättning för uppgraderingen är att trafikutövarna för höghastighetstågtrafik även i fortsättningen investerar i fordon med korglutning, s.k. S-tåg.<sup>23</sup> I annat fall är det inte realistiskt att uppnå 250 km/h på stora delar av de upprustade stambanorna. Med S-tåg är en överhastighet på 30 % tillåten. I simuleringen utnyttjas ändå enbart B-tåg. Eftersom modellen endast innefattar en helt ny bana med relativt stora kurvradier jämfört med det övriga svenska spårsystemet, är gångtidsskillnaden mot ett S-tåg ytterst liten.

Det franska TGV-tåget som innehar hastighetsrekordet på järnväg med 515,3 km/h är av typen A-tåg och tillåter ingen överhastighet i kurvor. Det kompenseras med att höghastighetsbanorna i Frankrike är byggda med högre rälsförhöjning på ytterrälen. På så sätt minskar kravet på mycket stora kurvradier. I Tyskland är höghastighetstågen i regel B-tåg men S-tåg utnyttjas i flera fall när äldre banor uppgraderas för högre hastigheter. X2000-tågen i Sverige är ett exempel på detta, ett annat är ICE-T tågen som trafikerar Hamburg – Berlin på en upprustad bana med största tillåtna hastighet 230 km/h.<sup>24</sup>

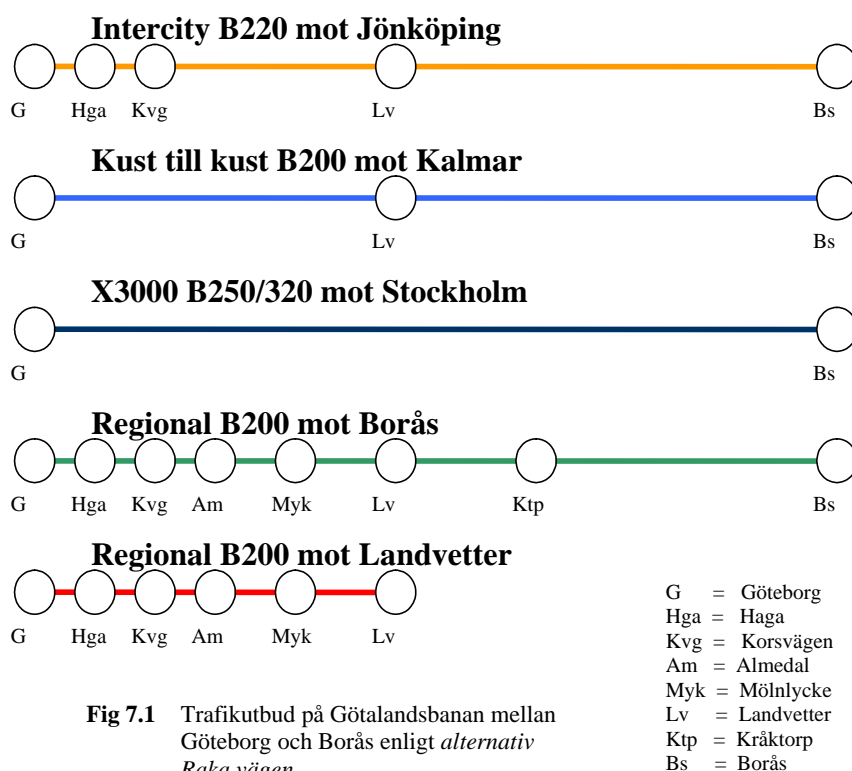
<sup>23</sup> Banverket, *PM Utredningsprogram: Persontrafik i högre hastigheter än 200 km/h* (2004)

<sup>24</sup> Eisenbahntechnische Rundschau, ETR, *Tempo 230 zwischen Hamburg und Berlin* (dec 2004)

## 7.2 Upprättad trafikplan

### 7.2.1 Alternativ Raka vägen

De valda tågtyperna har nyttjats för att i samråd med Banverket skapa ett realistiskt framtida trafikutbud. Utbudet enligt *alternativ Raka vägen* presenteras i fig. 7.1. Enligt detta utbud ska höghastighetstågen gå hela sträckan Göteborg-Borås utan stopp och därmed inte stanna för passagerarutbyte vid Landvetter flygplats. Höghastighetstågen är tillsammans med kust-till-kusttågen mot Alvesta, de enda tåg i detta utbud som kommer att gå genom Gårdatunneln. Alla övriga tåg går genom Västlänken. Intercitytågen mot Jönköping gör därför fyra stopp på sträckan och regionaltågen gör sju stopp.



**Fig 7.1** Trafikutbud på Götalandsbanan mellan Göteborg och Borås enligt *alternativ Raka vägen*

Intercitytåget är anpassat för storregional tågtrafik till Jönköping. Eventuellt fortsätter det hela vägen till Stockholm. Flygpendeln är en förkortad variant av regionaltågen och gör stopp på samma platser mellan Göteborg och flygplatsen. X3000 är ett eget valt namn för det nya höghastighetståget mellan Göteborg och Stockholm.

### 7.2.2 Alternativ Mölndal

Utbudet med *alternativ Mölndal* blir precis samma, men med undantaget att stoppet för regionaltåg i Almedal flyttas till Mölndals Nedre. Ur kapacitetssynpunkt kan det ha stor betydelse eftersom stationsläget i Almedal är en del av Västlänken. Ett extra stopp där har därför ingen inverkan på höghastighetstågen från Gårdatunneln. Med ett stopp vid Mölndals Nedre får man ytterligare ett stopp för regionaltåget på den del av banan som är gemensam med höghastighetstågen. Därmed ökar skillnaden i gångtid vilket i sin tur påverkar den kapacitet som går att få ut av banan.



Antalet stopp som regionaltåget gör på Götalandsbanan har mycket stor betydelse för kapaciteten. Varje stopp innebär ett tidstillägg på två till fyra minuter som gör att regionaltågen kräver större utrymme i tidtabellen. På samma sätt gäller att om höghastighetstågen ska gå direkt utan stopp så påverkar också det att skillnaden i gångtid blir större. Det kan därför vara så att kapaciteten går att öka om höghastighetstågen gör stopp vid Landvetter. Alternativt läggs en tidtabell med hög turtäthet men där höghastighetstågen tvingas sänka hastigheten in mot Göteborg för att inte köra ifatt regionaltågen. I ett sådant läge faller det sig naturligt att istället lägga in ett stopp för höghastighetstågen vid flygplatsen eftersom det i praktiken inte innebär någon tidsförlust. Lämpligen gäller detta stopp endast påstigande och avstigande till och från Borås, Jönköping och längre österut.

## 7.3 Trafikupplägg

### 7.3.1 Halvtimmestrafik

Banverket har presenterat ett antal förslag på turtäthet för det föreslagna tågtrafikupplägget. Dessa har använts i simuleringen för att kunna sammanställa en tidtabell för trafiken under morgontimmarna som är de mest belastade trafiktimmarna. Först skapades ett basutbud som beskriver trafikutbudet under den mest belastade timmen enligt ett minimikrav för vad systemet ska klara av.

Under högtrafik trafikeras Götalandsbanan av åtta tåg i varje riktning, varav sex tåg går hela vägen till Borås och två tåg vänder i Landvetter. Det innebär att varannan avgång med regionaltåg från Göteborg vänder vid Landvetter flygplats och varannan fortsätter till Borås. På så sätt skapas kvartstrafik till Landvetter och halvtimmestrafik till Borås. Dessutom går det ett intercitytåg varje timme och ett kust-till-kusttåg varannan timme som också utnyttjas som snabbpendel mellan Göteborg och Borås. Ett av höghastighetstågen på Götalandsbanan gör stopp i Borås, det andra är ett direkttåg till Stockholm som endast trafikerar under högtrafik.

### 7.3.2 Principiell tidtabell vid halvtimmestrafik

En schematisk tidtabell skapades som presenterar principen för hur trafiken är ordnad vid halvtimmestrafik. Tidtabellen är uppbyggd så att två tåg avgår samtidigt varje kvart från Göteborg Central, den ena från dagens station ovan jord och den andra från den underjordiska stationen på Västlänken. Gångtiden fram till Almedal blir några minuter längre för tågen på Västlänken, vilket innebär att tåget genom Gårdatunneln hinner passera förbi Almedal innan tåget på Västlänken hinner dit.

Det är till och med så att ett tåg som avgår från Centralstationen kan avgå upp till tre minuter efter ett tåg som avgår från Västlänken och ändå hinna före till sammanfogningen i Almedal. Höghastighetstågen tidtabelläggs direkt efter flygpendeln. När flygpendeln har kört in på vändspåret under Landvetter flygplats kan höghastighetståget passera och utnyttja den tidslucka som flygpendeln skulle ha behövt om den hade fortsatt till Borås. Regionaltåget till Borås läggs istället en kvart före intercitytåget/kust-till-kusttåget som inte hinner köra ikapp regionaltåget. Denna trafikering är alltså uppbyggd enligt principen att höghastighetståg och Intercitytåg ska avgå med jämna intervall från Göteborg.

Göteborg-Borås		M-F	M-F	M-F	M-F	M-F	M-F	M-F	M-F
		X3000	Reg	IC	Flygp	X3000	Reg	KtK	Flygp
fr	Göteborg C	07:59	08:00	08:11	08:15	08:29	08:30	08:44	08:45
fr	Haga		08:03	08:14	08:18		08:33		08:48
fr	Korsvägen		08:06	08:17	08:21		08:36		08:51
fr	Mölnbalds Nedre		08:11		08:26		08:41		08:56
fr	Mölnycke		08:16		08:31		08:46		09:01
t	Landvetter		08:21	08:27	08:36		08:51	08:57	09:06
fr	Landvetter		08:22	08:29			08:52	08:59	
fr	Kråkorp		08:29				08:59		
t	Borås	08:23	08:40	08:45		08:51	09:10	09:15	

Fig 7.2 Tidtabell under högtrafik för alternativ Mölnbald 250 km/h, halvtimmestrafik

Om trafiken istället byggs upp med Stockholm C som utgångspunkt finns fortfarande möjligheten att kombinera trafiken, men då går det inte längre att upprätthålla en styv tidtabell med jämna intervall för både flygpendeln och regionaltåget till Borås. För ett av dessa tåg måste en avgång tidigareläggas så att det inte hamnar i konflikt med höghastighetståget.

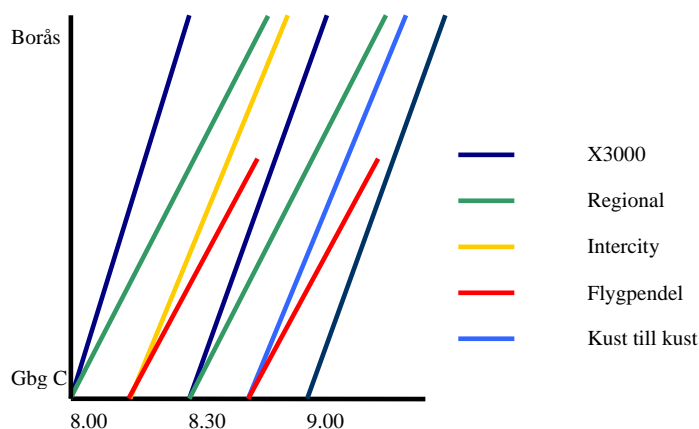


Fig 7.3 Principitidtabell Göteborg-Borås vid halvtimmestrafik

### 7.3.3 Kvartstrafik och udda kvartstrafik

Efter inkommen synpunkt från avdelningen *Strategisk planering* på Banverket lades även en tidtabell med s.k. udda kvartstrafik vilket uppnås om en flygpendel varje timme förlängs till Borås<sup>25</sup>. Förlängningen har lagts på det flygpendeltåg som avgår en kvart före det höghastighetståg som stannar i Borås. Kappkörningseffekten blir något mindre för detta tåg än för X3000-tåg som inte stannar i Borås.

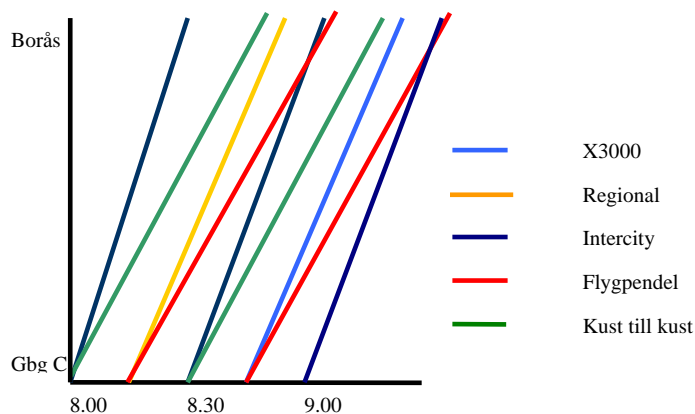


Fig 7.4 Principitidtabell Göteborg-Borås vid kvartstrafik. Flygpendeln förlängs till Borås

Det gjordes även försök med kvartstrafik för regionaltågen till Borås. Kvartstrafik hela vägen har sedan använts konsekvent i de senare utredningsalternativen. Utan förbigångsspår kommer höghastighetstågen dock att köra ikapp regionaltågen till Borås både vid kvartstrafik och vid udda kvartstrafik. Konflikten går att lösa om ett tidstillägg på höghastighetstågen kan accepteras.

<sup>25</sup> Udda kvartstrafik är när tågen avgår med 15 minuters mellanrum med undantag av en avgång varje timme då avgången helt uteblir. Ett annat uttryck är ojämn kvartstrafik.

## 7.4 Tidtabell under högtrafik

När principen för trafikering var fastställd kunde tidtabeller för simuleringen konstrueras. För vart och ett av trafikeringalternativen har fyra infrastrukturalternativ simulerats, med spårläggning antingen enligt *alternativ Raka vägen* eller enligt *alternativ Mölndal* och med en största tillåtna hastighet på antingen 250 km/h eller 320 km/h.

### 7.4.1 Tidstillägg

Tidtabellen användes sedan för att utföra kapacitetsanalys med hjälp av simuleringsmodellen. Vid verklig tidtabellsläggning på Banverket finns en hel uppsättning tidstillägg som t.ex. uppehållstillägg och särskilda tillägg vid ankomst till hårt belastade stationer. När kapacitetsanalys genomförs i RailSys är syftet att simuleringen ska tydliggöra vilka delar som främst begränsar kapaciteten och var förseningar uppstår. Om simuleringen genomförs med nu gällande tidstillägg finns risken att flaskhalsar inte upptäcks, eftersom förseningarna undviks på grund av tidstilläggen. Därför har Järnvägsgruppen på KTH haft relativt små tidstillägg i sina kapacitetsanalyser i RailSys.

I detta projekt har ett tidstillägg på 3 % lagts till på gångtiderna, samma tid som tidigare har använts för kapacitetsanalyserna för Ostlänken. Tidtabellerna i den analysen har sedan ändrats till ett tidstillägg på 18 sekunder per mil vilket motsvarar tidstillägget i Banverkets prognostidtabeller. Vid en hastighet på 200 km/h motsvarar det ett tidstillägg på totalt 10 %. Vid 320 km/h motsvarar det ett tidstillägg på så mycket som 16 %. Det skulle innebära att höghastighetstågen på Götalandsbanan skulle ges ett tidstillägg mellan Stockholm och Göteborg på ca 15 minuter vilket är betydligt mer än det verkliga tillägget för den för närvarande snabbaste förbindelsen mellan Stockholm och Göteborg. Vad än tillägget till slut blir på Götalandsbanan så kommer den framtida tidtabellen troligtvis ha något längre restider än de som räknades fram av RailSys i simuleringen.

### 7.4.2 Tidtabellen genereras i RailSys

Tidtabellen i exemplet ovan har arbetats fram med hjälp av det grafiska användargränssnittet i RailSys simuleringsmodul. Efter att tågtyp, avgångstid, uppehållsstationer och turtäthet har valts plottar programmet automatiskt ut en grafisk tidtabell i form av ett linjediagram. RailSys kan också sätta ut rektanglar kring linjen som markerar under vilken tid som varje enskild blocksträcka är belagd. Med hjälp av den informationen kan sedan avgångarna justeras så att beläggningen blir så jämn som möjligt över tiden.

### 7.4.3 Halvtimmestrafik

Tidtabellsläggningen visade att det går att upprätta ett trafikupplägg med halvtimmestrafik i enlighet med principskissen i fig. 7.3, utan att något av tågen hamnar i kö. Tidsmarginalen är satt till minst en minut i modellen, d.v.s. att om tågen håller tidtabellen finns det en tidslucka på minst en minut från det att beläggningen försvinner på en blocksträcka till dess att den beläggs igen. Tidsavståndet på linjen mellan två passerande tåg är minst tre minuter.

#### 7.4.4 Kvantstrafik och udda kvantstrafik

I försöken med kvantstrafik och udda kvantstrafik bildas en kö bakom regionaltågen som främst berör höghastighetstågen. För att åstadkomma denna turtäthet måste tidtabelläggen acceptera ett tidstillägg för höghastighetstågen. I denna studie uppgick träningsellägget till ca en minut i *alternativ Raka vägen* och till mellan tre och fyra minuter för *alternativ Mölndal*. Att tillägget blir högre i *alternativ Mölndal* beror på att man får ytterligare ett stopp på huvudspår och därmed får en ökad konflikt med höghastighetstågen. Kappkörningseffekten är alltså högre.

Genom att stoppet på station Kallebäck i *alternativ Raka vägen* inte berör snabbtågtrafiken utan bara trafiken på Västlänken blir det i praktiken ett stopp mindre på Götalandsbanan i detta alternativ. Det extra stoppet i Mölndal får till följd att höghastighetstågen måste avgå några minuter tidigare från Göteborg för att inte hamna i konflikt i Almedal med det regionaltåg som kommer från Västlänken. När höghastighetståget en kvart senare närmar sig Borås hamnar det i kö bakom det föregående regionaltåget.

#### 7.4.5 Kappkörningseffekter

Kappkörningseffekten är i det här fallet detsamma som skillnaden i gångtid mellan regionaltåg och efterföljande höghastighetståg på den del av banan som tågen kör på samma spår: I *alternativ Raka vägen* trafikerar alla tåg på samma mellan Almedal och Borås, i *alternativ Mölndal* är spåret gemensamt mellan Mölndals Nedre och Borås. Ett försök till klagörande ges i följande exempel hämtat från tidtabellslagningen i RailSys:

I *alternativ Raka vägen* 250 km/h utgår regionaltågen från Västlänken under Göteborg Central. Åtta minuter senare har tåget lämnat stationen i Almedal och växlas in på Götalandsbanan. Efter 37 minuter är regionaltåget framme vid Borås stationsområde och lämnar huvudspåret fritt till förmån för genomgående trafik. Regionaltågets gångtid på huvudspåret är alltså 29 minuter. Ett höghastighetståg i samma tidtabell avgår från Centralstationen. Det kommer till Almedal efter fyra minuter och till Borås efter 22 minuter. Gångtiden på konkurrerande huvudspår är 18 minuter. Differensen mellan regionaltågets och höghastighetstågets gångtider på gemensamt spår är därmed 11 minuter. För att regionaltågen ska kunna gå med 15 minuters mellanrum krävs att gångtidsskillnaden plus en marginal på minst 5 minuter<sup>26</sup> gemensamt inte överstiger 15 minuter. I det här fallet blir summan 16 minuter, alltså är kappkörningseffekten för hög för att tidtabellen ska kunna läggas utan ett extra tidstillägg för höghastighetstågen för att undvika konflikt.

I *alternativ Mölndal* 250 km/h stannar inte regionaltågen i Almedal. Gångtiden från Centralstationen till anslutningspunkten med Götalandsbanan, en kilometer norr om Mölndals Nedre är åtta minuter, d.v.s. samma gångtid som i *Raka vägen* trots att sträckan är ett par kilometer längre. Efter 39 minuter anländer tåget till Borås. Regionaltågets gångtid på huvudspåret är därmed 31 minuter. De tar alltså två minuter längre tid för regionaltåget att gå via Mölndal och den extra tiden tillfaller sträckan på konkurrerande huvudspår. Höghastighetståget behöver drygt fyra minuter för att ta sig från Centralstationen till växeln mellan Almedal och Mölndals Nedre. Det anländer till stationsområdet i Borås efter 23 minuter. Höghastighetstågets gångtid på konkurrerande huvudspår är därmed 19 minuter. I *alternativ Mölndal* blir alltså skillnaden i gångtid 12 minuter, därmed är marginalen för liten

---

<sup>26</sup> Jansson, *Kapacitetsanalys av alternativt trafikeringsupplägg och utbyggnad av Mäljarbanan*, s. 25

för att regionaltågen ska kunna tidtabellsläggas med kvartstrafik. För att åstadkomma kvartstrafik måste höghastighetstågen beläggas med ett tidstillägg för att undvika konflikt med regionaltåget framför. Tillägget kommer att bli minst en minut högre för *alternativ Mölndal* än för *alternativ Raka vägen*. **Exemplet har därmed visat att under kvartstrafik leder *alternativ Mölndal* till större restidsförluster än *alternativ Raka vägen* eftersom kappkörningseffekten är högre.**

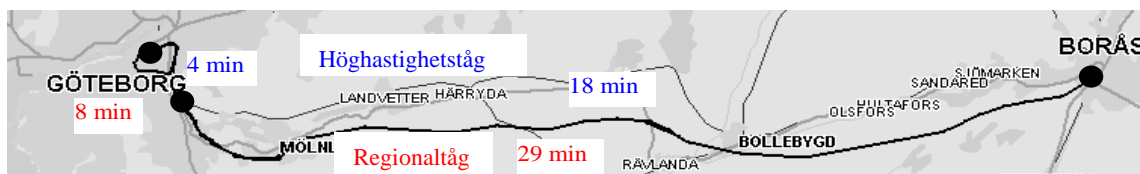


Fig. 7.5 Restider i *alternativ Raka vägen*. Restiden är uppdelad på en separerad och en gemensam sträcka för både höghastighetståg och regionaltåg. Restiderna är avrundade till närmsta minuttal.

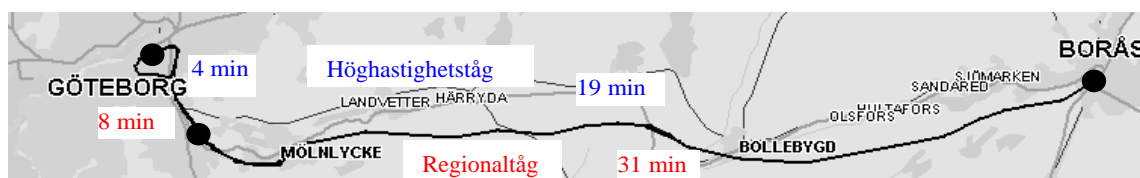


Fig. 7.6 Restider i *alternativ Mölndal*. Observera att restiderna på den separerade sträckan vid infarten till Göteborg är samma som i *Raka vägen*, efter avrundning till jämna minuttal, trots att sträckan är längre.

I *alternativ Raka vägen* 250 km/h var skillnaden i gångtid som minst. Därmed kan slutsatsen dras att samtliga varianter med kvartstrafik har för stor gångtidsskillnad mellan höghastighetståg och regionaltåg för att trafiken ska kunna samordnas utan att höghastighetstågen beläggs med tidstillägg för kappkörning.

I en framtida tidtabell för Götalandsbanan kan det tänkas att tillägget för kappkörning blir något större än i denna studie på grund av då gällande praxis för tidtabellsläggning. Om en tidtabell ska skapas enligt nuvarande praxis kommer tidstillägget bli större för regionaltåg än för höghastighetståg eftersom regionaltågen har ett särskilt tillägg för varje stopp. Därmed ökar kappkörningseffekten vilket leder till att ett större tillägg är nödvändigt för höghastighetstågen.

## 7.5 Sammanställning av resultaten från tidtabellsläggningen

Vi kan alltså dra slutsatsen att för *alternativ Mölndal* blir kappkörningseffekten betydligt större än för *alternativ Raka vägen* men bara om det inte går att sortera<sup>27</sup> tågen söder om station Mölndals Nedre. Om det vore möjligt skulle de fyra spåren mellan Almedal och Mölndal fungera som ett funktionellt fyrspar hela vägen ner till Mölndals Nedre. Då kan stationens fyra spår utnyttjas mer flexibelt, d.v.s. alla spår kan användas oavsett om tåget sen ska vidare på Götalandsbanan eller på Väst kustbanan. Denna slutsats presenterades på ett avrapporteringsmöte som ägde rum i november 2004. Det

<sup>27</sup> Med detta uttryck avses trafikledningens arbete att styra in varje tåg på rätt bana beroende på destination. En sorteringspunkt är således en anslutningspunkt mellan flera banor.

ledde till att Banverket uttryckte ett önskemål om att simuleringen även skulle omfatta ytterligare en korridor för Alt M där sortering kan ske söder om Mölndals Nedre. Korridoren finns presenterad i förstudien för Almedal-Mölnlycke som Alternativ M2. I enlighet med önskemålet utökades därmed studien med två nya varianter, *alternativ M2-250 km/h* och *alternativ M2-320 km/h*. Modellen kompletterades med en ny sydligare spårdragning i enlighet med den presenterade korridoren M2a i förstudien. Denna korridor är ett par kilometer längre än M1a, därmed blir gångtiden också något längre. Detta kompenseras med marginal av att höghastighetstågen kan avgå några minuter senare från Göteborg utan att behöva hamna i konflikt med regionaltåget i Mölndals Nedre.

### 7.5.1 Sammanställning av restider

Tidtabellsläggningen i RailSys visade att så länge regionaltågtrafiken begränsas till halvtimmestrafik kan tidtabellen kombineras så att inget tåg behöver hamna i kö in mot Göteborg. Samma förhållande gäller i motsatt riktning. Problemen uppstår istället när turtätheten höjs till kvartstrafik eller udda kvartstrafik. I det senare fallet berörs vartannat höghastighetståg som måste ges ett tidstillägg så att trafikflödet blir mer homogent. I kvartstrafik berörs alla höghastighetståg. I halvtimmestrafik beror höghastighetstågens restid främst på den nya banans längd och placering. Den kortaste restiden med höghastighetståg uppnås med *alternativ Raka vägen*. Om banan byggs via Mölndal ökas restiden med en minut och den ökar med ytterligare en halv minut om den byggs genom korridor M2a.

X3000 Borås	R- 250	R-320	M1-250	M1- 320	M2-250	M2-320
Gbg C	--	--	--	--	--	--
Myk	7.30	7.30	8.00	8.00	9.00	9.00
Lnd	10.30	10.30	11.30	11.30	12.00	12.00
Bs	22.30	21.00	23.30	22.00	24.00	22.30

Fig. 7.7 Restider i minuter till Borås: halvtimmestrafik

Om regionaltågen ska trafikera med kvartstrafik ökar restiden för höghastighetstågen p.g.a. tidstillägg för att undvika konflikt med framförvarande tåg. Tidstillägget är ungefär lika stort för *alternativ Raka vägen* som för *alternativ Mölndal 2*. Det blir något större då största tillåtna hastighet är 320 km/h, vilket innebär att man går miste om hela den tidsvinst som det innebär att bygga enligt den högre banstandarden mellan Göteborg och Borås. Med *alternativ Mölndal* är tidstillägget högst vilket får till följd att den totala restiden blir sämst i detta alternativ.

X3000 Borås	R- 250	R-320	M1-250	M1- 320	M2-250	M2-320
Gbg C	--	--	--	--	--	--
Myk	7.30	7.30	8.00	8.00	9.00	9.00
Lnd	10.30	10.30	12.00	11.30	12.00	12.00
Bs	23.00	23.00	26.00	26.00	24.30	24.30

Fig. 7.8 Restider i minuter till Borås: kvartstrafik

## 8 Steg 3 Simulering av samtliga varianter

### 8.1 Föreslagna utredningsalternativ för förbigångsspår

Att det skulle uppstå kappkörningseffekter under kvartstrafik var känt på Banverket redan innan detta examensarbete tog sin början. Frågan kvarstod dock hur problemet skulle lösas. I de inledande samtalen med Banverket diskuterades hur mycket kapaciteten kunde ökas med förbigång. Det föreslogs flera typer av förbigång, t.ex. på uppspår/nerspår, trespår eller på fyrspår. I samband med redovisningen av steg 1 genomfördes ett samråd med handledare från KTH och från Banverket Västra Banregionen där det beslutades vilka tre lösningsförslag som var intressantast att studera inom ramen för examensarbetet. Det bestämdes att tre utredningsalternativ med partiellt fyrspår skulle studeras. Det är gemensamt för alla tre alternativen att fyrspåret sträcker sig över minst två stationer. Detta är nödvändigt för att det partiella fyrspårets längd inte ska bli orimligt långt. De tre förslag som presenteras är ändå att betrakta som relativt långa, mellan 15 – 30 km. Om stationerna hade planerats att ligga tätare så att fyrspåret kunde omfatta minst tre stationer, hade förbigång kunnat genomföras på en betydligt kortare sträcka.

#### 8.1.1 Alt 1: Både Raka vägen och Mölndal

Det första alternativet, räknat från Göteborg, är att bygga både *alternativ Raka vägen* och *alternativ Mölndal*. Höghastighetstågen och Intercitytågen leds då längs Raka vägen och regionaltågen till Mölndals Nedre. På så sätt kan restiden minimeras för den interregionala trafiken samtidigt som regionaltågstrafiken ges möjlighet till utveckling, där Mölndals Nedre blir ett nytt nav för kollektivresor i den södra Göteborgsregionen. Den stora nackdel med detta alternativ är att det blir mycket dyrt och innebär ett stort intrång i det befolkningstäta området mellan Göteborg och Mölnlycke.

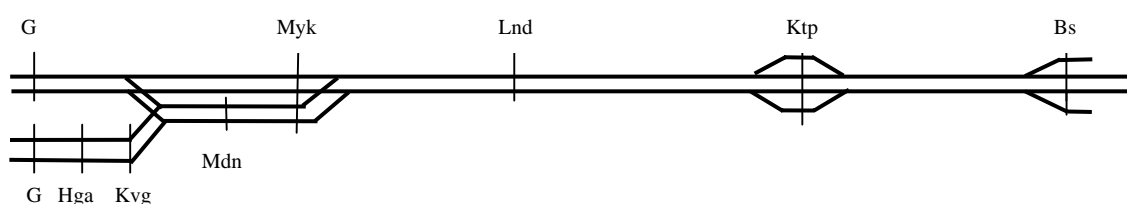


Fig. 8.1 Principskiss för infrastrukturen med dubbelspår både längs *Raka vägen* och via *Mölndal*

#### 8.1.2 Alt 2: Fyrspår Landvetter - Kråktorps

Med detta förslag anläggs ett fyrspår med start i början på tunneln under Landvetter flygplats och fram till en punkt strax efter stationsläget i Kråktorps. Detta spår kan alternativt läggas i en separat tunnel under Landvetter vilket skulle göra det möjligt att öka hastigheten för genomgående tåg genom tunneln. Det skulle också kunna läggas ovan jord längs motorvägen i en helt egen korridor. I modellen har de extra spåren lagts parallellt med dubbelspåret. I varje ände är fyrspåret förlängt efter stationsläget med minst 1000 meter för att regionaltågen inte ska tvingas påbörja sin inbromsning mot perrong på huvudspåret. De måste dock bromsas ned något fram till växeln. I modellen

har långa snabba växlar valts som tillåter växling i 160 km/h. Då blir inbromsningens inverkan på kapaciteten försumbar.

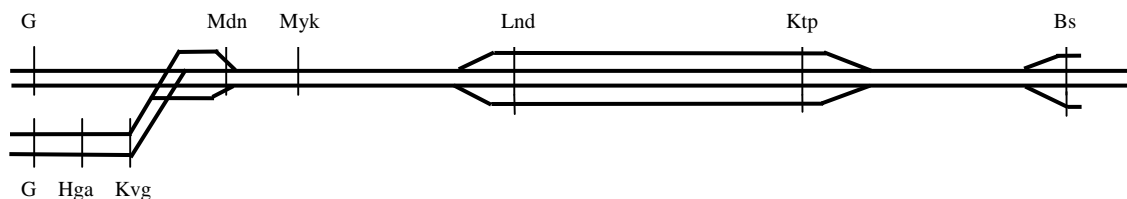


Fig. 8.2 Principskiss för *alternativ Mölndal* med förbigångsspår mellan Landvetter och Kråkorp

### 8.1.3 Alt 3: Fyrspår Kråkorp - Borås

Det sista alternativet innebär att ett partiellt fyrspar anläggs hela vägen från Kråkorp till Borås, en sträcka på 30 km. Fyrspåret leder hela vägen in till stationen i Borås och kommer att innebära stor påverkan på närmiljön om förslaget realiserats.

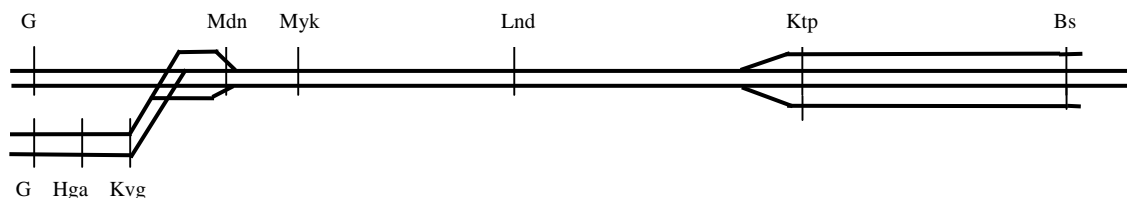


Fig. 8.3 Principskiss för *alternativ Mölndal* med förbigångsspår mellan Kråkorp och Borås

## 8.2 Simulering med störningar

Simuleringsomgången i steg 3 genomfördes med slumpmässigt inlagda störningar. Varje alternativ simulerades under 500 trafikdagar mellan 07.00 och 11.00. Även infrastrukturen varierades på samma sätt som i steg 1.

I RailSys finns möjlighet att generera tre olika typer av slumpmässiga förseningar:

- Ingångsförseningar från första avgångsstationen när ett tågsätt startar sitt omlopp
- Avgångsförseningar från första avgångsstationen i varje ny körning
- Uppehållsförseningar på mellanstationer

RailSys ger också möjlighet att välja mellan två typer av statistiska fördelningar som används för att generera förseningar. Den ena är en empirisk fördelning som skapas av användaren. Den kan vara lämplig att använda när en verklig järnväg ska simuleras och där användaren också har god kunskap om omfattningen av de verkliga förseningarna. Den andra är en statistisk fördelningsfunktion av typen negativ exponentialfördelning. Den är mer lämplig när användaren behöver en generell fördelningsmetod. Som ingångsparametrar anges; andelen försenade tåg, ett medelvärde och ett maxvärde på förseningarna i minuter.



I modellen är förseningarna uppbyggda med hjälp av negativ exponentialfördelning. Tågtyperna är indelade i två grupper där tåg med långa restider har getts en fördelning med en lägre andel avgångsförseningar än för regionaltågen, men där varje försening i genomsnitt är något längre. För uppehållsförseningar antas andelen försenade tåg vara samma för alla tågtyper men förseningsnivåerna antas vara lägre för regionaltåg. Parametrarna är baserade på värden som använts i tidigare simuleringsprojekt inom UIC<sup>28</sup>. De har sedan justerats ner något eftersom de ursprungliga parametrarna gällde ingångsförsening, men i modellen utnyttjas istället avgångsförseningar.

Avgångsförseningar		Upphållsförseningar	
X3000 och IC		X3000 och IC	
Andel försenade tåg	20%	Andel försenade tåg	20%
Medelförsening	4 min	Medelförsening	2 min
Max försening	20 min	Max försening	10 min
Regionaltåg		Regionaltåg	
Andel försenade tåg	30%	Andel försenade tåg	20%
Medelförsening	3 min	Medelförsening	1 min
Max försening	15 min	Max försening	5 min

**Fig 8.4** Tabell över valda parametrar vid generering av förseningsfördelningar. Andelen försenade tåg är relativt hög eftersom det även ingår tåg med mycket små förseningar.

De slumpmässiga förseningarna som skapas i modellen skiljer sig från verkliga förseningar i den bemärkelsen att tågavgångarna inte är kopplade i omlopp. De förseningar som uppkommer på grund av andra förseningar är enbart sådana som sker ute på linjen, när ett tåg blir begränsat av framförvarande tåg. Det är möjligt i RailSys att knyta samman tågavgångarna i omlopp men den möjligheten har inte utnyttjats här eftersom modellen över Götalandsbanan har tydliga drag av att vara ett delsystem som är svårt att särskilja från helheten. De flesta tågen i modellen fortsätter egentligen vidare, de kommer troligtvis att utgöra en del av ett större omlopp som berör fler linjer än de på Götalandsbanan.

I ett verkligt trafiksystem uppstår ofta förseningar på grund av yttre faktorer som drabbar flera tåg samtidigt. Det kan t.ex. ske ett väderomslag som skapar problem i trafiken eller ett tekniskt fel i signalsystemet eller elförsörjningen. RailSys kan ännu inte generera slumpvisa störningsscenario av den typen utan genererade störningar omfattar endast enskilda tåg. Det saknas kopplingar mellan genererade förseningar vilket innebär att förseningar i modellen inte hopar sig på samma sätt som i verkliga situationer.

### 8.2.1 Endast sekundära störningar simuleras

En av de svåraste utmaningarna i studien har varit att generera störningar och välja utdata på ett sätt så att det tydligt går att påvisa skillnader i de simulerade varianternas känslighet för störningar. Det är främst de sekundära störningarna som är av intresse i denna studie, och allra mest hur höghastighetstågen påverkas av förseningar på övriga tågtyper på sträckan Göteborg-Borås. När förseningar har lagts på alla tåg har det varit svårt att vid sammanställningen särskilja primära förseningar från sekundära förseningar. Därför har bedömningen gjorts att försöken bör utformas så att förseningar

<sup>28</sup> Union Internationale des Chemins de fer, International union of railways

läggs på alla tåg utom på höghastighetstågen. Sammanställningen av förseningar omfattas således av sekundära förseningar på höghastighetstågen och inget annat. Om studien även hade innefattat en samhällsekonomisk jämförelse av de föreslagna alternativen hade hela trafiksystemets totala nyttor och kostnader behövt bedömas. Då hade den totala förseningsmängden varit av större intresse.

När höghastighetståget inte beläggs med egna förseningar kommer trafikbilden att bli något missvisande. I ett verkligt scenario kan det t.ex. uppstå situationer där höghastighetstågen blir försenade till en förbigångssträcka och hamnar bakom regional-tåget när fyrspåret övergår till dubbelspår. För att undersöka effekten av denna typ av scenarion genomfördes ett antal testförsök med förseningar även på höghastighetstågen. Dessa försök gav ett förseningstillägg för höghastighetstågen som var konstant hela vägen från Borås till Göteborg, därför drogs slutsatsen att det gick att genomföra försöken utan särskilda förseningar på höghastighetstågen.

### 8.3 Resultat från simulering utan förbigångsspår

När resultaten från simulering med störningar ska tolkas infinner frågan om vilka förseningsnivåer som kan accepteras. Vad går gränsen för när ett trafiksystem fortfarande kan antas vara robust om det förverkligas? I en operativ simuleringsstudie kan de frågorna besvaras genom validering mot förseningsnivåer från det verkliga systemet. Inom strategisk planering är denna återkoppling inte möjlig på samma sätt utan kräver standardiserade metoder för kapacitetsanalys genom simulering. I väntan på att sådana metoder har utvecklats får resultaten utvärderas genom att föra ett väl grundat resonemang kring resultat. I denna studie bör resultaten därför tolkas som att *de relativa skillnaderna i förseningsnivåer är av större intresse än de faktiska nivåerna*. Denna studie är först och främst en jämförande analys av ett stort antal simulerade alternativ. Det kan trots allt påpekas att när de sekundära förseningsnivåerna begränsas till ett fåtal sekunder så kan systemet antas stabilt. Om förseningsnivån uppgår till över en minut och kurvan dessutom är konstant stigande kan man anta att systemet kan ge upphov till betydande störningar, särskilt om systemet är nära sammanbundet med andra trafiksystem på järnväg.

#### 8.3.1 Halvtimmestrafik

Simulering med sekundära störningar genomfördes för både höghastighetståg och regional-tåg. Efter ett antal testomgångar stod det dock klart att det var intressantast att analysera sekundära förseningar på höghastighetståg. Diagrammen till vänster visar hur förseningar byggs upp för höghastighetståg mot Borås. Diagrammen till höger visar förseningar i motsatt riktning. I riktning mot Borås vid halvtimmestrafik uppgår den genomsnittliga förseningen som mest till under strax 20 sekunder.

För R och M2-alternativen är förseningen i Borås begränsad till några få sekunder. M-alternativen får en viss försening på sträckan mellan Göteborg och Landvetter. Den sista sträckan in till Borås ligger förseningen på en konstant nivå. Trafiksystemet kan därmed betraktas som robust, oavsett valet av infrastruktur. I riktning mot Göteborg är förseningsnivåerna också förhållandevis låga även om de har en tendens att öka på den sista sträckan in mot Göteborg. Även här är det tydligt att alternativ Mölndal avviker från de övriga mellan Mölnlycke och Göteborg.

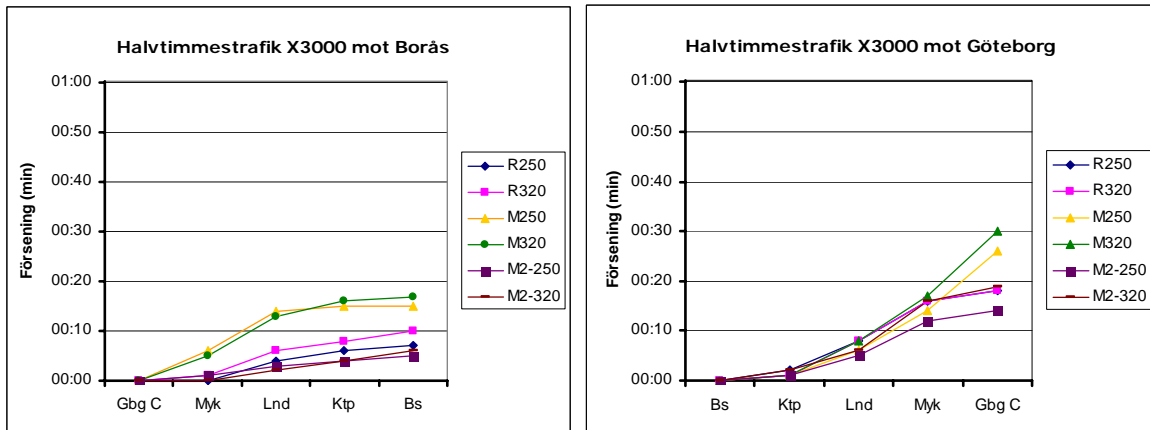


Fig 8.5 Genomsnittsföröeningar för höghastighetståg vid halvtimmestrafik

### 8.3.2 Udda kvartstrafik

I försöken med udda kvartstrafik blir den tendensen ännu tydligare. I riktning mot Borås växer medelföröeningen i *alternativ Möln dal* med upp till 40 sekunder innan tåget har hunnit fram till Borås. I övriga alternativ är föröeningarna i stort sett likformiga, omfattningen är ungefär hälften mot föröeningsnivån för *alternativ Möln dal*. Lägga märke till att i M250 och M320 stabiliseras föröeningsnivån mellan Kråktorps och Borås. Det beror främst på att de höghastighetståg som avgår en kvart före regionalståget har ett tidstillägg för kappkörning på 3-4 minuter. Beräkningsalgoritmen i RailSys för tidstillägg utgår från att tidtabellen ska kunna hållas med lägsta möjliga topphastighet. Eftersom hastigheten är som högst mellan Kråktorps och Borås är det också där som hastighetsreduktionen blir som störst.

I riktning mot Göteborg är skillnaden mellan alternativen betydligt mindre. Totalt sett är föröeningsnivån högre. Det gäller dock fortfarande att föröeningarna växer snabbare i *alternativ Möln dal* än i de övriga mellan Mölnlycke och Göteborg. Observera att föröeningens storlek inte i något exempel skiljer särskilt mycket mellan varianter med 250 km/h och de med 320 km/h.

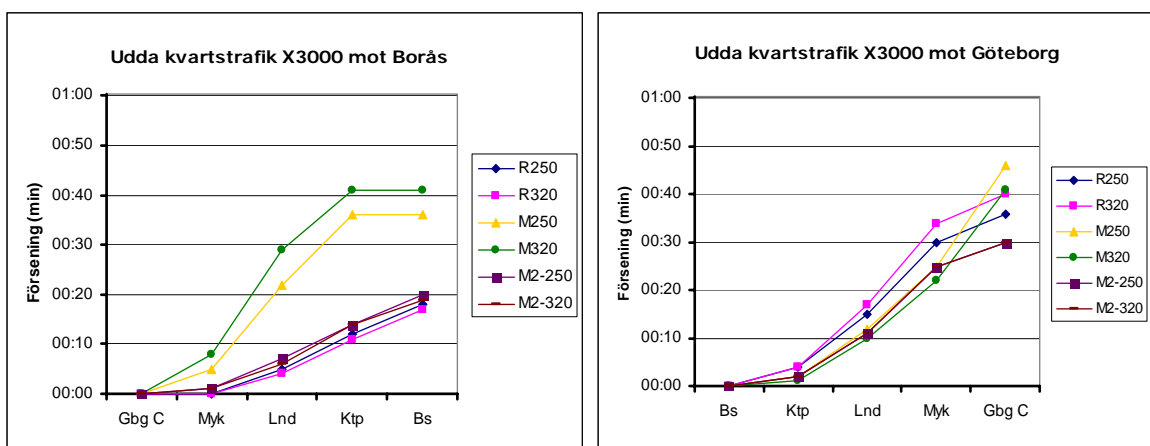


Fig 8.6 Genomsnittsföröeningar för höghastighetståg vid udda kvartstrafik

### 8.3.3 Kvartstrafik

Med kvartstrafik för regionaltågen växer medelförseningen avsevärt för alla varianter. I Borås uppgår de till minst en minut. I denna riktning blir förseningen i Borås lika stor oavsett infrastrukturalternativ men det gäller även här att inhämtningen i *Alternativ Mölndal* beror på tidstillägget för kappkörning. Studien visar annars på en brant tillväxt i förseningstid längs hela banan. Med sekundära förseningar i denna omfattning är trafikupplägget inte längre att betrakta som robust med avseende på höghastighetstågen. Andelen försenade höghastighetståg är 30 % och förseningen uppgår i genomsnitt till över tre minuter för de försenade tågen.

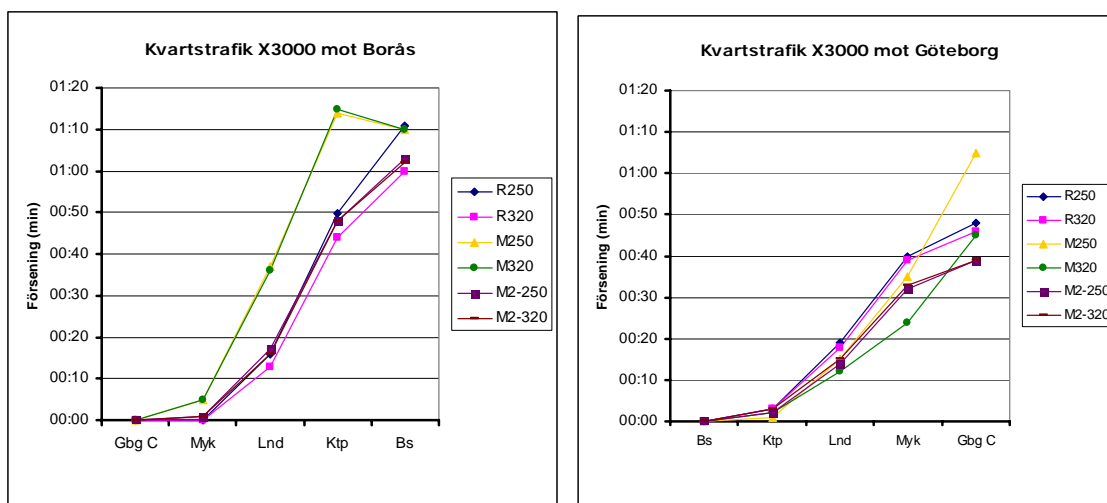


Fig 8.7 Genomsnittsförseningar för höghastighetståg vid kvartstrafik

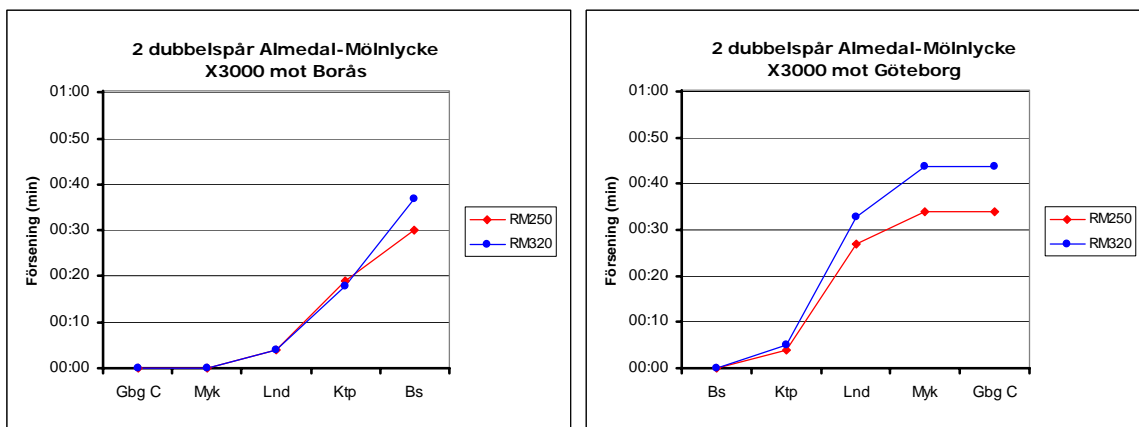
## 8.4 Resultat från simulering med förbigångsspår

För att ett tågtrafikupplägg med kvartstrafik ska kunna införas måste det göras ytterligare investeringar i infrastrukturen. Banverket har föreslagit att kapaciteten kan höjas genom anläggande av förbigångsspår. I denna studie har tre alternativ simulerats ur kapacitetssynpunkt. För alla dessa gäller att regionaltågen trafikerar med kvartstrafik.

### 8.4.1 Alt 1: Både Raka vägen och Mölndal

Alternativet med fyra spår hela vägen mellan Almedal och Mölnlycke är simulerat i två varianter, RM250 och RM320. Tanken är att varianternas namn ska tydliggöra att de är en kombination av *Alternativ Mölndal* och *Alternativ Raka vägen*. Med denna infrastrukturåtgärd kan regionaltågen separeras från höghastighetstågen hela vägen mellan Göteborg och Mölnlycke. Förutom fördelarna med minimerade restider för snabbtåg och goda effekter för regionaltågtrafiken innebär lösningen att tidtabell kan justeras så att höghastighetstågen avgår några minuter senare från Göteborg. I praktiken gör höghastighetståget förbigång av regionaltåget på sträckan Göteborg- Mölnlycke. På så sätt skapas ett tillräckligt stort försprång för framförvarande regionaltåg att det hinner fram till Borås innan det blir upphunnet av höghastighetståget.

I simuleringen minskade förseningarna betydligt i båda riktningarna jämfört med samtliga försök med kvartstrafik utan förbigångsspår. I riktning mot Göteborg växer förseningarna inledningsvis men avtar efter Landvetter flygplats. I motsatt riktning är förseningsnivåerna låga mellan Göteborg och Landvetter men börjar sedan växa in mot



**Fig 8.8** Genomsnittsförseningar vid kvartstrafik med två separata dubbelspår Almedal-Mölnlycke

Borås. Det beror på att om ett regionaltåg mot Borås får problem fram till Mölnlycke kommer det inte att påverka det efterföljande höghastighetståget. Om förseningen däremot inträffar strax före Borås påverkas höghastighetståget i större utsträckning eftersom det dessutom enligt tidtabellen ligger strax bakom regionaltåget.

I riktning mot Göteborg uteblir en del av effekten med fyrspåret eftersom det kommer när förseningsnivåerna redan är relativt höga. Om ett regionaltåg mot Göteborg får problem mellan Borås och Landvetter riskerar höghastighetståget bakom att hamna i kö ända fram till Mölnlycke. Den sista biten in mot Göteborg kan höghastighetståget passera tack vare Raka spåret och därför stabiliseras förseningen. Resultatet av Alt 1 blev alltså att effekten av fyrspåret är större i riktning mot Borås än mot Göteborg.

#### 8.4.2 Alt 2: Fyrspår Landvetter - Kråktorp

Genom att bygga ut sträckan Landvetter flygplats – Kråktorp till fyrspår kan en tidtabell läggas med planerade förbigångar där höghastighetståget får möjlighet att passera regionaltåget under tiden som detta gör stopp vid stationerna i Landvetter och Kråktorp. Tidtabellen får ett annorlunda utseende jämfört med övriga tidtabeller i studien. Trafikupplägget har fördelen att beläggningen blir jämnare över banan som helhet, men det sker till priset av att både regionaltåget och höghastighetståget måste komma i rätt tid för att förbigången ska kunna genomföras utan konflikt.

Simuleringen av ett partiellt fyrspår mitt på sträckan Göteborg - Borås visade en betydligt större förmåga att kunna minska förseningsnivån än tidigare studerade alternativ. Jämfört med alternativen med kvartstrafik på två spår minskade förseningarna med 60–80 %. Med ett centralt placerat fyrspår har det ingen större betydelse var förseningen inträffar. Om ett regionaltåg mot Borås får problem mellan Göteborg och Landvetter kan bakomvarande höghastighetståg göra förbigång mellan Landvetter och Kråktorp. Om regionaltåget blir försenat på fyrsspårsträckan påverkas höghastighetståget inte alls. Den sista sträckan in mot Borås uppstår inga nya förseningar, eftersom RailSys inte kan skapa förseningar på linjen utan bara vid uppehåll. Förseningsnivåerna är totalt sett låga för samtliga alternativ. I riktning mot Borås är det fortfarande en tydlig skillnad mellan M-alternativen och övriga alternativ, även om förseningarna för *alternativ Mölndal* har minskat avsevärt.

I riktning mot Göteborg är förseningsnivån lika låg för alla alternativ. I Kråktorps har förseningen i medel växt till 5-10 sekunder, men tack vare förbigångsspåret kan konflikt undvikas. Tidtabellens konstruktion innebär goda marginaler mellan tågen då de närmar sig Göteborg vilket medför att förseningen stannar vid samma låga nivå. Det kan dock vara värt att lägga på minnet att denna studie inte innefattar eventuella konflikter med tåg på Väst kustbanan.

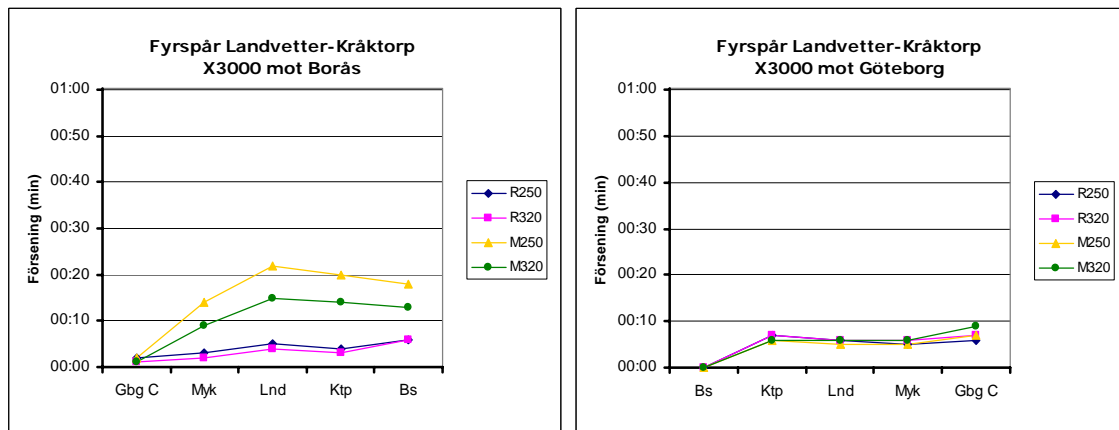


Fig 8.9 Genomsnittsförseningar vid kvartstrafik med fyrspårsutbyggnad Landvetter-Kråktorps

### 8.4.3 Alt 3: Fyrspår Kråktorps - Borås

I det sista utredningsalternativet med förbigångsspår mellan Kråktorps och Borås är tidtabellen lagt efter samma princip som för alt 1, d.v.s. att höghastighetståget avgår något senare från Borås och kommer i praktiken att göra förbigång av regionaltåget inne på eller strax väster om Borås stationsområde. Även detta alternativ gav betydande förbättringar jämfört med alternativen utan förbigångsspår. I riktning mot Göteborg är förseningsnivån låg fram till Landvetter för att sedan växa något när tåget närmar sig Göteborg. I denna riktning minskar medelförseningen i Göteborg med över 50 %.

Mot Borås blir effekten också god, även om förseningen till en början växer. Ett höghastighetståg som hamnat i kö bakom försenat regionaltåg får fritt spår efter Kråktorps. Den sista sträckan in till Borås kan en del av förseningstiden återhämtas.

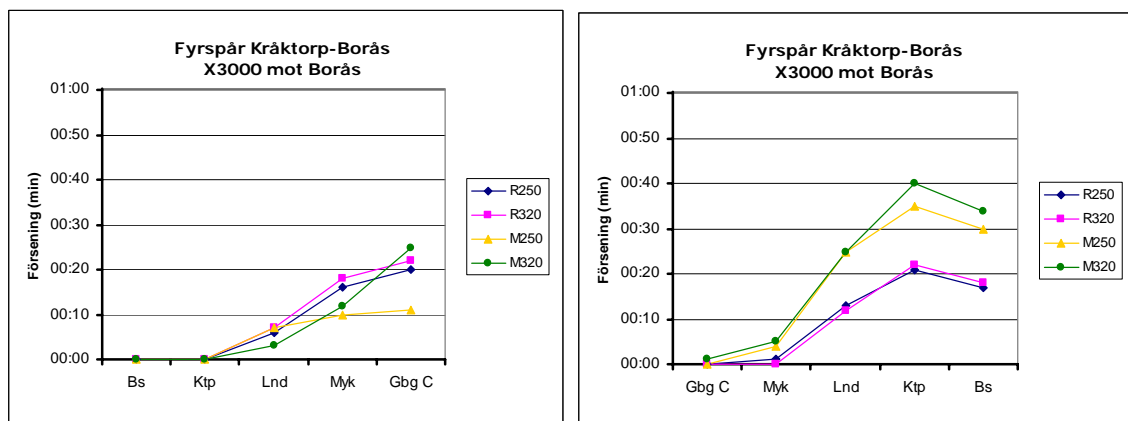


Fig 8.10 Genomsnittsförseningar vid kvartstrafik med fyrspårsutbyggnad Kråktorps-Borås

## 8.5 En jämförelse av samtliga utredningsalternativ

I följande tabeller sammanställs resultaten från samtliga simuleringar i ett försök att skapa en överblick över det samlade resultatet av simuleringarna. De studerade alternativen är rangordnade efter sammanlagd förseningstid. Det trafikeringsalternativ som har lägst medelförsening står först. De tre varianterna utan förbigångsspår har namngivits efter turtätheten för regionaltågtrafiken. I övriga alternativ gäller kvartstrafik, men med olika förslag till placering av förbigångsspår.

### 8.5.1 Genomsnittlig försening i Borås

Fig 8.8 visar sekundära ankomstförseningar i Borås för höghastighetstågen. Av tabellen framgår att med något enstaka undantag är rangordningen densamma oavsett infrastrukturalternativ. Ett trafiksystem med kvartstrafik och utan möjlighet till förbigång innebär att höghastighetstågen kommer drabbas av omfattande förseningar. De kommer inte heller att kunna hålla full hastighet utan måste begränsa hastigheten på grund av framförvarande regionaltåg. Om kvartstrafik ska införas kan konflikten lösas med hjälp av förbigångsspår. Det mest effektiva sättet att öka kapaciteten är att anlägga ett partiellt fyrspar mitt på sträckan mellan Landvetter och Kråkorp. Det skulle innebära att den genomsnittliga förseningsnivån minskar med 75-90 %. Effekten blir god oavsett vilket infrastrukturalternativ som väljs i övrigt, men förseningsnivån är något högre för *Alternativ Möln dal* än för de övriga.

Om fyrsparret anläggs mellan Almedal och Mölnlycke blir effekten på förseningstiden lägre, 40-60 %, men då uppnås andra vinster som korta restider för höghastighetstågen och utvecklad regionaltågtrafik med Möln dal som ny viktig bytespunkt. Ett partiellt fyrspar mellan Kråkorp och Borås skulle innebära att förseningarna minskar med 50-

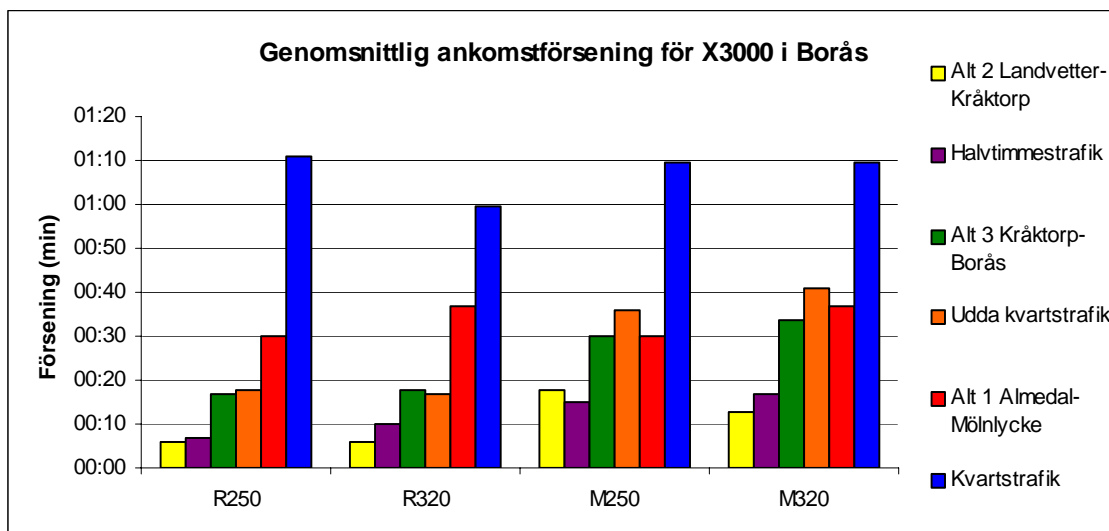


Fig 8.11 Genomsnittsförseningar för höghastighetståg vid ankomst i Borås

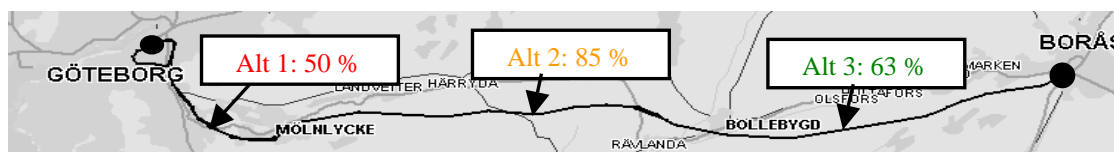


Fig 8.12 Genomsnittlig relativ minskning av förseningsmängder i riktning mot Borås jämfört med alternativ utan förbigångsspår.

75%. Detta alternativ kan vara av intresse om det visar sig att anläggningskostnaderna för ett sådant fyrspar skulle bli betydligt lägre, vilket kan vara läget om järnvägen anläggs längs motorvägen. Tabellen visar även hur fyrsparalternativen står sig mot alternativ med lägre turtäthet. Enligt tabellen motsvarar förseningsnivåerna i Alt 2, kvartstrafik, en tidtabell med halvtimmestrafik till Borås utan förigångsspar. Alt 3 motsvarar en tidtabell med udda kvartstrafik.

### 8.5.2 Genomsnittlig försening i Göteborg

Tabellen i Fig 8.13 är uppställd på samma sätt. Den visar genomsnittsförseningar vid ankomsten i Göteborg och ger i stort sett samma rangordning. Alt 3 får i genomsnitt något mindre förseningstid än ett upplägg med halvtimmestrafik. Nyttan av Alt 1 är betydligt lägre än i riktning mot Borås. Alt 2 visar även i denna riktning på det klart största förbättringarna. Förseningsnivåerna är under hälften av nivåerna utan förbigångsspar och halvtimmestrafik. Den relativa minskningen av förseningsmängder är totalt sett lägre jämfört med i motsatt riktning.

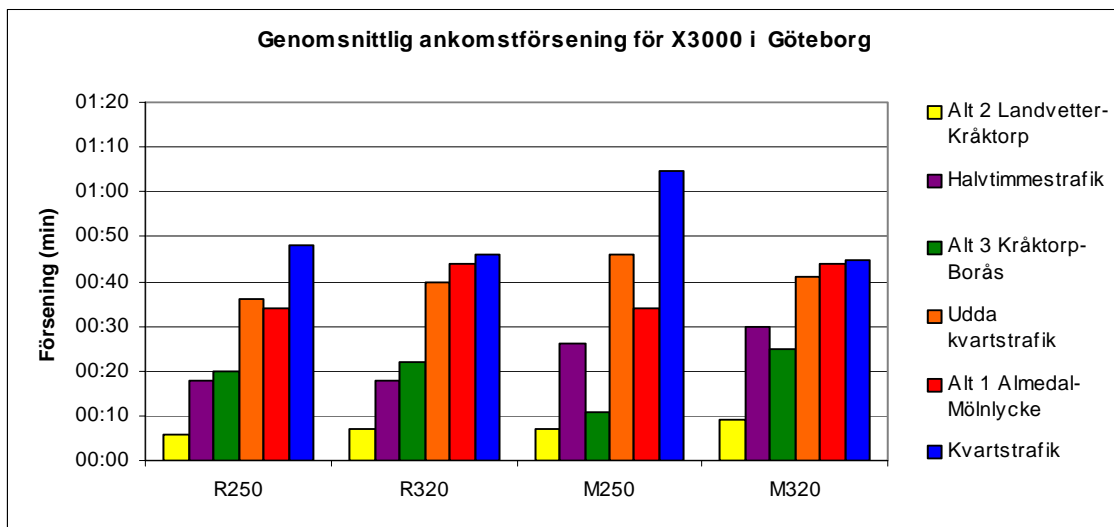


Fig 8.13 Genomsnittsförseningar för höghastighetståg vid ankomst i Göteborg

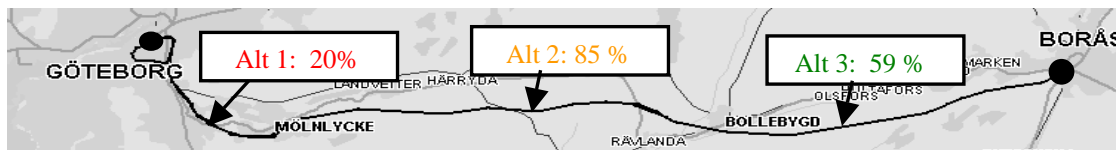


Fig 8.14 Genomsnittlig relativ minskning av förseningsmängder i riktning mot Göteborg jämfört med alternativ utan förbigångsspar.



### 8.5.3 Genomsnittlig försening i båda riktningarna

Den sista tabellen är en sammanställning av Fig. 8.11 och Fig. 8.13. Tabellen visar de genomsnittliga förseningsnivåerna i båda riktningarna i ett försök att presentera en tabell som tydligt sammanfattar de viktigaste resultaten av simuleringen med störningar. Som framgår av tabellen kommer de sekundära förseningarna på höghastighetstågen att minska avsevärt med förbigångsspår och allra mest minskar förseningarna om fyrsparsträckan placeras mitt emellan Göteborg och Borås. Förseningsnivåerna blir också betydligt lägre om en lägre turtäthet för regionalstågen kan accepteras.

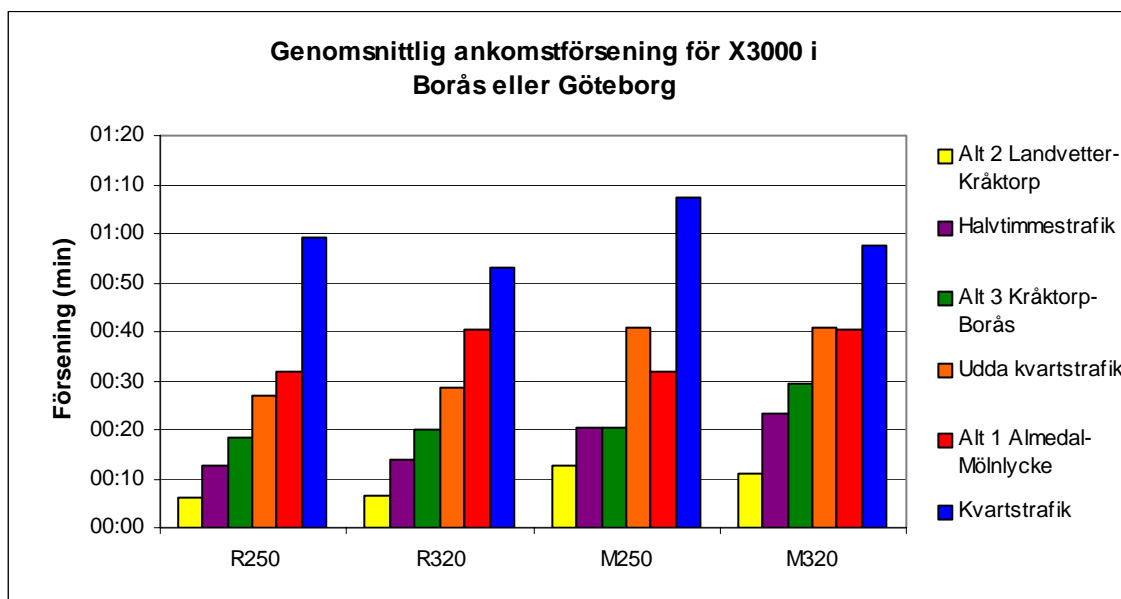


Fig 8.15 Genomsnittsförseningar för höghastighetståg vid ankomst i Borås eller Göteborg

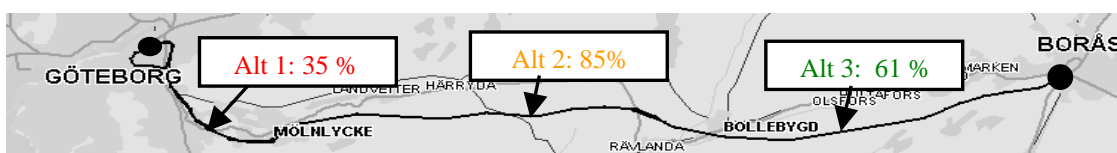


Fig 8.16 Genomsnittlig relativ minskning av förseningsmängder i båda riktningarna jämfört med alternativ utan förbigångsspår.



## 9 Slutsatser

Banverket har satt som mål att Götalandsbanan mellan Göteborg och Borås att regionaltågen ska kunna avgå varje kvart under högtrafik utan att det påverkar höghastighetstågen mellan Göteborg och Stockholm. På grund av de stora skillnaderna i gångtid mellan regionalståg och höghastighetståg måste tågtyperna separeras antingen genom att höghastighetstågen beläggs med ett extra tidstillägg för att undvika direkt konflikt med regionalståget framför eller genom anläggande av förbigångsspår.

Genom att separera tågen så långt som möjligt vid infarten till Göteborg och i Borås kan problemen avhjälpas något. Studien har visat att separeringen fungerar bäst om etappen Almedal-Mölnlycke byggs enligt *alternativ Raka vägen*. Det eventuella stationsläget i Almedal/Kallebäck kommer då i praktiken att utgöra en del av Västlänken. Regionalståg som stannar vid station Kallebäck hamnar med detta alternativ inte i konflikt med vare sig höghastighetstågen från Götalandsbanan eller tågen från Väst kustbanan. Om järnvägen istället byggs enligt *alternativ Mölndal* och något av M1-alternativen väljs kommer station Mölndals Nedre att behöva utformas så att tågen på Götalandsbanan utnyttjar egna stationsspår avskilda från spåren som tillhör Väst kustbanan. Därmed kommer regionaltågen från Borås att göra stopp i Mölndal på samma spår som höghastighetstågen gör genomgång på, vilket leder till att höghastighetstågen måste avgå några minuter tidigare från Göteborg Central för att konflikt ska undvikas. Den tidigare avgångstiden från Göteborg Central medför då att höghastighetståget istället hamnas i konflikt med föregående regionalståg mellan Bollebygd och Borås. Studien har därmed visat att genom att välja *alternativ Mölndal* och dra järnvägen längs M1 kommer restiden att öka med minst tre minuter för höghastighetståg under förutsättning att regionaltågen trafikerar enligt kvartstrafik. Det extra tidstillägget i *alternativ Mölndal* kan minskas med ett par minuter om det går att sortera tågen på Götalandsbanan från tågen på Väst kustbanan söder om station Mölndals Nedre. Det är möjligt om ett av M2-alternativen väljs. I studien ökade då restiden för regionaltågen med en minut, men minskade för snabbtågen med två minuter jämfört med restiderna för M1.

Simulering av Götalandsbanan med störningar visade att M1-alternativet medför att tidtabellen blir känsligare för störningar och att förseningar fortplantar sig till efterföljande tåg. Förseningsnivåerna styrdes dock i ännu större grad av med vilken turtäthet som regionaltågen trafikerar. Vid försök med halvtimmestrafik mellan Göteborg och Borås uppgick de sekundära förseningarna på höghastighetstågen till högst 20 sekunder i genomsnitt. Vid kvartstrafik uppgick de till över en minut.

Simulering av alternativa förbigångsspår visade att med Alt 1, två dubbelspår mellan Almedal och Mölnlycke, minskade de sekundära förseningarna på höghastighetstågen betydligt i riktning mot Borås, men problemen kvarstod i riktning mot Göteborg. Med Alt 2, ett fyrspar mellan Landvetter och Kråktorps, blev förseningsnivåerna betydligt lägre i båda riktningarna. Försöken visade att ett centralt placerat fyrspar har två stora fördelar: Tidtabellen kan konstrueras så att beläggningen totalt sett blir jämnare över hela banan och att det oavsett färdriktning aldrig är särskilt långt till en punkt där konflikten kan lösas. Det sista fyrsparsalternativet, Alt 3 mellan Kråktorps och Borås, visade ett bättre resultat beträffande förseningsnivåer än i det första alternativet men betydligt sämre än Alt 2 med ett centralt placerat förbigångsspår.



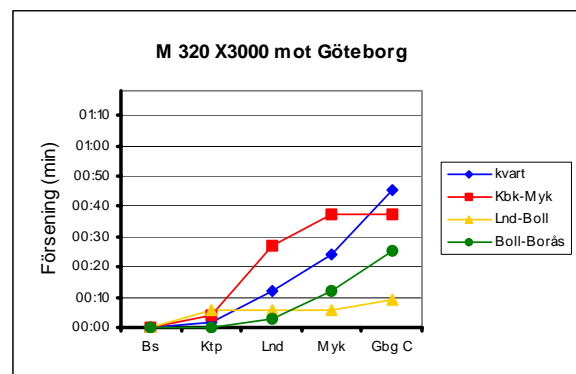
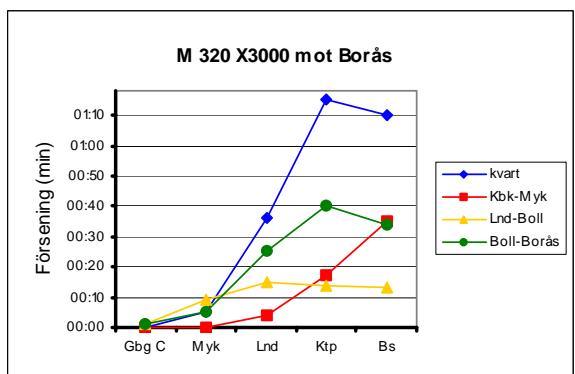
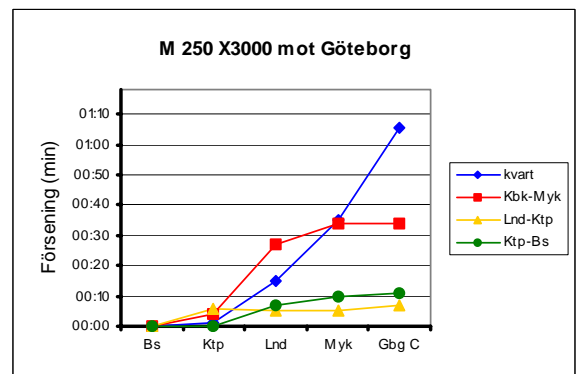
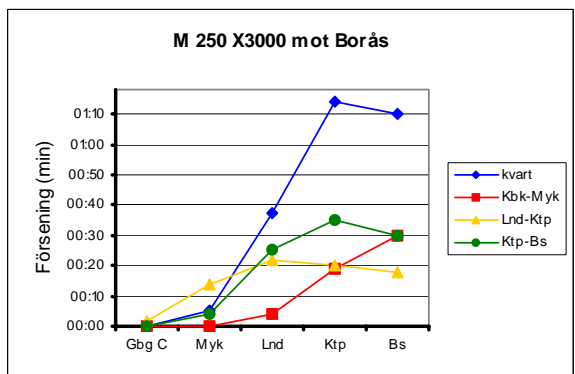
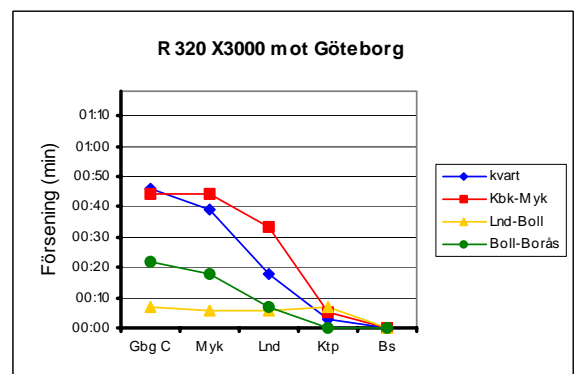
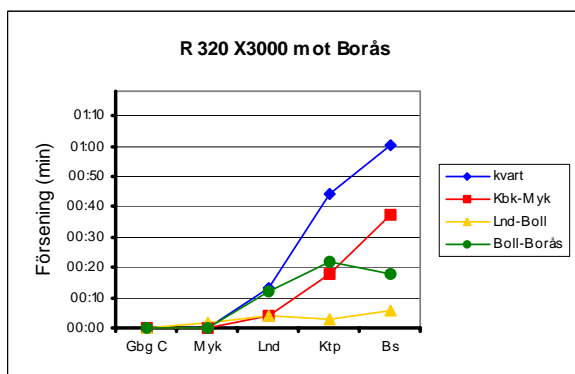
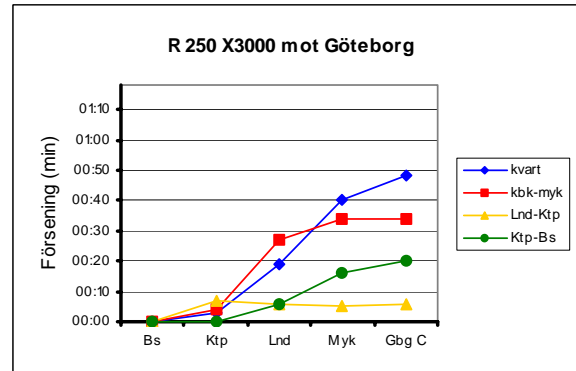
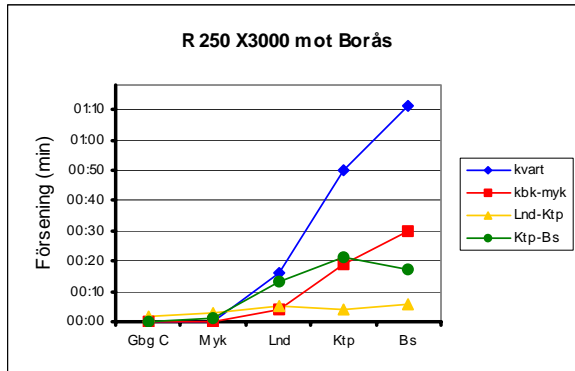
## 10 Referenser

- Banverket *Framtidsplan för järnvägen - Del 1. Infrastruktursatsningar nationellt 2004 –2015, (2004)*
- Banverket *Järnvägsutredning/MKB Kust till kustbanan - Delen Mölnlycke – Rävlanda/Bollebygd, (2003)*
- Banverket *Förstudie Kust till kustbanan – Delen Almedal – Mölnlycke, (2004)*
- Banverket *Förstudie Västlänken – en tågtunnel under Göteborg – Sträckan Göteborg C – Almedal, inkl Göteborg Central, (2002)*
- Banverket *Förstudie enligt lag om byggande av järnväg Handbok BVH 806.1, (2000)*
- Banverket *Järnvägsutredning enligt lag om byggande av järnväg Handbok BVH 806.2, (2000)*
- Drescher, Olaf  
Feldwisch, Wolfgang  
Haag, Christine *Tempo 230 zwischen Hamburg und Berlin Eisenbahntechnische Rundschau, ETR (dec 2004)*
- Jansson, Kjell  
Nelldal, Bo-Lennart  
Troche, Gerhard *Europakorridoren - Ett bredband för fysiska transporter KTH, avd för Trafik och logistik, (2003)*
- Jansson, Torleif *Kapacitetsanalys av alternativt trafikeringsupplägg och utbyggnad av Mäljarbanan KTH, Examensarbete, (2003)*
- Lindahl, Anders *Infrastruktur för flexibel tågföring - Kapacitetsanalys av förbigång på en dubbelspårsträcka KTH, avd för Trafik och logistik, (2002)*
- Rail Management  
Consultants GmbH *RailSys User Manual, 1. Edition, Version 3.1.0, (2004)*
- Västra Götalands-  
regionen, Banverket  
Västtrafik *På nya spår i väst Publikation om infrastruktursatsning på järnväg i Västra Götalands län, (2002)*
- Västtrafik *Målbild 2010 och 2020 för storregional trafik och pendeltågstrafik, (2004)*



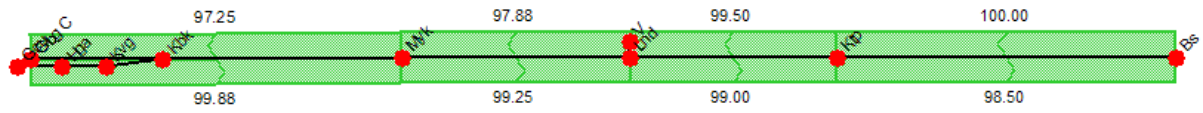
# 11 Bilagor

**Bilaga 1:** Genomsnittliga ankomstförseningar för varje infrastrukturalternativ. Regionaltågen trafikerar med kvartstrafik mellan Göteborg och Borås.

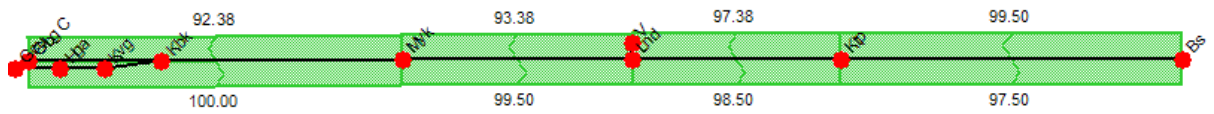


**Bilaga 2:** Rättidighet för höghastighetståg i procent. Jämförelse av rättidigheten då turtätheten varierar för varje infrastrukturalternativ utan förbigångsspår. Gräns för rättidighet är tre minuter. Endast sekundära förseningar ingår.

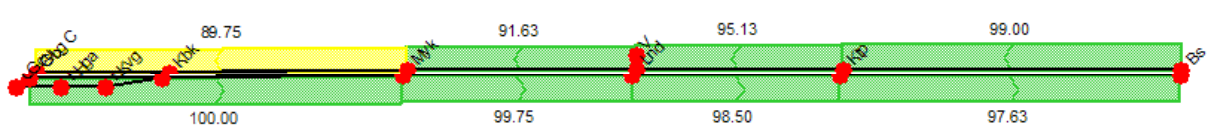
R250 halvtimmestrafik



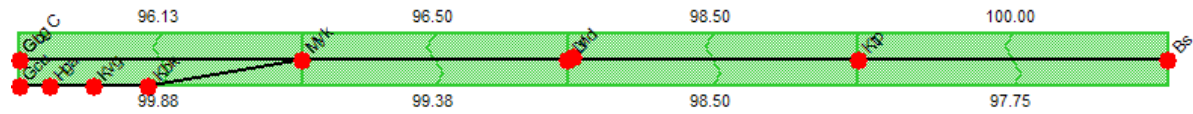
R250 udda kvartstrafik



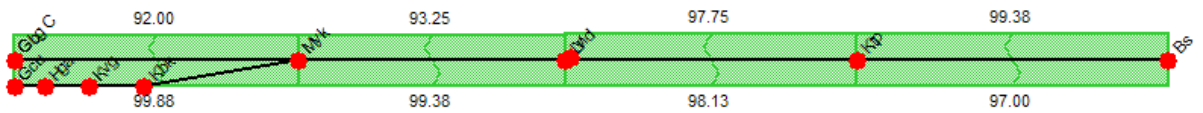
R 250 kvartstrafik



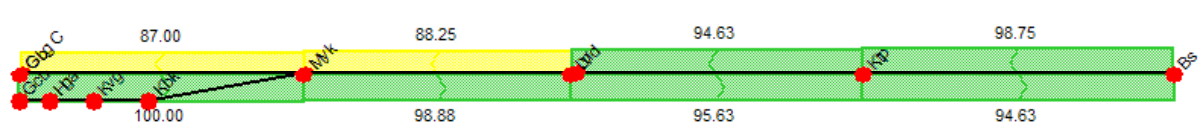
R 320 halvtimmestrafik



R 320 udda kvartstrafik



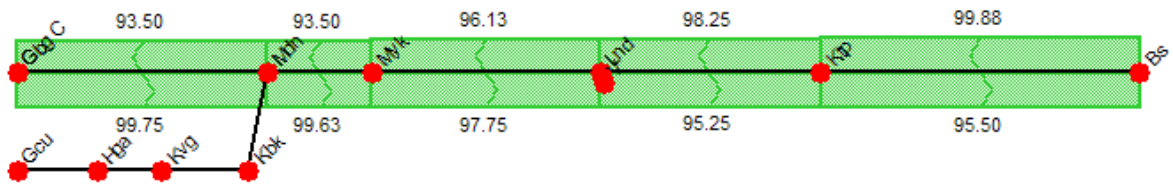
R 320 kvartstrafik



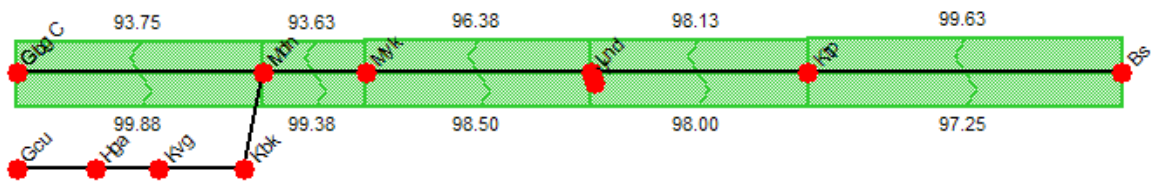
Rättidighet över 90 %  
 Rättidighet under 90 %



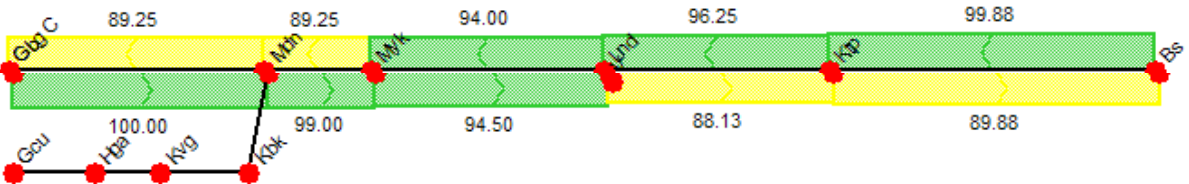
M 250 halvtimmestrafik



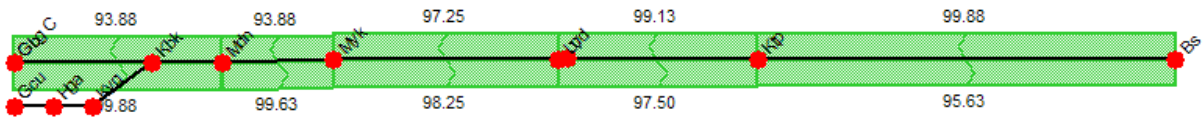
M 250 udda kvartstrafik



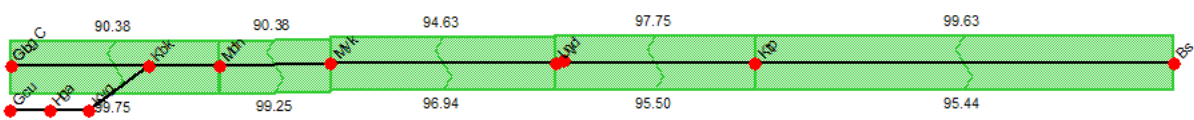
M 250 kvartstrafik



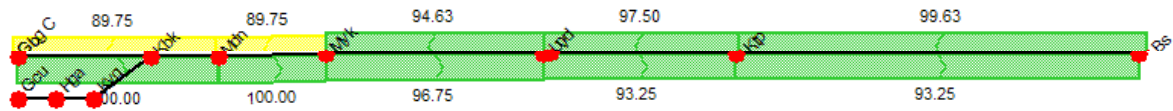
M 320 halvtimmestrafik



M 320 udda kvartstrafik



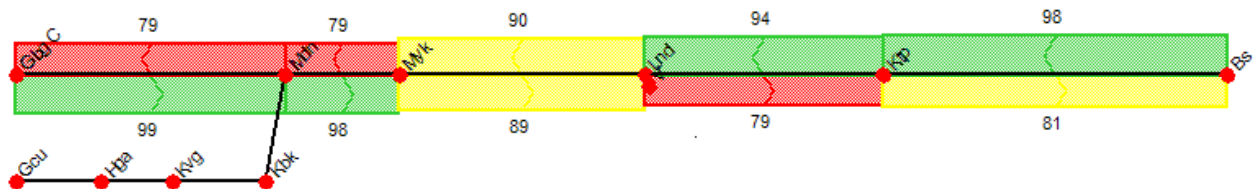
M 320 kvartstrafik



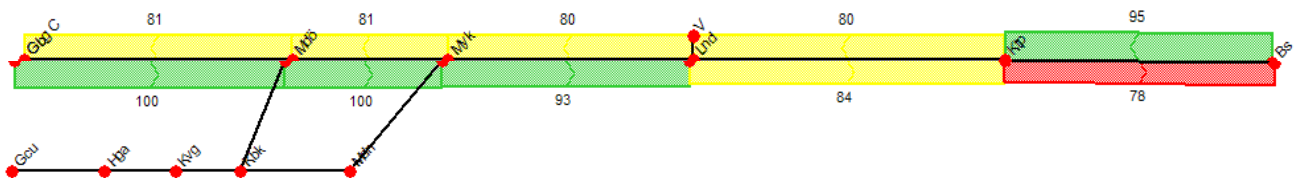
Rättidighet över 90 %  
 Rättidighet under 90 %

**Bilaga 3:** Rättidighet för höghastighetståg i procent. Jämförelse av alternativa förbigångsspår för infrastrukturalternativet M 250. Endast sekundära förseningar ingår.

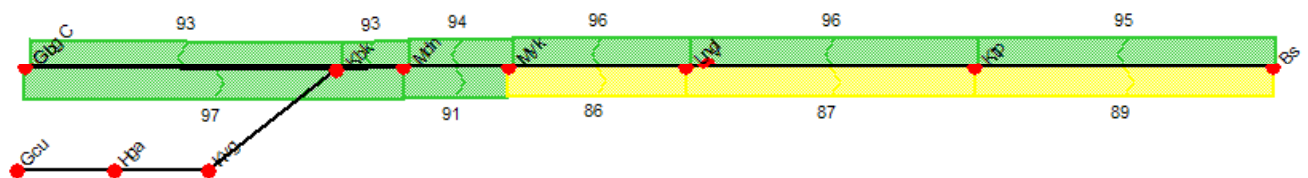
Jämförelsealternativ: M 250 kvartstrafik utan förbigångsspår  
Gräns för rättidighet: 1 min



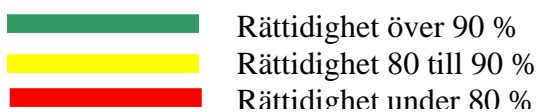
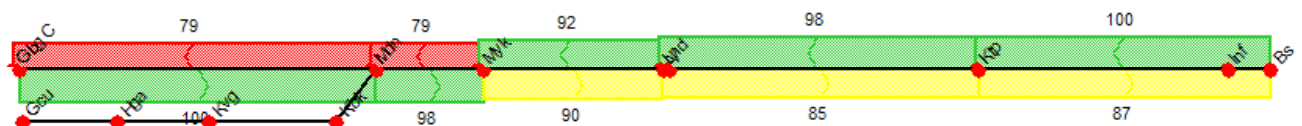
Alternativ 1: RM 250 kvartstrafik. Två dubbelspår Almedal – Mölnlycke  
Gräns för rättidighet: 1 min



Alternativ 2: M 250 kvartstrafik. Partiellt fyrspår Landvetter – Kråktorp  
Gräns för rättidighet: 1 min

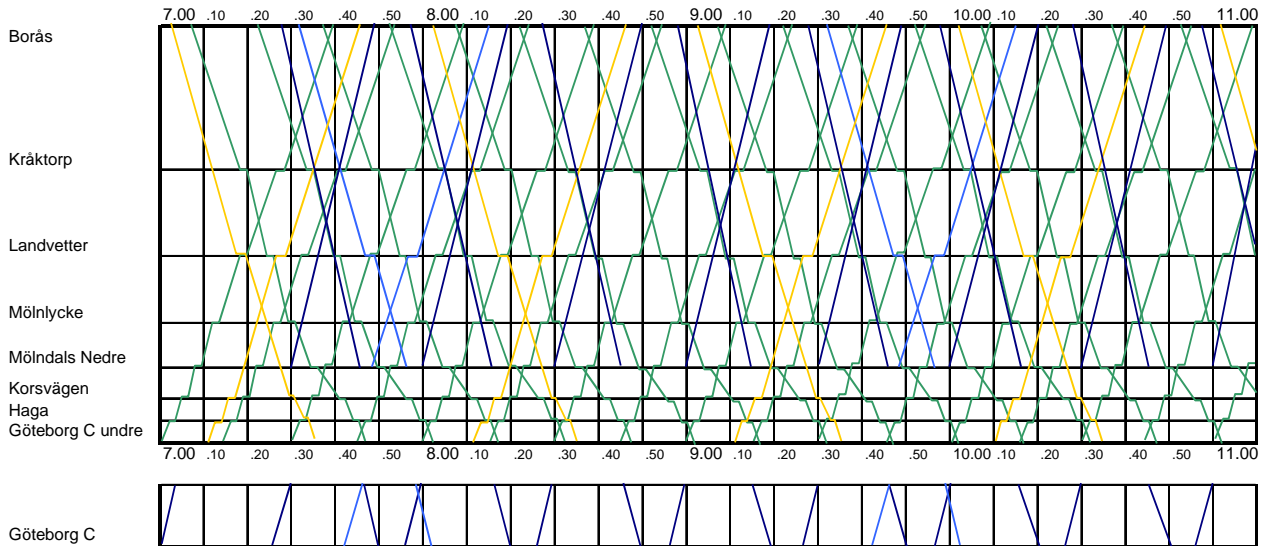


Alternativ 3: M 250 kvartstrafik. Partiellt fyrspår Kråktorp – Borås.  
Gräns för rättidighet: 1 min

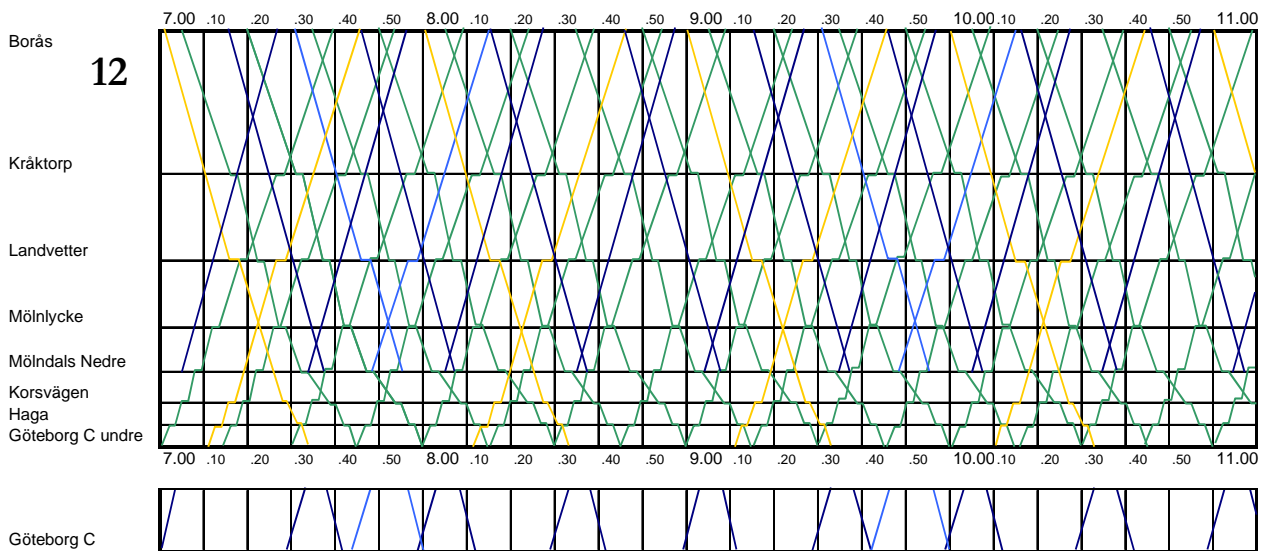


## Bilaga 4 Exempel på grafiska tidtabeller från tidtabellsläggningen

### Grafisk tidtabell för M250 med fyrspår mellan Landvetter och Kråkrorp



### Grafisk tidtabell för M250 utan förbigångsspår





# Publikationer från tågtrafikgruppen

## Forskningsrapporter och arbetsrapporter

- Framtida marknad, tågtrafik och kapacitet inom Stockholms Central.  
TRITA-INFRA 05-010. Oskar Fröidh, Olov Lindfeldt och Bo-Lennart Nelldal, 2005.
- UIC capacity management methods – the Mälars line case.  
TRITA-INFRA 05-009. Magnus Wahlborg och Torleif Jansson, 2005
- Visst skakar det – men är tågresenären beredd att betala för högre åkkomfort? Slutrapport.  
TRITA-INFRA 05-007. Johan Förstberg, Karl Kottenhoff och Camilla Olsson, 2004.
- Godstrafikutredning för Inlandsbanan.  
TRITA-INFRA 05-006. Bo-Lennart Nelldal, Gerhard Troche och Lars G Ahlstedt.
- Visst skakar det – men vad märker tågresenärerna? Delrapport.  
TRITA-INFRA 04-009. Johan Förstberg, Karl Kottenhoff och Camilla Olsson, 2004.
- Passenger service times on trains, Theory measurements and models.  
TRITA-INFRA 03-62. Licentiate Thesis, Wiktorina Heinz, 2003
- Utveckling av utbud och priser på järnvägslinjer i Sverige 1990-2003 samt utveckling av tåg- och bilrestider 1958-2003.  
Bo-Lennart Nelldal och Gerhard Troche, 2003.
- Europakorridoren. Ett bredband för fysiska transporter. Utbud, prognoser och samhällsekonomi.  
TRITA-INFRA 03-052. Bo-Lennart Nelldal, Gerhard Troche och Kjell Jansson, 2003
- Introduktion of regional high speed trains. A study of the effects of the Svealand line on the travel market, travel behaviour and accessibility.  
TRITA-INFRA 03-041. Doctoral dissertation. Oskar Fröidh, 2003
- Introduktion av regionala snabbtåg. En studie av Svealandsbanans påverkan av resemarknaden, resbeteende och tillgänglighet.  
TRITA-INFRA 03-040. Oskar Fröidh, 2003
- Infrastruktur för flexibel tågföring – Kapacitetsanalys av förbigångar på en dubbelspårssträcka.  
TRITA-INFRA 02-021. Anders Lindahl, 2002
- Utvärdering av ny bred motorvagn – att sitta fem i bredd i Regina.  
TRITA-INFRA 02-014. Karl Kottenhoff, 2002
- Effektiva tågssystem för godstransporter – Analys av marknad samt utvecklingstendenser för paket-, stycke och partigods.  
Publikation 0202. Peter Bark, John Landborn och Fredrik Sundberg, 2002
- Effektiva tågssystem för godstransporter – Branschbeskrivningar avseende den svenska godstransportmarknaden  
Publikation 0201. Peter Bark, Haide Backman, Hans Bolin och Magnus Olsson, 2002
- LIME, Model for capacity utilisation and profitability of a railway line  
TRITA-IP FR 01-99. Stina Rosenlind, Gunnar Lind and Gerhard Troche,
- Järnvägssektorn efter järnvägsreformen 1988 – förändringar i omvärlden, trafikpolitiken och järnvägsbranschen och i järnvägens marknad 1990-2000.

- TRITA-IP AR 01-98. Bo-Lennart Nelldal, 2001
- Europakorridoren – ett bredband för fysiska transporter.  
TRITA-IP AR 01-97. Bo-Lennart Nelldal och Gerhard Troche, 2001
  - Tåg för tillväxt i Östra Mellansverige – En studie av ett samverkande tågtrafiksystem för framtida resbehov och regional utveckling.  
TRITA-IP AR 01-95. Bo-Lennart Nelldal och Gerhard Troche, 2001
  - Tågresenärers upplevelse av utrymme – Regressionsanalys av olika sittplatsegenskaper.  
TRITA-IP AR 01-94. Karl Kottenhoff, 2001
  - Effektiva handikappreducerande fordon – järnvägsfordon som på ett ekonomiskt sätt reducerar tågresenärers handikapp.  
TRITA-IP AR 01-93A. Wiktorina Heinz och Karl Kottenhoff, 2001
  - Passenger preferences in terms of timetable, comfort, and on-board service attributes on the X2000.  
TRITA-IP AR 00-87. Karl Kottenhoff, 2000
  - Passagerarutbyte i tåg - Mätningar av av- och påstigningstider samt ansats till modell för att beskriva samband. Delprojekt inom Trainlab.  
TRITA-IP AR 00-86. Wiktorina Heinz, 2000
  - Järnvägens möjligheter på den framtida godstransportmarknaden.  
TRITA-IP FR 00-81. Bo-Lennart Nelldal, Gerhard Troche, Jakob Wajzman, 2000
  - Resandeundersökningar på trafiken Stockholm–Bollnäs–Östersund–Åre för Atlantbanan.  
TRITA-IP AR 99-79. Anders Lindahl, 1999
  - Efficient night-train traffic - problems and prospects.  
TRITA-IP AR 99-77. Gerhard Troche, 1999
  - Accessibility to Train – from Information to Station. A study based on a literature review and other references.  
TRITA-IP AR 99-76. Rolf Schilling, 1999
  - Wide-body trains – vehicle concepts for different markets. A study of design, Capacity and Economy.  
TRITA-IP AR 99-75. Bo-Lennart Nelldal, 1999  
Utvärdering av Bombardier dubbeldäckat tåg "Competence" – Resenärernas kvalitativa och kvantitativa värderingar av tvåvåningståget och dess inredning på olika linjer.  
TRITA-IP AR 99-72. Karl Kottenhoff, 1999
  - Svealandsbanan. En studie av efterfrågan före och efter etableringen av ett nytt tågssystem mellan Stockholm och Eskilstuna.  
TRITA-IP FR 99-58. Oskar Fröidh, 1999
  - Evaluation of passenger train concepts – methods and results of measuring travellers' preferences in relation to costs.  
TRITA-IP FR 99-48. Doctoral dissertation. Karl Kottenhoff, 1999
  - Breda tåg, fordonskoncept för olika marknader - en studie av utformning, kapacitet och ekonomi.  
TRITA-IP AR 98-69. Bo-Lennart Nelldal, 1998
  - Utvärdering av SJ's experimentvagn B20 – Resenärers kvalitativa och kvantitativa preferenser av högkapacitetsvagn "IRmax" på olika linjer.

- TRITA-IP AR 98-68. Karl Kottenhoff, 1998
- Effektiv nattågstrafik – problem och möjligheter.  
TRITA-IP AR 98-67. Gerhard Troche, 1998
  - Södra stambanan mellan Stockholm och Linköping – utvecklingsmöjligheter för trafik och bana via Nyköpingslänken.  
TRITA-IP AR 98-59. Bo-Lennart Nelldal, Oskar Fröidh, Gerhard Troche, 1998
  - Effektiva tågssystem i Mälardalen.  
RTK pm nr 22, November 1997, av Bo-Lennart Nelldal och Gerhard Troche, 1997
  - Effektiva Tågssystem – trafikering och kapacitet – analys av typlinjer.  
Underlagsrapport, Järnvägsgruppens publikation 9713, av Gerhard Troche
  - Effektiva Tågssystem - utvecklingstrender och idéer.  
Underlagsrapport, Järnvägsgruppens publikation 9712. Gerhard Troche, 1997
  - Effektiva Tågssystem - marknad, konkurrenskraft och trafikproduktion.  
Underlagsrapport, Järnvägsgruppens publikation 9711. Karl Kottenhoff, 1997
  - Sammanfattning av Effektiva Tågssystem för framtida persontrafik - analys av förutsättningar och möjligheter för attraktiv tågtrafik.  
Järnvägsgruppens publikation 9704. 1997
  - Effektiva Tågssystem för framtida persontrafik - analys av förutsättningar och möjligheter för attraktiv tågtrafik.  
Järnvägsgruppens publikation 9702. 1997
  - Tågtrafikering för olika delmarknader - en modell för analys av kostnader och intäkter för olika tågkoncept.  
TRITA-IP AR 96-51. Stina Rosenlind och Gunnar Lind, 1996
  - Persontrafik i mindre skala – var går gränsen?  
TRITA-IP AR 96-45. Karl Kottenhoff, 1996
  - Tågtrafikens möjligheter på den framtida resemaknaden.  
TRITA-IP FR 96-11. Bo-Lennart Nelldal, Karl Kottenhoff, Gunnar Lind, Stina Rosenlind, Gerhard Troche, 1996
  - Utvärdering av tyska och svenska InterRegio vagnar (1993/1995).  
TRITA-IP AR 95-34. Karl Kottenhoff, 1995
  - Faktorer som påverkar tågbehovet vid tågutställning - exempel från Mälardalstrafiken.  
TRITA-IP AR 95-20. Gunnar Lind och Stina Rosenlind, 1995
  - Tåg eller buss med "tåginredning"?  
KFB-rapport 1994:14. Karl Kottenhoff, 1994
  - Train Interiors and the Value of Space.  
TRITA-IP AR 94-14. Karl Kottenhoff, 1994
  - European High Speed Trains 1993 - a personal report of comfort and facts.  
TRITA-IP AR 94-13. Karl Kottenhoff, 1994
  - Tågresenärers värdering av inredning och utrymme i fjärrtåg och lokaltåg - två intervjuundersökningar med stated-preference-metodik.

TRITA-IP AR 94-11. Karl Kottenhoff, 1994

- Förslag till ny trafiklösning för Arlandabanan.  
TRITA-IP AR 94-10. Bo-Lennart Nelldal och Evert Andersson, 1994
- Framtida persontåg – fordonsegenskaper för ökad attraktivitet och effektivitet.  
TRITA-IP FR 94-3. Licentiatavhandling av Karl Kottenhoff, 1994
- Evaluation of Passenger Car Interiors - german InterRegio-cars, norwegian InterCityEkspress and Regional X10-trains.  
Meddelande 86, TRITA-TPL-93-11-96. Karl Kottenhoff, 1993
- Del 1. Marknadseffekter av satsning på ett nytt tågsystem "Kustpilen" Karlskrona-Malmö.  
Meddelande 85, TRITA-TPL-93-10-93. Christer Lindh, 1993
- Del 2. Resenärernas värdering av "Kustbussen" med tåginredning.  
Meddelande 85, TRITA-TPL-93-10-93. Karl Kottenhoff, 1993
- Godstransporter på järnväg – framtida utvecklingsmöjligheter.  
Meddelande 80, TRITA-TPL-92-04-80. 1992
- Godståg och infrastruktur i ett nordiskt och europeiskt perspektiv - en framtidsstudie inför 2000-talet.  
Rail Forum Dialog nr 7/92. Bo-Lennart Nelldal och Evert Andersson, 1992
- Kundens krav på regionalståg - en studie av komfortfaktorer i Uppsalapendeln.  
Meddelande 76, TRITA-TPL-91-09-75. Christer Lindh, 1991



## Examensarbeten

- Kapacitetsanalys av tågtrafik i Stockholmsregionen – Fallstudie med beräkningsmetod. Examensarbete 04-069. Hans Sipilä, 2004
- Simulering av framtida tågtrafikupplägg mellan Stockholm och Uppsala. Examensarbete 04-068. Johannes Wolfmaier, 2004.
- Production systems for Combined Traffic. A comparative analysis between Sweden and Spain. Master thesis 04-052. Armando Carrillo Zanuy, 2004
- Kapacitetsanalys av alternativt trafikeringsupplägg och utbyggnad av Mäljarbanan. Examensarbete 03-059. Torleif Jansson, 2003
- Marknadsundersökning av nytt kombitrafiksystem mellan Mälardalen och Skåne. Examensarbete 03-058. John Fridlund, 2003
- Development of the French High-Speed Network as a Base of Ideas for the Future Scandinavian Network. Master thesis 01-181. Eric Huot, 2001
- Bangårdskapaciteten på Göteborgs Central – Analys av dagens och framtida trafik med nuvarande samt ombyggd infrastruktur. Examensarbete 01-176. Dan Berglund, 2001
- Tidtabellskonstruktion, trafikledning och rättidighet på Svealandsbanan. Examensarbete 01-157. Olov Lindfeldt, 2001
- Metoder för att finna och eliminera konflikter mellan tågägen. Examensarbete 00-138. Daniel Jäderland, 2000
- Östpendeln - En utvärdering av alternativa trafikupplägg för en ny tåglinje mellan Gävle-Stockholm-Linköping. Examensarbete 00-137. Pierre Savard, 2000
- Utveckling av natttågstrafiken på övre Norrland - Nya möjligheter för persontrafik med Botniabanan. Examensarbete 00-136. Martin Modeér och Dan Olofsson, 2000
- Kapacitetsutnyttjande i norra säcken vid Stockholm C - Analys av konsekvenserna för tågforingen av introduktionen av flygpendeln på sträckan Stockholm C - Karlberg. Examensarbete 99-104. Arman Maroufi, 1999
- Stated Preferenceenkäter på Internet - Om tåg och tågresor. Examensarbete 99-102. Karin Törnström, 1999
- Plankorsningar GC-väg/JVG - korsningstyp och utformning. Examensarbete 98-70. Rickard Sundström, 1998
- Vad vet allmänheten om tågremöjligheter? Intervjuundersökning i Stockholm och Dresden hösten 1997. Examensarbete 98-64. Marcus Schubert, 1998
- Pågatågstrafik mellan Malmö och Trelleborg - kapacitetsanalys och samhällsekonomisk bedömning. Examensarbete 97-56. Anders Berner och Per Bergström, 1997

- Är breda tåg lönsamma? En värdering av olika sittplatsarrangemang med fyra metoder.  
TRITA-IP 97-53. Pär Båge, 1997
- Resvanor i den nya Svealandsbanans sträckning - allmänhetens kunskaper om och värderingar av olika trafikbud.  
TRITA-IP 97-51. Lars Segerman, 1997
- Rullande Landsväg för transittrafik Norge - Kontinenten.  
Examensarbete 95-12. Björn Bryne och Daniel Ljunghill, 1995
- Värdeminskning vid värdering av tågkoncept - studie av komfort-, service- och tidtabellspaket med Stated Preferences-metoden.  
TRITA-IP AR 96-44. Lotta Schmidt, 1996
- Tågbytens betydelse vid långväga resor - en studie av sju nya direktlinjer.  
Examensarbete 94-9. Pia Carlsson, 1994
- Kombitrafik Sverige-Tyskland - en studie av förutsättningar för kombitrafik via färjeleden Trelleborg-Rostock.  
Examensarbete 94-8. Helena Braun, 1994
- Kapacitet på järnvägsstationer - förenklad beräkningsmetod med tillämpning på Mjölby station.  
Examensarbete 94-5. Anders Forsberg och Björn Gustafsson, 1994
- Tågresenärers värderingar av trafikering, vagntyper och service - en stated-preferences studie av Ostkustbanan.  
Examensarbete 94-1. Stina Rosenlind, 1994
- Tågtrafiksystem i korridoren Stockholm-Arlanda-Uppsala - en jämförelse mellan ett integrerat och ett separerat trafiksystem.  
Examensarbete nr 1993:1, TRITA-TPL-93-01-88. Björn Nordell, 1993
- Ett nytt koncept för höghastighetståg i Sverige.  
Examensarbete nr 1993:2, TRITA-TPL-93-01-89. Fredrik Sundström, 1993
- Nya Nyköpingsbanan - studie av alternativa linjer.  
Examensarbete 1992:6, TRITA-TPL-92-12-85. Oskar Fröidh, 1992