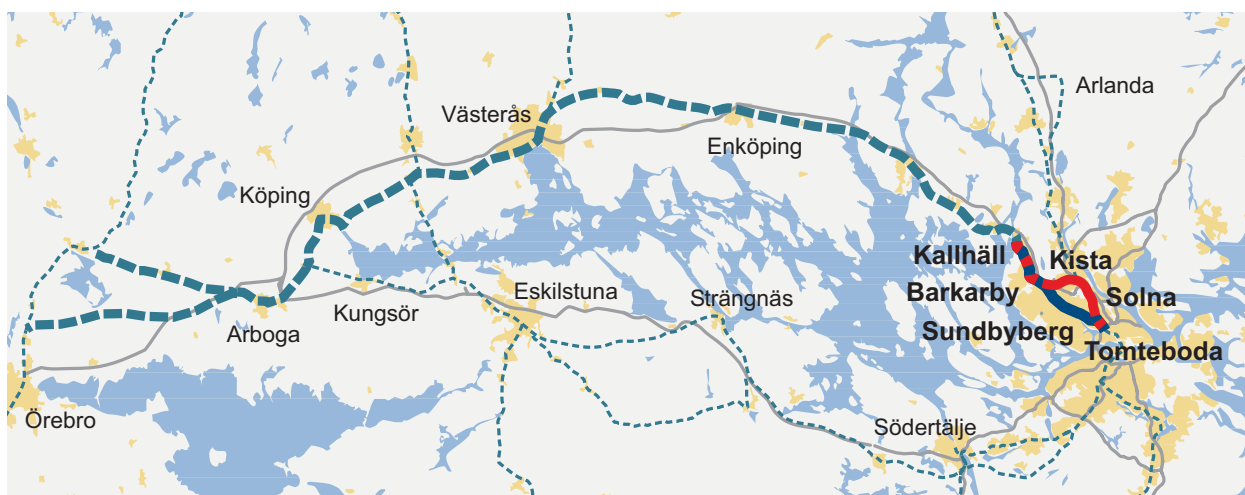
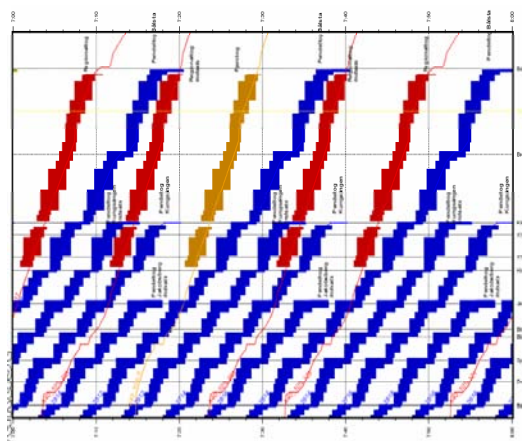


Trafik och kapacitet



Medverkande

Banverkets projektgrupp

Jim Johansson, projektledare

Ola Kromnow, biträdande projektledare

Catharina Lindberg, delprojektledare miljö, arkitektur samt risk och säkerhet

Bengt-Olov Nilsson, delprojektledare teknik

John Fridlund, delprojektledare trafik- och kapacitetsfrågor

Eric Huot / Martin Sandberg, delprojektledare omvärldsanalys och prognoser

Rapport Trafik och kapacitet

John Fridlund, Railize, delprojektledare trafik- och kapacitetsfrågor

Ralf Timmerman, Atkins Sverige AB, uppdragsledare

Anders Kaas, Atkins Danmark A/S, teknikansvarig

Erik Mørck Jacobsen, Atkins Danmark A/S, infrastrukturmodell

Thomas Meier, Atkins Danmark A/S, infrastruktur, tidtabell och simulering

Fredrik Magnusson, Atkins Danmark A/S, infrastruktur, tidtabell och simulering

Hans Thorselius, DANIELSONDOSK AB, rapportskrivning

Innehåll

Sammanfattning	5
1 Inledning	7
1.1 JÄRNVÄGSUTREDNINGENS UTREDNINGSSALTERNATIV	7
1.2 BAKGRUND OCH SYFTE	8
1.3 AVGRÄNSNINGAR I ANALYSEN	9
2 Förutsättningar	10
2.1 STYRANDE MARKNADSKRAV OCH MÅL	10
2.2 OMGIVANDE JÄRNVÄGSSYSTEM	10
2.3 BERÖRT JÄRNVÄGSSYSTEM/-STRÄCKA	11
2.4 INDATA	11
3 Simuleringsalternativ	15
3.1 ALLMÄNT	15
3.2 JA – BEFINTLIGT JÄRNVÄGSSYSTEM INKLUSIVE CITYBANAN	15
3.3 UA BEFINTLIG – 4-SPÅR I BEFINTLIG KORRIDOR.....	16
3.4 UA KISTA – 4 SPÅR I NY KORRIDOR VIA KISTA	17
4 Gångtidsberäkningar	18
4.1 BERÄKNINGSALTERNATIV	18
4.2 RESULTAT	18
4.3 OSÄKERHET I BERÄKNINGARNA	19
4.4 KURVRÄTNINGAR	20
4.5 SLUTSATSER	22
5 Systemanalys, trafikeringsprinciper	24
5.1 TRAFIKEN PÅ MÄLARBANAN	24
5.2 TRAFIKEN PÅ OMGIVANDE BANOR	27
5.3 SPÄRANVÄNDNING	28

5.4	ANVÄNDNING AV VÄNDSPÅR	29
6	Tidtabeller	30
6.1	PERSONTRAFIK	30
7	Simulering	36
7.1	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SIMULERING	36
7.2	RESULTAT AV SIMULERING	36
7.3	RISKEN FÖR STORA FÖRSENINGAR.....	40
8	Kapacitetsbristsanalys	41
8.1	KAPACITETSBRIST KALLHÄLL – KUNGSÅNGEN	41
8.2	KAPACITETSBRIST VÄNDSPÅR	42
9	Övriga analyser	47
9.1	GODSTÅG VÄSTERÅS-TOMTEBODA	47
9.2	ALTERNATIV TRAFIKERING - DELAD TRAFIK (KISTA KORRIDOR).....	52
9.3	ETAPPUTBYGGNADSSTRATEGIER	57
10	Slutsatser	66
10.1	ALLMÄNNA KOMMENTARER TILL ANALYSEN	67
Källor		69
Bilaga 1: Förseningsfördelningar i simulering		70

Sammanfattning

Bakgrund / syfte

Denna rapport utgör slutrapporteringen av deluppdrag Trafik- och kapacitetsanalyser inom ramen för järnvägsutredning för Mälarbanan, delen Tomtebodav-Kallhäll.

Det övergripande syftet med uppdraget är att fördjupa analysen av de alternativ som redovisades i förstudien, och som nu förs vidare till järnvägsutredningen, vad avser trafikerings- och kapacitetsfrågor. Utgångspunkter för trafikeringsfrågor är framarbetade av Banverket genom behovsanalys för prognosåret 2020

Utbyggnadsalternativ

Följande utbyggnadsalternativ har analyserats:

- JA – befintligt spårssystem med tillägg för Citybanan
- UA Befintlig korridor – utbyggnad till 4-spår i befintlig korridor via Sundbyberg
- UA Kista korridor – utbyggnad till 4-spår i ny korridor via Kista

Restider

Utförda gångtidsberäkningar har visat att de restidskrav som har formulerats inom ramen för projektet kan uppfyllas oberoende av utbyggnadsalternativ. Kraven innebär att restiden mellan Stockholm och Västerås ska uppgå till maximalt 45 minuter med regionala direktåg (utan stopp längs vägen) och till maximalt 50 minuter med regionala tåg med tre stopp längs vägen.

Kapacitet / turutbud

Utförd tidtabellsanalys har visat att det i utbyggnadsalternativen är möjligt att tillgodose följande krav på kapacitet och turutbud:

- Styv fem minuters turtäthet med pendeltåg. Begränsad kapacitet väster om Kallhäll möjliggör endast 10 minuters turtäthet på denna sträcka.
- Fyra regionaltåg per timme under rusningstrafik mellan Stockholm och Västerås. Styv kvartstrafik är dock inte möjlig.
- Ett fjärrtåg per timme mellan Stockholm och Västerås.

Punktlighet

Simulering av de olika alternativen ger följande resultat:

- JA utan ökad trafik, men med nya fordon med bättre prestanda och tillkomsten av Citybanan, ger en mycket god punktlighet.
- I UA får man en förbättrad punktlighet när det gäller förseningar överstigande 2 ½ minut. Antalet små förseningar i intervallet 30-60 sekunder ökar i förhållande till JA, eftersom den tätare trafiken i UA ger en ökad risk för mindre konflikter mellan enstaka tåg.

- Risken för stora förseningar för regionalstågen på grund av försenade pendeltåg reduceras markant i UA.
- Skillnaden i punktlighet mellan utbyggnadsalternativen är marginell.

Kapacitetsbristanalys

Med utgångspunkt från simuleringsresultatet ges följande rekommendationer avseende förändringar av trafikering och infrastruktur i grundförutsättningarna:

- Att trafikproduktionen i det ursprungliga trafikupplägget är för stor för att ge en robust avveckling av trafiken. Om trafiken reduceras från nio till sex pendeltåg väster om Kallhäll, så uppnås en acceptabel punktlighet.
- I Kallhäll finns inte plats att vända sex tåglinjer.
- Att kapaciteten i alternativen måste utökas genom utökad vändfunktion i Kallhäll.

Möjligheter för godstrafik

Möjligheterna att, givet förutsättningarna om persontrafiken, köra godståg på sträckan Västerås-Tomtebodav har analyserats med följande resultat:

- Det är möjligt att köra upp till två godståg per timme i båda riktningarna Västerås-Tomtebodav under persontrafikens lågtrafikperioder.
- Om man önskar köra godståg i rusningstrafiken är det bara möjligt i UA Befintlig korridor och det krävs dessutom en planskild spåranslutning för godstågen i Tomtebodav.

Övriga analyser

Effekterna av etapputbyggnader har analyserats. De alternativ som har analyserats är ”inifrån och ut” och ”utifrån och in”, cirka 10 km fyrspår antingen närmast Stockholm eller från Kallhäll mot Stockholm. Analysen visar att ingen av etapputbyggnaderna möjliggör utökad turtäthet med acceptabelt kapacitetsutnyttjande.

I alternativet via Kista är det möjligt att dela upp trafiken genom att exempelvis lägga hälften av pendeltågen via Kista och hälften via Sundbyberg. En sådan uppdelning av trafiken är möjlig, men det krävs stora anpassningar av infrastrukturen som bör tas med i den vidare projekteringen om en sådan ”delad trafik” är aktuell.

1 Inledning

1.1 Järnvägsutredningens utredningsalternativ

Det är två korridorer som ställs mot varandra i järnvägsutredningen och som i huvudrapporten beskrivs mer ingående. De två korridorerna är Befintlig korridor och Kista korridor.



De två utredningskorridorerna i järnvägsutredningen

Inom respektive korridor finns det flera alternativa förslag till utformning av järnvägsanläggningen. De alternativa förslag som studerats varierar i omfattning och betydelse. De har i det följande delats in i tre kategorier, antingen som "Alternativ utformning", "Variant" eller som "Avförd variant".

De förslag som benämnts Alternativ utformning har studerats så långt som är rimligt i detta skede avseende trafik, teknik, miljökonsekvenser och ekonomi. Varianterna är, fastän redovisade på en mer översiktlig nivå, inte att betrakta som avförda förslag utan kan komma att studeras vidare om så bedöms nödvändigt eller önskvärt längre fram i utredningsprocessen. Avförda varianter har i olika grad studerats men avförts från utredningen.

Om inte annat anges i kommande texter så avser beskrivningarna en järnvägsutbyggnad i ytläge.

De Utredningsalternativ med Alternativ utformning som redovisas mer utförligt i Järnvägsutredningens huvudrapport är:

- Befintlig korridor – alternativ utformning genom Sundbyberg
 - o A – Ytläge
 - o B – Tunnel med öppen station
 - o C – Tunnel med täckt station

- Kista korridor – alternativ utformning genom Solna
 - o A – Utbyggnad österut
 - o B – Utbyggnad västerut

I huvudrapporten beskrivs även möjliga och avförda varianter av utformningsalternativen.

1.2 Bakgrund och syfte

Kapaciteten på den del av Mälarbanan som ligger närmast Stockholm är idag fullt utnyttjad. Det innebär att det inte är möjligt att rationellt utnyttja den lediga kapaciteten på resterande delar av Mälarbanan. Om sträckan Tomtebodav-Kallhäll byggs ut möjliggörs däremot fler och snabbare tåg på hela Mälarbanan.

Kapacitetsanalysen ska påvisa om det, med den i projektet Mälarbanan föreslagna utbyggnaden, uppnås förväntad kapacitet och punktlighet. Detta ska göras dels genom en grundlig analys av huvudalternativen med en dynamisk simulering av trafiken, dels genom ett antal övriga analyser av andra kapacitetsfrågor och värdering av alternativ till huvudalternativet.

Kapacitetsanalysarbetet har också bistått projektgruppen med preliminära analyser av idéer avseende trafikerings- och kapacitetsfrågor.

1.2.1 Allmänt

Med hjälp av en simuleringsmodell i programmet RailSys utförs en systemanalys av trafiksystemet i och kring Mälarbanan. Som en del av metoden tas trafikupplägg fram för att sedan simulera deras robusthet och flexibilitet.

1.2.2 Simuleringsmodell

De beräkningar som ligger till grund för denna analys – gångtidsberäkningar och kapacitetsanalyser – har utförts med hjälp av programvaran RailSys (version 4.4.34).

1.2.3 Analyssteg

Analysen omfattar följande områden och resultat:

- Systemanalys/trafikeringsprinciper
- Infrastrukturbristanalys
- Flaskhalsar i systemet
- Gångtidstillägg
- Tågförseningar i modellen
- Trafikupplägg och tidtabellskonstruktion
- Verifikation av körtider
- Alternativens störningskänslighet
- Input till den samhällsekonomiska kalkylen

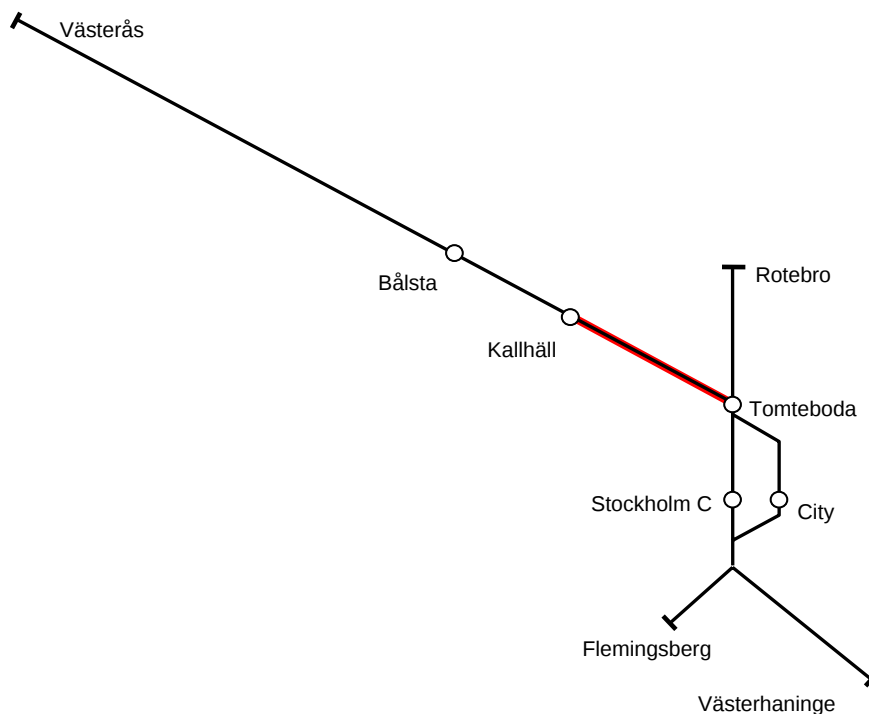
Resultatet av kapacitetsanalyserna, och den efterföljande implementeringen i RailSys, innebär att tidtabellerna i de olika modellerna är framtagna med lika förutsättningar med hänsyn till möjligheter och begränsningar i infrastrukturen.

Simuleringarna av tågtrafiken i de olika alternativen är en kontroll av om trafiken kan avvecklas under givna förutsättningar och med acceptabel kvalitet.

1.3 Avgränsningar i analysen

Simuleringsmodellen innefattar primärt Mälarbanan på sträckan mellan Stockholm och Västerås. Dessutom ingår hela eller delar av Västra stambanan, Nynäsbanan, Ostkustbanan, och Citybanan i modellen. Modellens avgränsningar är valda i syfte att systemeffekterna av Mälarbanans trafik ska kunna beaktas.

I figuren nedan redovisas modellens geografiska avgränsningar.



Figur 1 Simuleringsmodellens geografiska avgränsningar

2 Förutsättningar

2.1 Styrande marknadskrav och mål

2.1.1 Restider

Inom ramen för projektet har följande restidskrav/-mål formulerats och som har varit styrande för arbetet med trafikupplägg och tidtabellskonstruktion:

- Restiden mellan Stockholm och Västerås ska uppgå till maximalt 45 minuter med regionala direkttåg (utan stopp längs vägen) och till maximalt 50 minuter med regionala tåg med tre stopp längs vägen.

2.1.2 Avgångs- / ankomsttider (krav på tidtabellen)

Tidtabellen är konstruerat utifrån önskemål om att uppnå styv tidtabell med fasta minuttal för både pendeltågen och regionaltågen.

2.1.3 Kapacitet / turutbud

Kraven är att den utbyggda infrastrukturen ska medge följande kapacitet/turutbud i systemet:

- Fem minuters turtäthet (styv tidtabell) med pendeltåg under rusningstrafik mellan Stockholm och Jakobsberg.
- Fyra regionaltåg per timme under rusningstrafik mellan Stockholm och Västerås. Om möjligt med styv kvartstrafik.
- Ett fjärrtåg per timme mellan Stockholm och Västerås.

2.1.4 Godstrafik

Det finns önskemål om kapacitet för ett godståg per timme i vardera riktningen mellan Västerås och Tomtebodavägen. Önskemålet gäller för alla dygnets timmar – även för maxtimmen.

2.2 Omgivande järnvägssystem

Sträckan Tomtebodavägen-Kallhäll utgör endast en liten del av hela Mälarbanan. Mälarbanan går från Stockholm via Västerås och vidare till Frövi respektive Hovsta.



Figur 2 Spårsystemet i Mälardalen, bilden är tagen från Banverkets hemsida

Kapaciteten på den del av Mälarbanan som ligger närmast Stockholm är idag fullt utnyttjad. Det innebär att det inte är möjligt att rationellt utnyttja den lediga kapaciteten på resterande delar av Mälarbanan. Om sträckan Tomtebodavägen-Kallhäll byggs ut möjliggörs däremot fler och snabbare tåg på hela Mälarbanan.

2.3 Berört järnvägssystem / -sträcka

I figur 3 visas Mälarbanans sträckning Tomtebodavägen-Kallhäll. Banan passerar igenom Sundbyberg och Jakobsberg.



Figur 3 Mälarbanan, delen Tomtebodavägen-Kallhäll.

2.4 Indata

2.4.1 Infrastruktur

Banverket har levererat infrastrukturmodellen som är en samlad RailSysmodell för Stockholms-områdets existerande järnvägsnät kompletterad med projektet Citybanan.

Modellen har anpassats för att användas för kapacitetsanalysen av Mälarbanan. Dessutom har modellen utvidgats med sträckan Bålsta – Västerås. Indata för utvidgningen kommer från bandata från BIS och från linjeboken.

Bandata till alternativen UA1 och UA2 kommer från linjeprofiler i skala 1:2000 från förstudien (daterad 2004-05-20), där placering av signaler och växlar i största möjliga mån följer befintlig bana. På ny korridor mellan Barkarby och Silverdal till anslutningen på Ostkustbanan, har lagts signaler var 2000:e meter.

Alternativ JA: dagens infrastruktur utbyggd med Citybanan och dess anslutningar i Tomtebodavägen och Stockholm Södra.

Alternativ UA1: samma infrastruktur som i JA utbyggd med ett 3:e och 4:e spår Kallhäll – Tomtebodavägen via Sundbyberg. Stationerna Barkarby och Sundbyberg byggs med 4 plattformsspår, så att både regional- och fjärrtåg kan stanna.

Alternativ UA2: samma infrastruktur som i JA utbyggd med ett 3:e och 4:e spår Kallhäll – Barkarby samt ett 5:e och 6:e spår på Ostkustbanan mellan Silverdal och Tomtebodavägen. Mellan Barkarby och Silverdal anläggs ett nytt dubbelspår via Kista.

Barkarby, Kista och Solna byggs med plattformsspår så att både regional- och fjärrtåg kan angöra dessa stationer.

2.4.2 Fordon

Följande fordonstyper och uppehållstider på stationerna har tillämpats i simuleringen:

- Regional- och fjärrtåg – dubbelkopplade X40 tågsätt med 60 sek. uppehåll på stationer. Användandet av tågtypen X40 även för fjärrtågstrafiken (egentligen X2) är en förenkling i förhållande till verkligheten men bedöms inte påverka slutresultatet.
- Pendeltåg – dubbelkopplade X60 tågsätt med 42 sek. uppehåll på stationer.

2.4.3 Förseningar / störningar

Systemets känslighet och robusthet provas genom att samtliga tåg påförs förseningar enligt en given förseningsfördelning. Förseningarna i modellen sammanfaller med dem som redovisas i KTH-rapport *Kapacitetsanalys av alternativt trafikeringssupplägg och utbyggnad av Mälärbanan* [Ref 1]. Uppgifterna bygger på Banverkets databas TFÖR.

Samma förseningsfördelning användes i förstudiens kapacitetsanalys.

Tågen i modellen påförs följande typer av förseningar:

- Ingångsförseningar, d.v.s. vid tågens avgångsstation inom modellens avgränsningar eller när tåg ”dyker upp” i modellen utifrån modellens avgränsningar. Förseningsfördelningarna representerar störning av trafiken som uppkommer utanför modellens gränser, t.ex. att ett tåg är försenat vid ankomsten till modellens gräns.

Fördelningen av förseningarna är identiska med dem som använts i KTH-rapporten ”*Kapacitetsanalys av alternativt trafikeringssupplägg och utbyggnad av Mälärbanan*”. De specifika förseningsfördelningarna samt var dessa används framgår av Bilaga 1.

- Uppehållsförseningar; d.v.s. förseningar vid mellanstationer utöver ordinarie uppehållstid. De specifika förseningsfördelningarna samt var dessa används framgår av Bilaga 1.
- Förseningsfördelningarna representerar de förseningar, som kan förlänga den tid som tågen står på station, t.ex. förseningar som uppstår i samband med att passagerare stiger på och av.

I tabellen nedan redovisas hur de förseningar som har använts i modellen fungerar.

I simuleringen har t.ex. följande fördelning av förseningarna använts i Bålsta för alla avgående pendeltåg:

Andel tåg	Försening [sekunder]
80 %	0
12 %	0-60
4 %	60-120
3 %	120-180
1 %	180-240

Tabell 1 Exempel på förseningsfördelning för pendeltåg i Bålsta.

Förseningarna används för alla pendeltåg som avgår från Bålsta. Pendeltågen kan även bli försenade av sekundära störningar, t.ex. om förseningen av ett ankommande tåg till Bålsta är så stor att det inte är möjligt att avgå punktligt. Pendeltåg från Bålsta kan också bli försenade om ett annat tåg från Västerås passerar Bålsta precis när pendeltåget skulle ha avgått.

Det läggs på en uppehållsförsening på upp till två minuter vid alla stationer som pendeltåget stannar vid.

Samma princip används för alla tåg på Mäljarbanan. Tåg som inte trafikerar Mäljarbanan är sekundära för modellen. De utsätts därmed inte för några förseningar utan de inkluderas i simuleringen för att kapaciteten vid olika anslutningspunkter ska vara realistiska.

2.4.4 Trafikering / tidtabell

Trafikeringen av Mäljarbanan och framtagna tidtabeller i simuleringen är baserade på en behovsanalys och därigenom formulerade marknadskrav. Trafikeringen redovisas övergripande i avsnitt 4 Systemanalys och tidtabellerna i avsnitt 5 Tidtabeller.

2.4.5 Gångtidstillägg

Tågen på Mäljarbanan föreslås tidtabellsläggas med ett procentuellt gångtidstillägg på i genomsnitt 10 %.

- Huvuddelen av tilläggen för pendeltågen bör förläggas till vändstationerna.
- I flaskhalsen mellan Kallhäll och Kungsängen bör pendeltågen tidtabellsläggas helt utan gångtidstillägg för att säkra en snabb passage av sträckan.
- I flaskhalsen mellan Kallhäll och Kungsängen (möjligtvis hela vägen till Bålsta) bör regional- och fjärrtåg tidtabellsläggas så att de passerar sträckningen med ett högre tillägg och därmed lägre hastighet. En homogenisering av hastigheterna på sträckan ger ett optimalt utnyttjande av kapaciteten.

I gengäld kan pendeltågen få större tillägg enligt följande:

- Före flaskhalsen för att säkra att tågen är synkroniserade med tidtabellskanalerna genom flaskhalsen.
- Efter flaskhalsen för att minska eventuella små förseningar som kan uppstå vid passage av flaskhalsen.

I tidtabeller som redovisas i kap. 6 har ett generellt tillägg på 10 % på hela sträckan tillämpats, men det är möjligt att ändra fördelningen enligt de principer som anges ovan.

Exempel på gångtidstillägg som har använts i analysen:

- Regionaltåg: 4 min på sträckan Västerås – Stockholm
- Fjärrtåg: 4 min på sträckan Västerås – Stockholm
- Pendeltåg: 3 min på sträckan Bålsta – Stockholm

3 Simuleringsalternativ

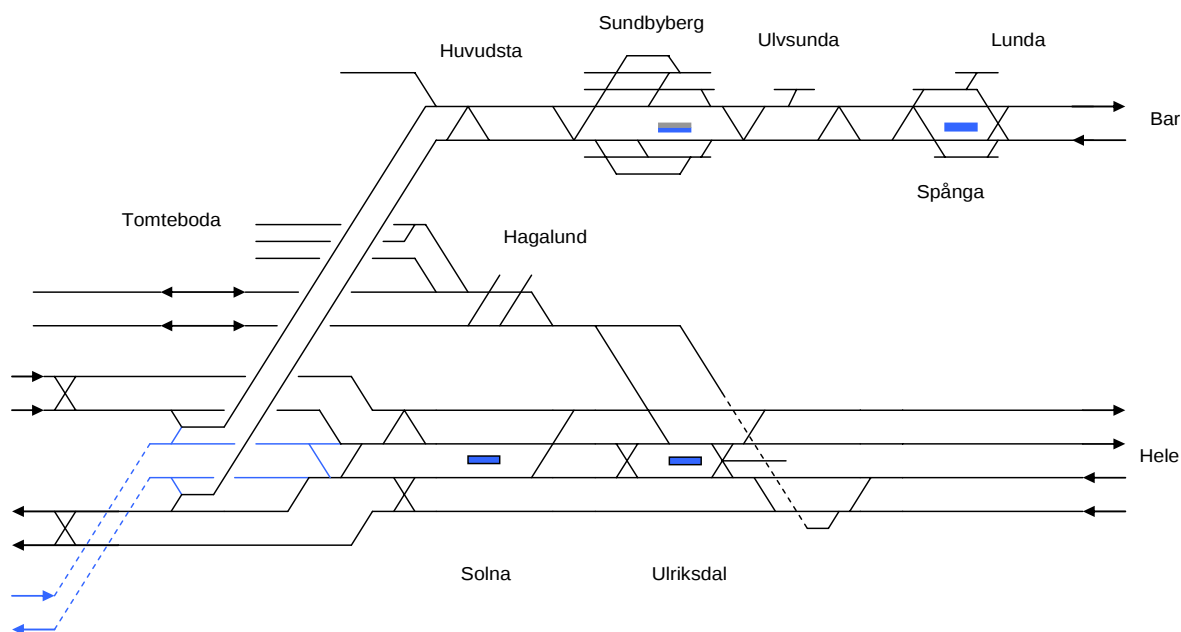
3.1 Allmänt

I järnvägsutredningen utreds samtliga alternativ som ingick i förstudien. Detta innebär tre varianter i befintlig korridor och två varianter via Kista. Varianterna av sträckningsalternativen är dock snarlika utifrån kapacitetssynpunkt, varför det har beslutats att simuleringen, utöver jämförelsealternativet, endast ska avse två huvudalternativ:

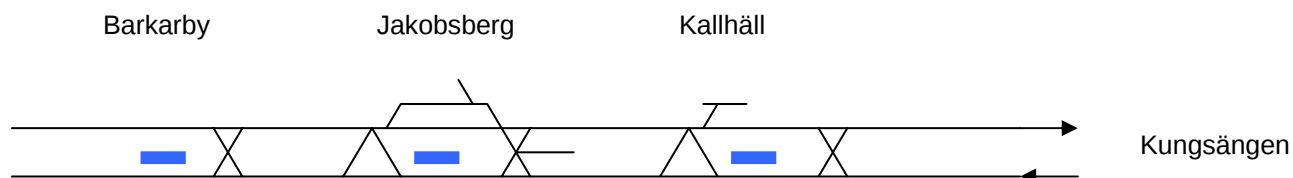
- Utbyggnad i befintlig korridor – nedan kallad **UA befintlig**
- Utbyggnad i ny korridor via Kista (KA) – nedan kallad **UA Kista**

Spårfigurationerna i utredningsalternativen överensstämmer med dem som redovisas i Banverkets rapport 2007-07-09 (Ref 2).

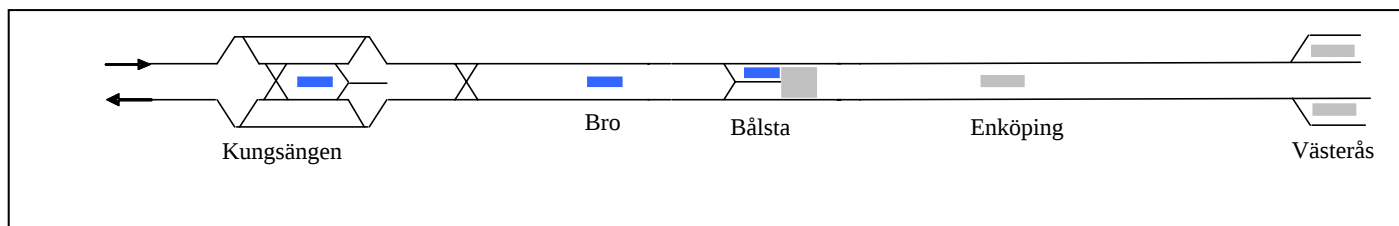
3.2 JA – Befintligt järnvägssystem inklusive Citybanan



Figur 4 Befintlig spårfigurationen inklusive den planerade Citybanan på delen Tomtebodavägen-Barkarby.



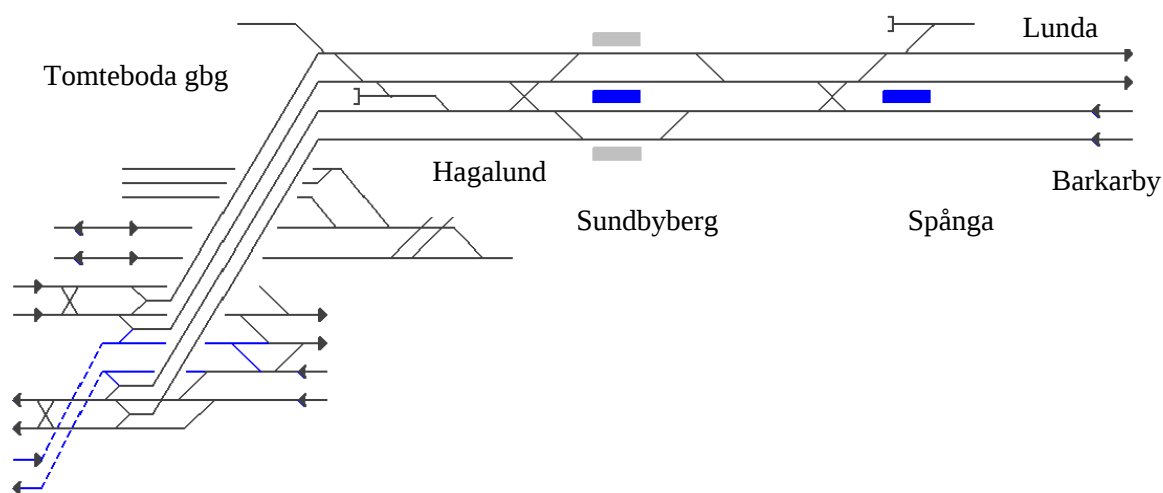
Figur 5 Befintlig spårfiguration Barkarby-Kallhäll.



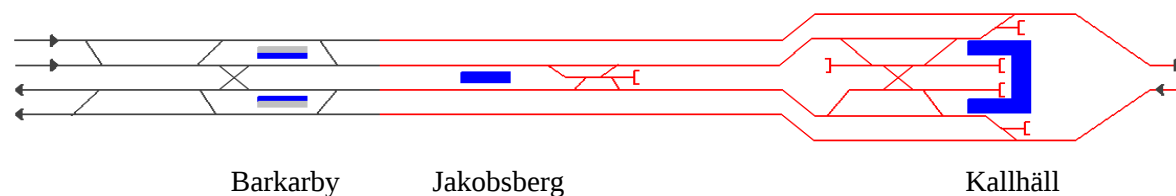
Figur 6 Mälardalen på delen Kallhäll-Västerås. Spårfigurationen är lika i samtliga alternativ.

3.3 UA Befintlig – 4-spår i befintlig korridor

Modellen i RailSys har byggts upp med spårfiguration för befintlig korridor enligt nedanstående figurer.



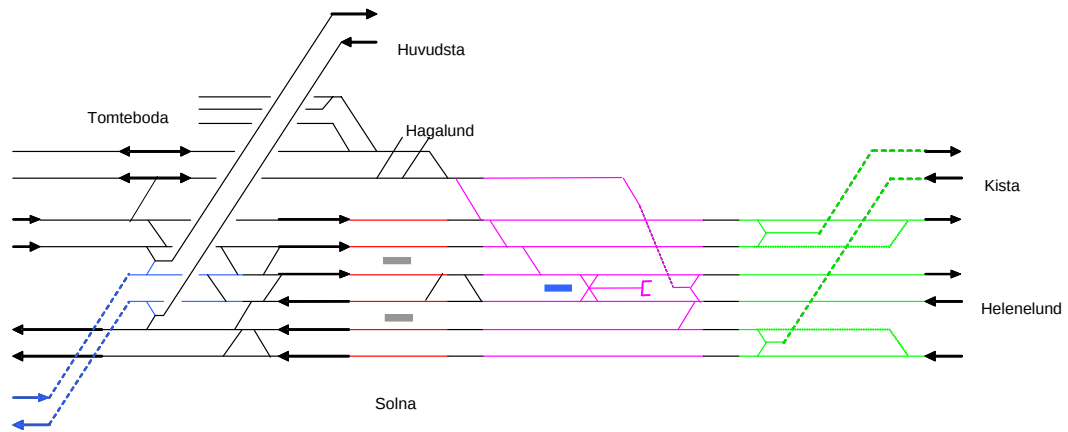
Figur 7 Spårfigurationen i befintlig korridor Tomtebodagården-Spånga-Barkarby.
Källa: Banverket Rapport 2007-07-09 (Ref 2).



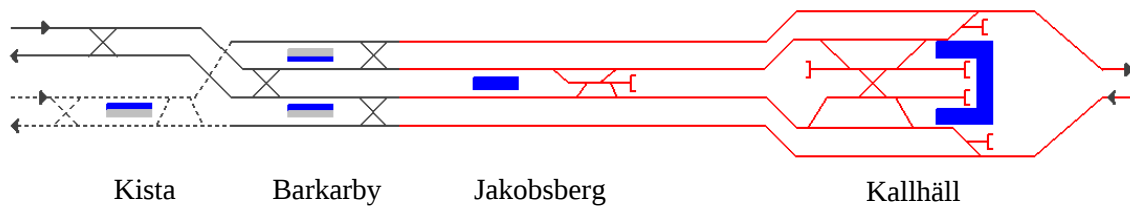
Figur 8 Spårfiguration i befintlig korridor Barkarby-Kallhäll.
Källa: Banverket Rapport 2007-07-09 (Ref 2).

3.4 UA Kista – 4 spår i ny korridor via Kista

Modellen i RailSys har byggts upp med spårfiguration för ny korridor via Kista enligt nedanstående figurer.



Figur 9 Spårfigurationen i ny korridor via Kista, Tomtebodavägen-Kista.
Källa: Banverket Rapport 2007-07-09 (Ref 2).



Figur 10 Spårfigurationen i ny korridor via Kista, Kista-Kallhäll.
Källa: Banverket Rapport 2007-07-09 (Ref 2).

4 Gångtidsberäkningar

4.1 Beräkningsalternativ

Gångtiderna redovisas för tre ”alternativa hastigheter”, för båda korridorerna och för olika tåg-kategorier. De alternativa hastigheterna är:

- 160 km/h hela vägen med undantag för Tomtebodasundbyberg (alt. 160 km/h)
- Projekterad hastighet enligt tidigare överlämnat material från förstudien (alt. FS) – 160 km/h med hastighetsreducering i vissa kurvor.
- Hastighet med dagens infrastruktur (alt. JA)

Gångtidsberäkningarna förutsätter tre uppehåll för resandeutbyte i samtliga alternativ. Alternativen är således jämförbara i detta avseende.

4.2 Resultat

Beräknade gångtider redovisas nedan separat för pendeltåg och regionaltåg på sträckan Västerås – Stockholm. Vi har valt att presentera regionaltågen med uppehåll i Sundbyberg/Kista, Barkarby och Enköping. För regionaltågen gäller att ett uppehåll utöver de tre i analysen resulterar i en förlängd gångtid på 2½ - 3 minuter.

	Kista korridoren		Befintlig korridor		JA
	160 km/h	FS	160 km/h	FS	Befintlig sth.
	mm:ss	mm:ss	mm:ss	mm:ss	mm:ss
Stockholm	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Solna			-	-	-
Kista	07:50	07:50	-	-	-
Sundbyberg	-	-	06:06	06:06	05:41
Barkarby	02:44	02:44	04:15	04:15	04:45
Bålsta					
Enköping	18:31	18:39	18:20	18:25	19:57
Västerås	13:36	13:36	13:36	13:36	13:36
Stockholm - Västerås inkl. 1 minut stopp vid uppehåll	45:41	45:49	45:17	45:22	46:59
2007 tidtabell: Stockholm C – Västerås 60 min inkl. tidtabellstillägg					

Tabell 1 Gångtider från avgång till ankomst för regionaltåg (X40) – utan tidtabellstillägg.

	160 km/h	FS	JA – dagens sth.
	mm:ss	mm:ss	mm:ss
Stockholm C			
Karlberg			
Odenplan	00:00	00:00	00:00
Sundbyberg	04:02	04:02	04:02
Spånga	03:02	03:02	03:26
Barkarby	01:57	01:57	02:00
Jakobsberg	02:35	02:35	02:46
Kallhäll	02:20	02:20	02:26
Kungsängen	03:00	03:00	03:00
Bro	04:04	04:04	04:04
Bålsta	04:01	04:01	04:01
Odenplan - Västerås inkl. 42 sek. stopp vid uppehåll	29:52	29:52	30:42
2007 tidtabell: Stockholm C – Bålsta 39 min inkl. tidtabellstillägg			

Tabell 2 Gångtider från avgång till ankomst för pendeltåg (X60) – utan tidtabellstillägg.

Pendeltågen kör i båda alternativen via Sundbyberg

4.3 Osäkerhet i beräkningarna

Beräkningarna i RailSys innehåller vissa osäkerheter där felmarginalen maximalt uppgår till 15 sekunder. Nedanstående punkter redovisar orsaken till detta:

- Varierande gångtid omkring Stockholm C på grund av olika plattformsanvändning och nya tågvägar på sträckan Stockholm C – Tomtebodan.
- Ändring av placering av stationer i kombination med kurvrätningar för exempelvis Sundbyberg, Barkarby och Kallhäll.
- Kurvrätningarna kan resultera i ändrad längd av sträckningen. Detta är inte medtaget i analysen, befintlig kilometerräkning är oförändrad.
- Lutningar är inte medtagna. Erfarenhetsmässigt har lutningar liten betydelse för gångtiderna för moderna fordon. Större betydelse har tillgänglig adhesion i spåret.

4.4 Kurvrätningar

En undersökning är gjord med avseende på hur gångtiden påverkas om man undviker att räta ut tre kurvor mellan km 6+950 och 20+720.

4.4.1 Gångtider med viss hastighetsreduktion

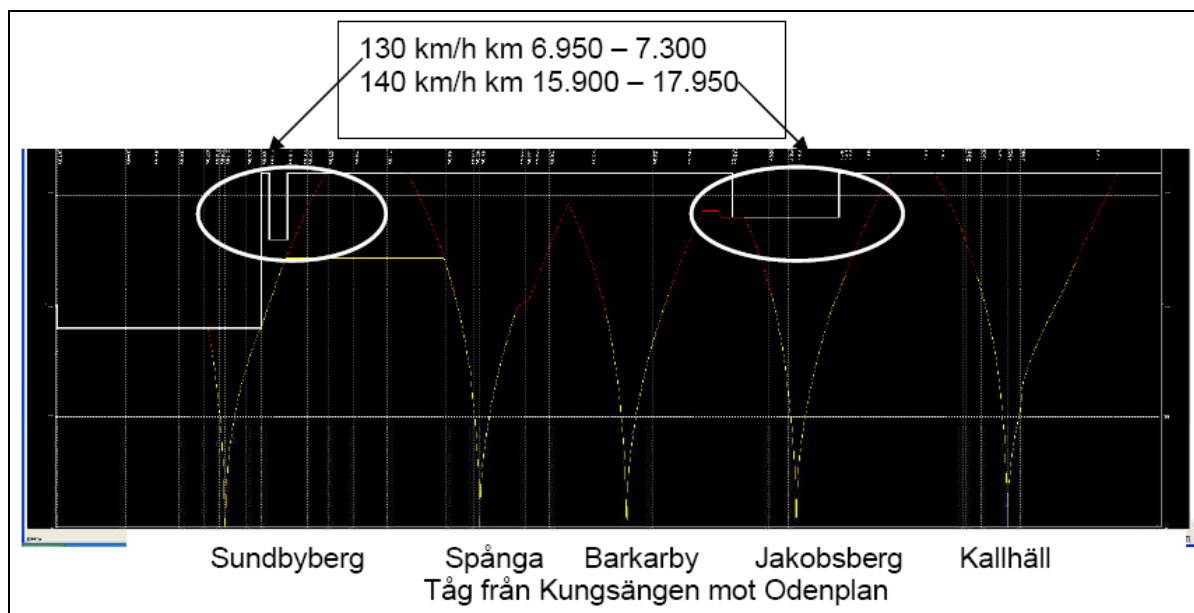
Spårgeometrins påverkan på gångtiden har undersökts där en hastighetsreducering valts istället för en kurvrätning enligt följande:

- 130 km/h mellan km 6+950 och km 7+300 (norr om Sundbyberg)
- 140 km/h mellan km 15+900 och km 17+950 (Jakobsberg)
- 160 km/h mellan km 19+870 och km 20+720 (söder om Kallhäll) påverkar hastigheten endast om den dimensionerande hastigheten är större än 160 km/h

Den röda kurvan i figuren nedan visar den teoretiska maximala hastigheten och den gula kurvan visar hastigheten när tåget utnyttjar sitt gångtidstillägg på 10 %.

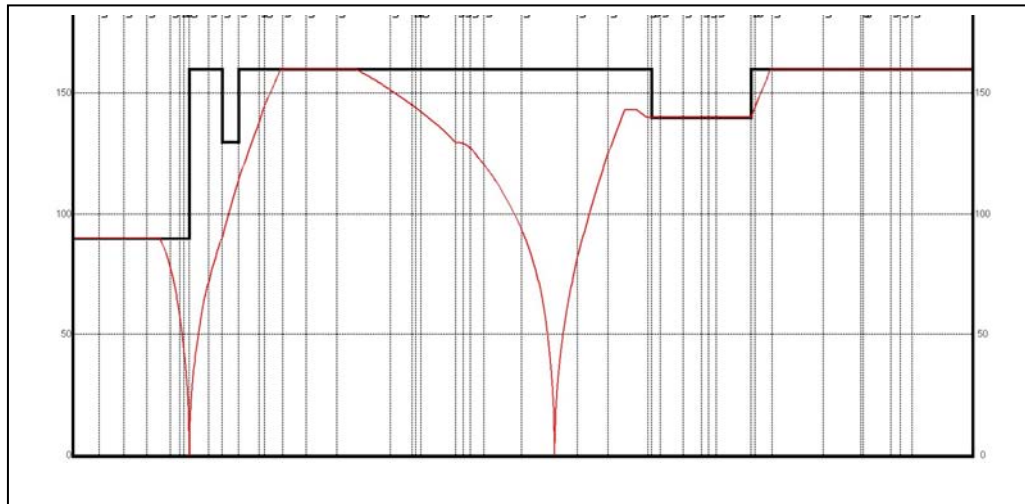
I figurerna nedan visas hastigheten i kurvan för ett tåg mot från Kungsängen mot Odenplan som stannar i Kallhäll, Jakobsberg, Barkarby, Spånga och Sundbyberg, samt för tågen i motsatt körriktning.

Som framgår är hastighetsnedsättningen vid Sundbyberg inte begränsande för tågets hastighet. Hastighetsnedsättningen vid Jakobsberg kan teoretisk ge en mycket liten påverkan av gångtiden.



Figur 11 Hastighetsprofil för pendeltåg med fyra stopp vid maximal hastighet och vid två hastighetsnedsättningar på sträckan Tomtebodavägen-Kallhäll.

För ett tåg som inte stannar i Jakobsberg betyder 140 km/h-restriktionen en gångtidsförlängning på 7-8 sekunder i förhållande till en hastighet på 160 km/h på grund av tågets accelerations- och retardationsegenskaper.



Figur 12 Hastighetsprofil för regionaltåg med två stopp vid maximal hastighet och vid två hastighetsnedsättningar på sträckan Tomtebodavägen-Kallhäll.

4.4.2 Gångtider med dagens situation

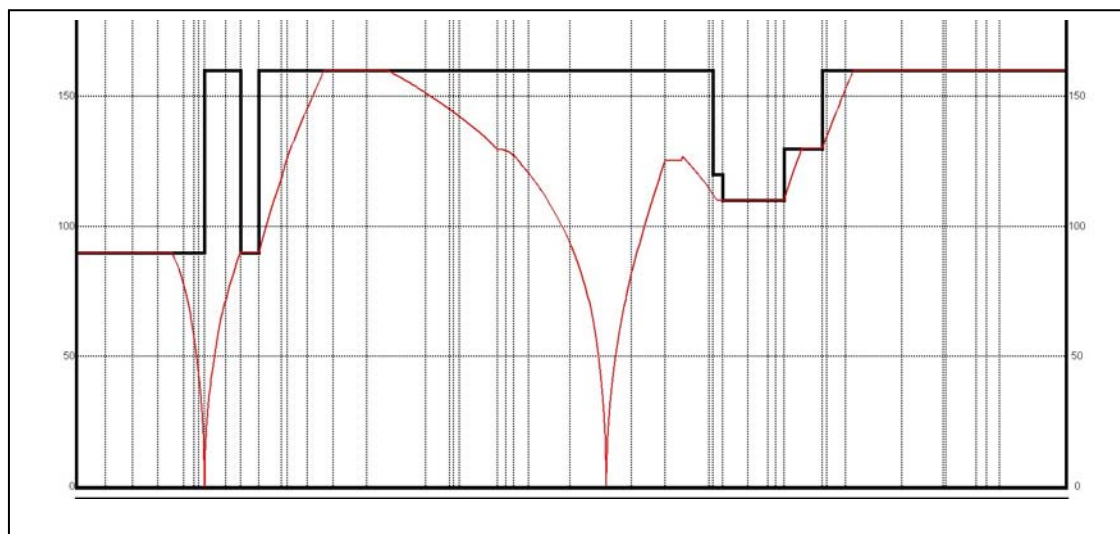
Som alternativ har följande hastighetsprofil analyserats, där hastigheten i de två kurvorna inte ändrats i förhållande till dagens situation.

Vid Sundbyberg:

- 90 km/h mellan km 6+950 och km 7+300

Vid Jakobsberg:

- 120 km/h mellan km 15+900 och km 16+110
- 110 km/h mellan km 16+110 och km 17+300
- 130 km/h mellan km 17+300 och km 17+950



Figur 13 Hastighetsprofil för regionaltåg med två stopp vid maximal hastighet och vid dagens två hastighetsnedsättningar på sträckan Tomtebodav-Kallhäll.

För ett regionaltåg som stannar i Barkarby betyder hastighetsnedsättningen en gångtidslörlängning på totalt 24 sekunder i förhållande till en hastighet på 160 km/h på grund av tågets accelerations- och retardationsegenskaper. I förhållande till kurvhastigheter på 130/140 km/h är gångtidslörlängningen 17 sekunder.

4.5 Slutsatser

Det är relativt små skillnader i gångtiden för de olika alternativen. Det gäller både för:

- Hastighetsprofil 160 km/h i jämförelse med hastighetsprofilen från förstudien
- Kistakorridoren i jämförelse med befintlig korridor

Kistakorridoren är cirka två km längre än den befintliga korridoren, men den genomsnittliga hastigheten är högre för Kistakorridoren. Det resulterar i att gångtiden blir nästan densamma för de olika alternativen.

Om gångtiden för UA Kista korridor och UA Befintlig korridor jämförs med den teoretiskt möjliga gångtiden för dagens infrastruktur (JA) fås för båda UA alternativen:

- 1½ min snabbare regional- och fjärrtåg på sträckan Stockholm C – Kallhäll – (Västerås)
- 1 min snabbare pendeltåg Stockholm – Bålsta

Det är möjligt att nå en teoretisk körtid mellan Stockholm och Västerås utan gångtidstillägg på

- 46 min för regionaltåg med tre uppehåll
- 40 min för fjärrtåg med ett uppehåll

Normalt erfordras ett tidtabellstillägg på 4 minuter på sträckan Stockholm – Västerås. Det betyder en faktisk tidtabell på

- 50 min för regionaltåg med tre uppehåll
- 44 min för fjärrtåg med ett uppehåll

Ovan redovisade tidtabellstider innebär att marknadskraven vad avser restid (se avsnitt 2.1) uppfylls.

Gällande tidtabell år 2007 innebär 60 min restid (med tre uppehåll).

Slutsats kurvrätningar

- Som framgår är hastighetsnedsättningen vid Sundbyberg inte begränsande för tågets hastighet. Hastighetsnedsättningen vid Jakobsberg kan teoretisk ge en mycket liten påverkan av gångtiden.

5 Systemanalys, trafikeringsprinciper

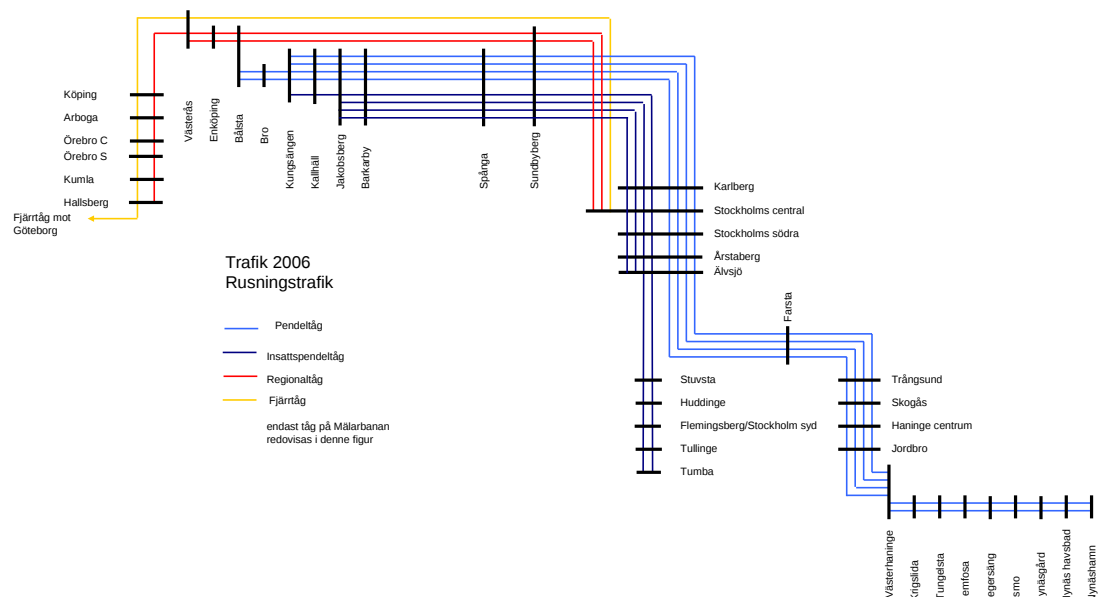
5.1 Trafiken på Mälarbanan

Trafikeringen i modellerna bygger på schematiska linjediagram framtagna av Banverket. I figuren nedan redovisas Banverkets trafikupplägg på Mälarbanan under rusningstrafik i två alternativ:

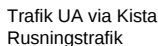
- JA "Dagens trafik"; trafikering efter dagens princip, dock inklusive Citybanan
- UA2020 via Kista

UA 2020 via Sundbyberg är, från schematisk synpunkt, identisk med Kista-alternativet, dock med förändringen att regionaltågen och fjärrtågen går via Sundbyberg istället för Kista. Regionaltågen stannar då i Sundbyberg och Barkarby.

Linjerna i figuren motsvarar ett tåg per timme och riktning.



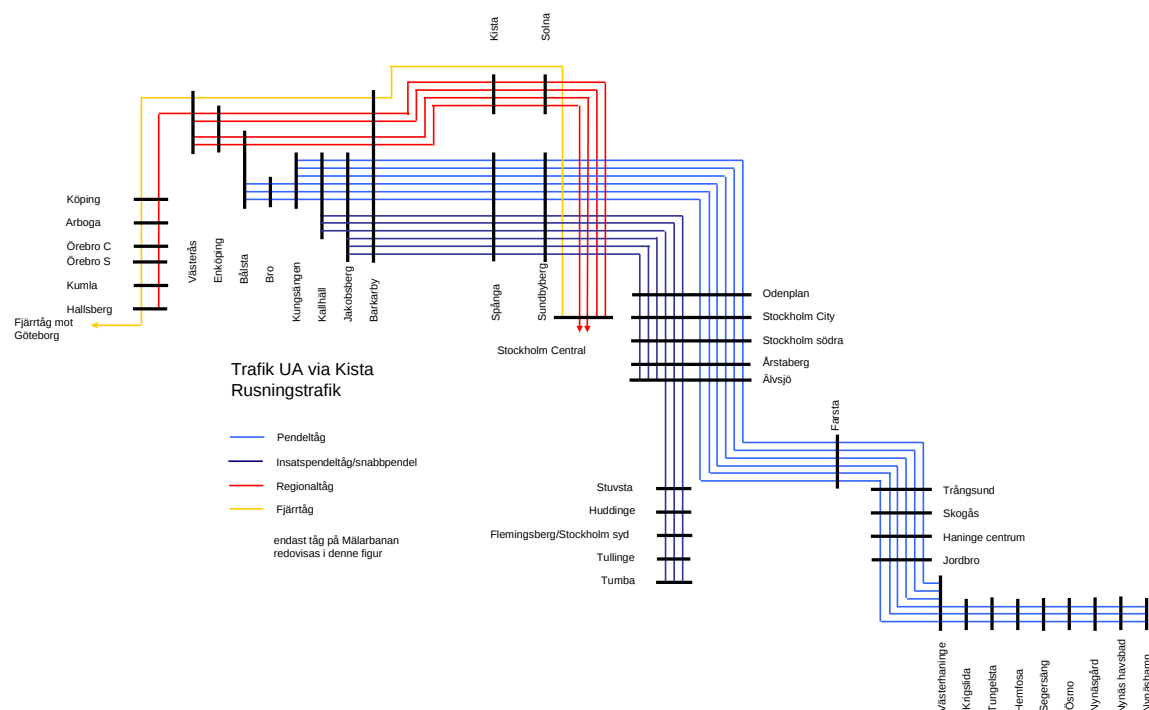
Figur 14 Rusningstrafik i JA, "Dagens trafik". Endast Mälarbanans tåg. Tåg per riktning och timme.



Som framgår ökar trafiken på aktuell sträcka från 11 tåg per timme och riktning på dubbelspår till 17 tåg per timme och riktning fördelat på fyra spår.

Med utbyggnaden planeras för styv 5-minuterstrafik med pendeltåg i rusningstrafik. Detta innebär att regional- och fjärrtåg ska passas in mellan pendeltågen på sträckan Kallhäll – Kungsängen – (Bålsta).

De inledande analyserna visar att det ursprungliga trafikupplägget ger ett för högt kapacitetsutnyttjande på sträckan Kallhäll-Kungsängen. Därför har vi valt att reducera antalet pendeltåg på aktuell sträcka från nio till sex tåg per timme under maxtrafik. Trafiken under lågtrafik, sex tåg per timme, har inte förändrats. I kapitel 8.1 redovisas en kapacitetsbristanalys för sträckan Kallhäll-Kungsängen.

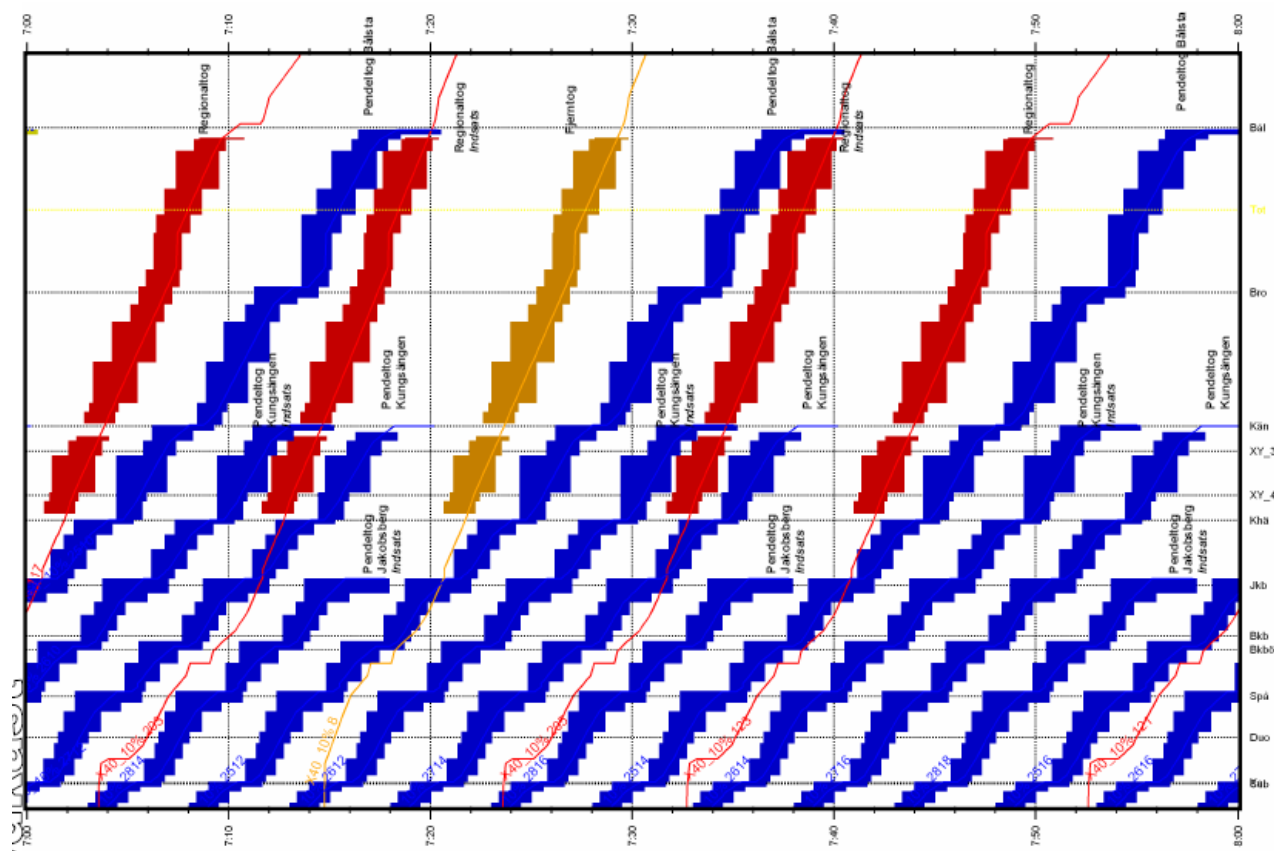


Figur 16 Rusningstrafik i UA2020 via Kista. Med 6 pendeltåg Kallhäll – Kungsängen (istället för 9 pendeltåg). Tåg per riktning och timme.

Trafiktyp	Antal tåg per timme och riktning Ursprungligt trafikupplägg	Antal tåg per timme och riktning Trafikupplägg använt i analysen
Pendeltåg Bålsta	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik
Pendeltåg Kungsängen	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik 3 insatståg i timmen i styv 20-minuterstrafik	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik
Pendeltåg Jakobsberg/Kallhäll	3 insatståg i timmen i styv 20-minuterstrafik till/från Jakobsberg	3 insatståg i timmen i styv 20-minuterstrafik till/från Jakobsberg 3 insatståg i timmen i styv 20-minuterstrafik till/från Kallhäll
Regionaltåg Västerås	4 tåg i timmen i styv 15-minuterstrafik Varav 2 tåg är insatståg	2 tåg i timmen inpassas mellan pendeltågen i 30-minuterstrafik 2 insatståg i timmen inpassas mellan pendeltågen i 30-minuterstrafik
Fjärrtåg Västerås	1 tåg i timmen	1 tåg i timmen inpassas mellan pendeltågen

Tabell 3 Antal tåg i UA2020 i rusningstrafik

I figuren nedan visas principerna för tidtabellsläggningen i UA2020 i form av en grafisk tidtabell.

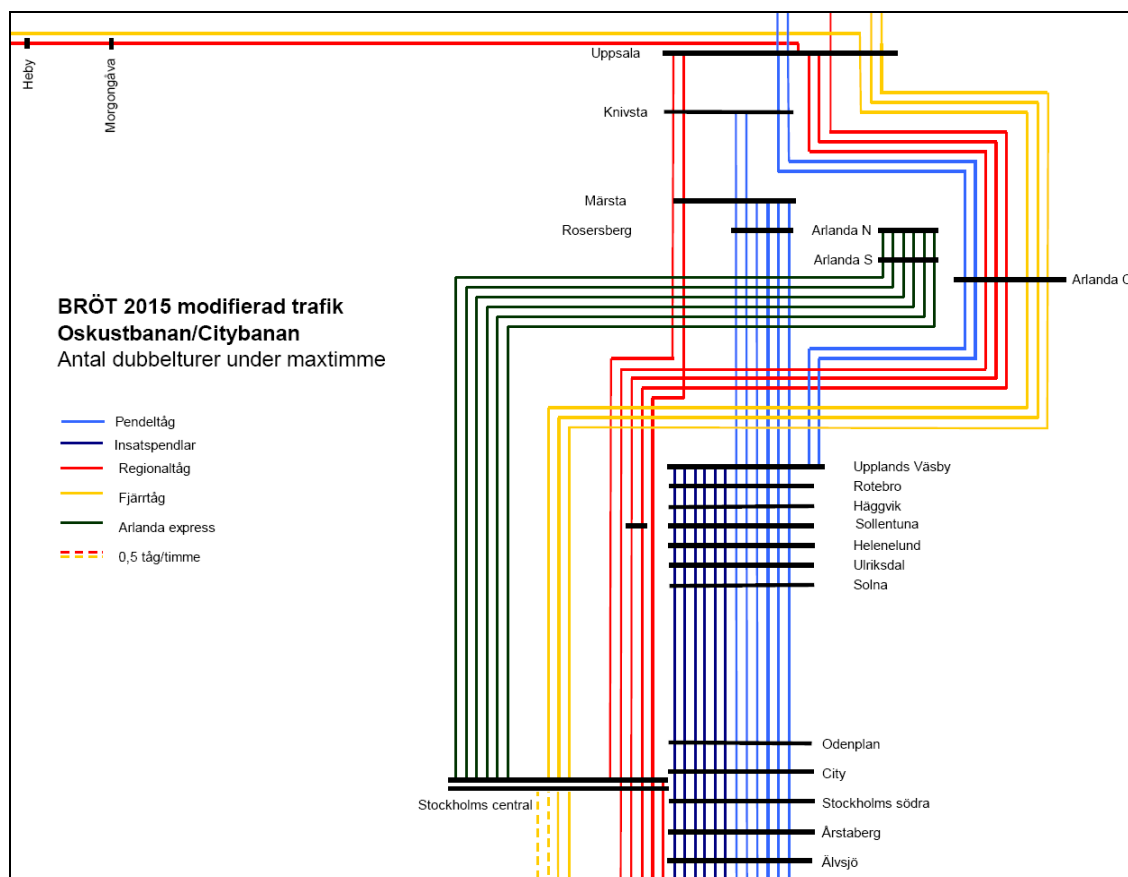


Figur 17 Mälarbanan, grafisk tidtabell för rusningstrafiken med trafikering i UA (nio pendeltåg till Kungsängen).

5.2 Trafiken på omgivande banor

I figuren nedan redovisas den trafik på omgivande banor som har ingått i simuleringen för både JA och UA2020, d.v.s. den trafik som trafikerar Ostkustbanan samt Västra stambanan och Dalabanan.

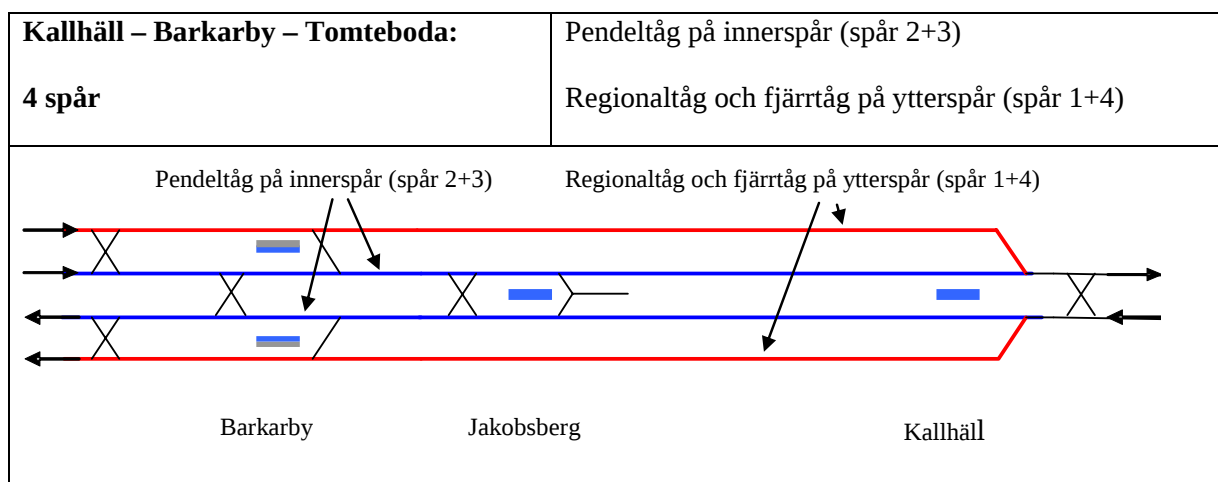
Trafiken på Mälarbanan har konsekvent tidtabellslagts först. Därefter har trafiken på Ostkustbanan passats in i tillgängliga kanaler. Tillvägagångssättet ger så lika förutsättningar som möjligt i JA, UA befintlig korridor och UA Kista korridor.



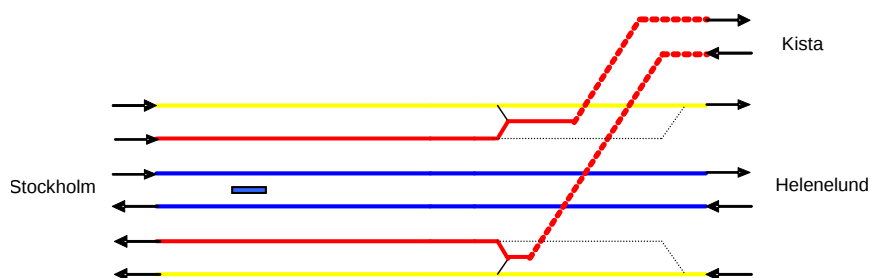
Figur 18 Trafik på omgivande banor i UA2020.

5.3 Spåranvändning

På sträckningar med fler än två spår kan man fördela de olika tågtyperna mellan spåren efter olika principer. I analysen har vi valt att använda spåren enligt principerna nedan:



Tomtebodabana – Stockholm C / City: 4 spår + Citybanan	I Tomtebodabana byter tågen så att in- och utfarten till Stockholm C sker på de korrekta spåren, antingen till spår 1-8 (säckstation) eller till spår 10-17 (genomfartstrafik). Det resulterar i en maximal användning av kapaciteten på sträckning med 4 spår. Alla pendeltåg till Citybanan använder separata spår förbindelser, utan att korsa övriga spår.
Silverdal – Tomtebodabana: 6 spår	Pendeltåg på innerspår (3+4) Blå Regionaltåg och fjärrtåg från Ostkustbanan på ytterspår (1+6) Gul Tåg från Mälardalen på mittspår (2+5) Röd Ostkustbanans tåg separeras från Mälardalens tåg genom att alla tåg från Ostkustbanan kör på ytterspår, alla tåg från Mälardalen använder mittspåren. Om Ostkustbanans tåg kör på mittliggande spår, så måste de i Silverdal köra via sidotågväg. I sidotågvägen kan man inte hålla full hastighet 200 km/h.



Tabell 4 Spår användning i analysen.

5.4 Användning av vändspår

I tidtabellsarbetet har särskild fokus lagts på att få till en realistisk vändning av pendeltågen på stationerna Jakobsberg, Kallhäll, Kungsängen och Bålsta.

På ändstationerna för pendeltågen är det önskvärt att få ut de ankommande tågen i trafik så snabbt som möjligt. Detta medför att ett tåg som är försenat till ändstationen kan göra att tåget i motsatt riktning också blir försenat. Den tid som ett pendeltåg behöver för att vändas vid ändstation har satts till 5 minuter.

Om i tidtabellen har planerats för 15 minuter mellan tågets ankomst och tågets avgång i motsatt riktning blir den totala uppehållstiden i exemplet 15 minuter – 5 minuter = 10 minuter. Om tåget i exemplet är 12 minuter försenat vid ankomst till ändstationen kommer tåget i motsatt riktning att avgå med 2 minuters försening.

Inga ej tidtabellslagda tåg är inlagda, exempelvis tåg till depå, arbetståg etc.

6 Tidtabeller

6.1 Persontrafik

Två tidtabeller har tagits fram för att användas i simuleringen av trafiken på Mäljarbanan:

- JA ”Dagens trafik” inklusive Citybanan
- UA2020
 - o För korridoren via Kista
 - o För korridoren via Sundbyberg

Tidtabeller för de båda korridorerna är i princip identiska, dock med olika uppehållsmönster för regionalstågen.

Tidtabellerna som har använts i analyserna av utbyggnadsförslagen samt av jämförelsealternativet är konstruerade så att de är konfliktfria. Detta innebär att det är möjligt för samtliga tåg i modellen att köra enligt den fastlagda tidtabellen utan att tågen påverkar varandra. För att en tidtabell ska vara aktuell att gå vidare i analysen, är det en grundläggande förutsättning att den framtagna tidtabellen är helt utan konflikter.

Kapacitetsutnyttjande redovisas nedan för JA och för båda UA-korridorerna. Enligt UIC code 406 ”Capacity” rekommenderas att kapacitetsutnyttjandet inte bör överstiga 75 % i rusningstrafiken.

6.1.1 Jämförelsealternativ (JA)

I figuren nedan redovisas tidtabellen för JA.

Tidtabellen i JA är inte identisk med dagens trafikering utan har följande skillnader:

- Citybanan används av alla pendeltåg
- Fordonen är nya X40 eller X60 med goda köregenskaper
- Tidtabellen är konstruerat utifrån önskemål om styv tidtabell med fasta minuttal för både pendeltågen och regionalstågen.

Tidtabellen i JA medför att trafiken på Mäljarbanan har möjlighet för en god och stabil avveckling av förseningar, då det är samma trafikomfattning som idag men med Citybanan och med fordon som har bättre köregenskaper.

För att kunna infasa regional- och fjärrtåg mellan de långsammare pendeltågen på den starkt trafikerade sträckan Kungsängen-Tomtebodan har gångtiden för regional- och fjärrtåg förlängts med 120 sekunder utöver det vanliga tidstillägget på 4 minuter.

Kapacitetsutnyttjandet uppgår till 74 %.

Tidtabell JA2020
Med passertid

	i	*		i	i		i		i	*	
	P	F	P	P	R	P	P	P	P	R	P
Stockholm C		52			07					37	
Station City	45	:	55	00	:	10	18	25	30	:	40
Odenplan	47	:	57	02	:	12	20	27	32	:	42
Sundbyberg	53	00	03	08	15	18	26	33	38	45	48
Spånga	57	03	07	12	18	22	30	37	41	48	52
Barkarby	00	05	10	15	20	25	33	40	45	50	55
Jakobsberg	03	07	14	18	22	29	37	44	48	52	59
Kallhäll		09	17		24	32	40	47		54	02
Kungsängen		11	21		26	36	44	51		56	06
Bro		14	26		30			56		00	
Bålsta		18	32		35			02		05	
Enköping		27			47					17	
Västerås		40			01					31	

- = Pendeltåg
- = Pendeltåg Insats
- = Regionaltåg
- = Regionaltåg i rusningstrafik
- = Fjärrtåg

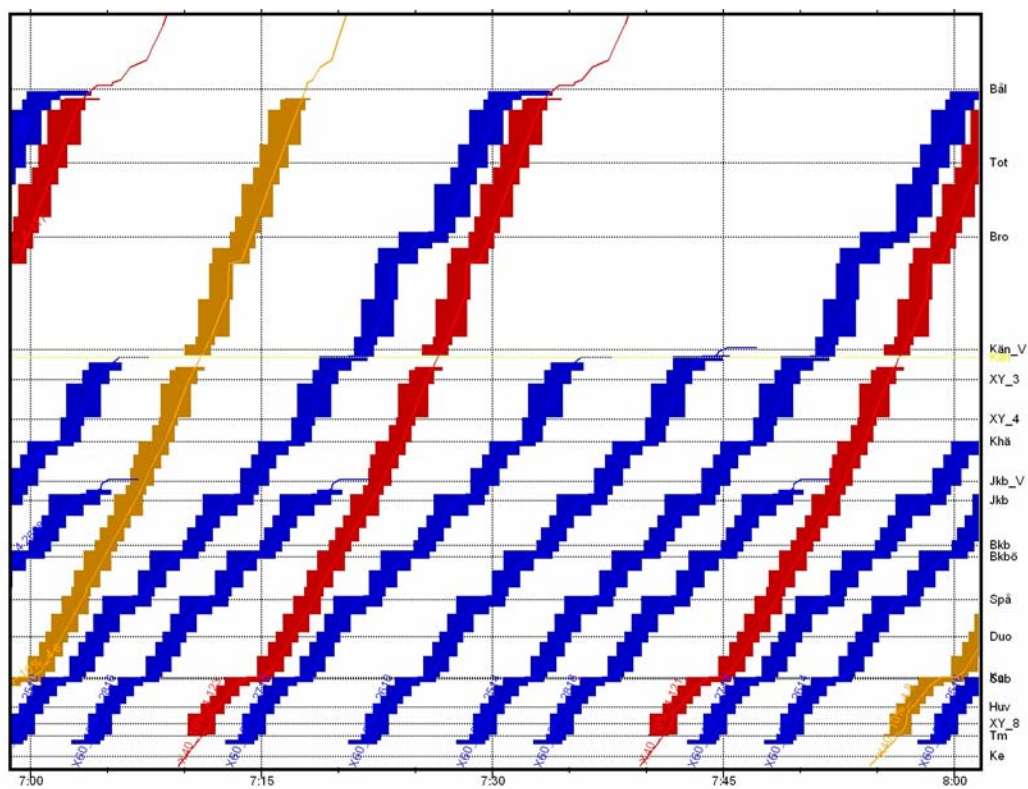
- i = Insatståg
- * = Varannan timme i normaltrafik

- Fet** = Uppehåll
- Normal = Passertid

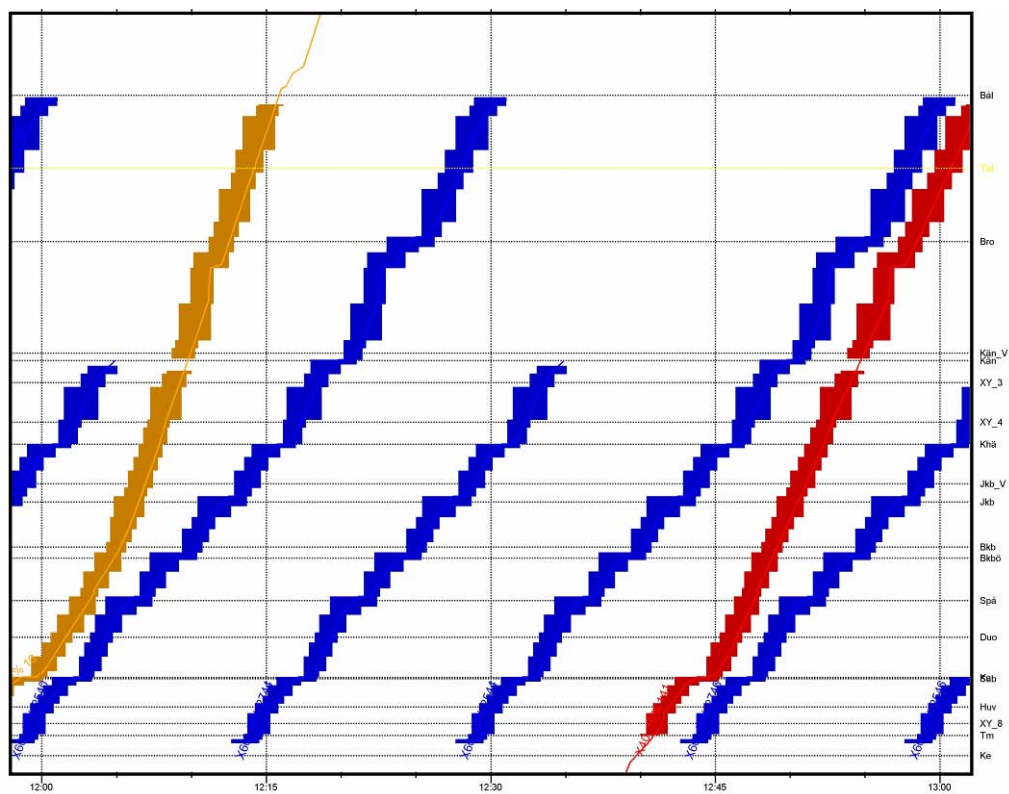
Västerås		16			38			46			
Enköping		31			51			01			
Bålsta		43		46	01			13		16	
Bro		48		52	04			18		22	
Kungsängen	42	50		57	07		12	20		27	32
Kallhäll	46	53		01	09		16	23		31	36
Jakobsberg	50	55	00	05	12	15	20	25	30	35	40
Barkarby	53	57	03	07	13	18	23	27	33	37	43
Spånga	56	59	06	11	15	21	26	29	36	41	46
Sundbyberg	01	04	10	16	19	25	31	34	40	46	50
Odenplan	06	:	16	21	:	31	36	:	46	51	56
Station City	09	:	19	24	:	34	39	:	49	54	59
Stockholm C	11			26				41			
	P	R	P	P	F	P	P	R	P	P	P
	i	i		*	i		*	i		i	

Figur 19 Tidtabell för JA trafik.

I figurerna på följande sidor visas grafiska tidtabeller för JA under rusningstrafik och under normaltrafik.



Figur 20 Grafisk tidtabell för JA i rusningstrafiken Stockholm-Bålsta.



Figur 21 Grafisk tidtabell för JA normaltrafiken Stockholm-Bålsta.

6.1.2 UA2020 via Kista korridor

I figuren nedan redovisas tidtabeller för UA2020 via Kista med alternativ inpassning av regionalståg och fjärrståg mellan pendeltågens styva kanaler.

	P	R	P	P	R	P	P	F	P	P	R	P	P	R	P	P	P
Stockholm C		05			15			30			35			45			
Station City	00	:	05	10	:	15	20	:	25	30	:	35	40	:	45	50	55
Odenplan	02	:	07	12	:	17	22	:	27	32	:	37	42	:	47	52	57
Sundbyberg	08	:	13	18	:	23	28	:	33	38	:	43	48	:	53	58	03
Spånga	12	:	17	22	:	27	32	:	37	42	:	47	52	:	57	02	07
Solna	:	11	:	:	21	:	:	35	:	:	41	:	:	51	:	:	:
Kista	:	17	:	:	27	:	:	38	:	:	47	:	:	57	:	:	:
Barkarby	14	21	19	24	31	29	34	41	39	44	51	49	54	01	59	04	09
Jakobsberg	18	23	23	28	33	33	38	43	43	48	53	53	58	03	03	08	13
Kallhäll		24	26	31	34	36		44	46	51	54	56		04	06	11	16
Kungsängen		26	30		36	40		46	50		56	00		06	10		20
Bro		29	35		40			49	55		59			10	15		
Bålsta		33	41		45			53	01		03			15	21		
Enköping		44			57			02			14			27			
Västerås		58			11			14			28			41			

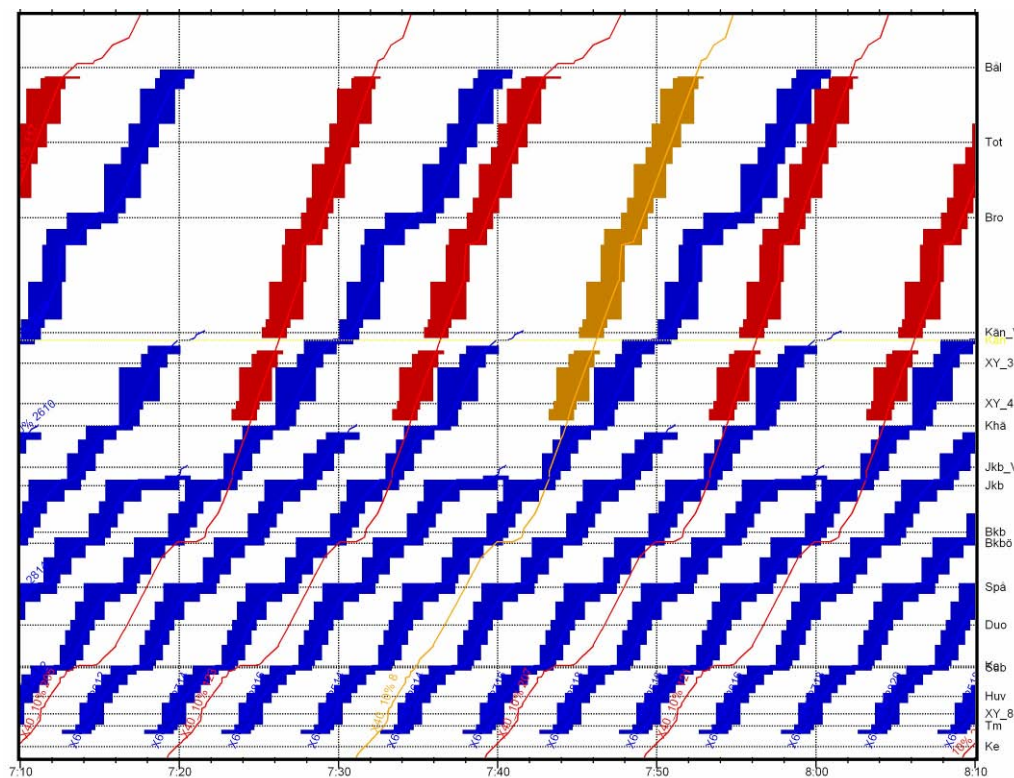
Västerås	58				15			28			41			45			
Enköping	12				29			42			53			59			
Bålsta	23				34	41		53			54	03		11		14	
Bro	26				40	46		56			00	06		16		20	
Kungsängen	28		35		45	49		55	58		05	09		15	19	25	
Kallhäll	31		39	44	49	51		59	01	04	09	11		19	21	24	29
Jakobsberg	32	38	43	48	53	53	58	03	02	08	13	12	18	23	23	28	33
Barkarby	35	41	46	51	56	56	01	06	05	11	16	16	21	26	26	31	36
Kista	39	:	:	:	:	00	:	:	09	:	:	18	:	:	30	:	:
Solna	45	:	:	:	:	05	:	:	15	:	:	21	:	:	35	:	:
Spånga	:	44	49	54	59	:	04	09	:	14	19	:	24	29	:	34	39
Sundbyberg	:	48	53	58	03	:	08	13	:	18	23	:	28	33	:	38	43
Odenplan	:	53	58	03	08	:	13	18	:	23	28	:	33	38	:	43	48
Station City	:	55	00	05	10	:	15	20	:	25	30	:	35	40	:	45	50
Stockholm C	51				11			21				26		41			
	R	P	P	P	P	R	P	P	R	P	P	F	P	P	R	P	P

Figur 22 Tidtabell för UA2020 Kista korridor. Tidtabellen har 2x 30-minuters intervall för regionalståg.

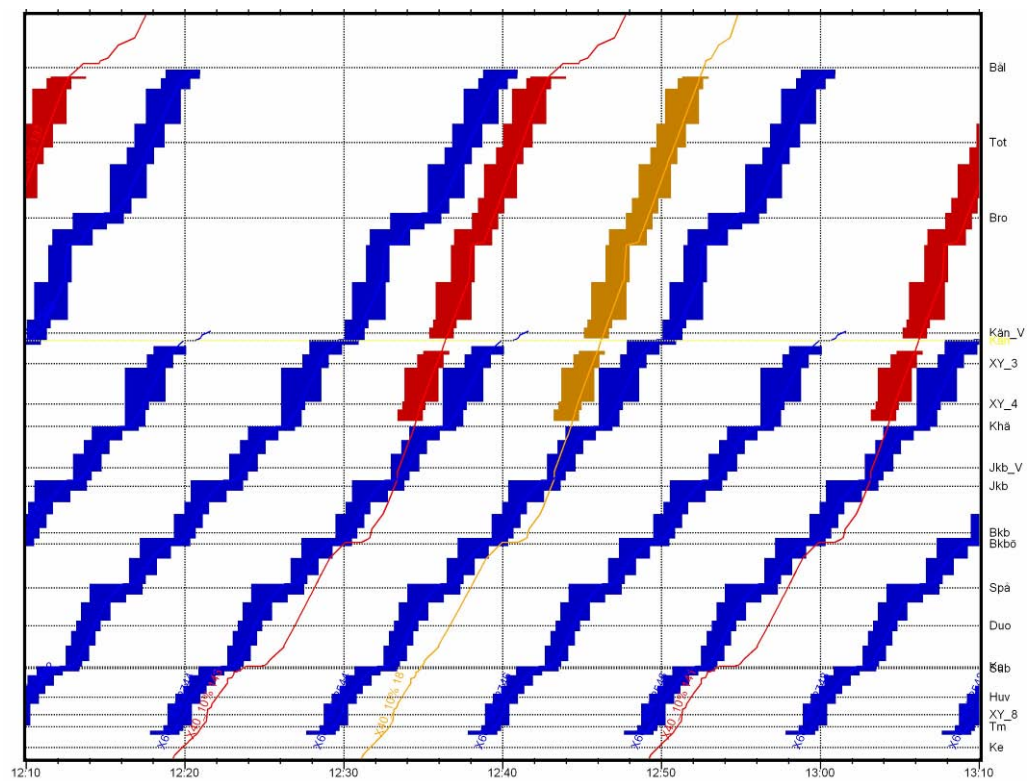
Regionalstågstrafiken Stockholm-Västerås kan inte, som önskat, tidtabellsläggas med styv kvarts- trafik. Avgångar från Stockholm minut 05, 15, 35 och 45 innebär 10 eller 20 minuters intervall. Beroende på olika uppehållsmönster blir ankomsttiden till Västerås minut 11, 28, 41 och 58, d.v.s. nästan kvartstrafik räknat på ankomsttider.

Kapacitetsutnyttjandet uppgår till 74 % för pendeltågspåren och 38% för regionalstågspåren (dvs. via Kista).

I figurerna nedan visas grafiska tidtabeller för UA2020 via Kista under rusningstrafik och under normaltrafik. Graferna avser alternativet med 30 minuters intervall mellan regionalstågen (se figur 10).



Figur 23 Grafisk tidtabell för UA2020 via Kista i rusningstrafiken Stockholm-Bålsta.



Figur 24 Grafisk tidtabell för UA2020 via Kista i normaltrafik Stockholm-Bålsta.

6.1.3 UA2020 via befintlig korridor

Tidtabellen för UA2020 via befintlig korridor (Sundbyberg) är nästan identisk med UA2020 via Kista korridor. Den enda skillnaden är att regional- och fjärrtåg stannar i Sundbyberg istället för i Kista. Regionaltågen stannar inte i Solna, och därmed blir gångtiden för regionaltågen cirka två minuter kortare än i UA2020 via Kista. För pendeltågen är det ingen skillnad mellan UA befintlig korridor och UA Kista korridor eftersom de går samma väg i båda alternativen.

	i	i		i		i		i	i		i		i		i		i	
	P	R	P	P	R	P	P	F	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P
Stockholm C		08			18			30			38			48				
Station City	00	:	05	10	:	15	20	:	25	30	:	35	40	:	45	50	:	55
Odenplan	02	:	07	12	:	17	22	:	27	32	:	37	42	:	47	52	:	57
Sundbyberg	08	15	13	18	25	23	28	35	33	38	45	43	48	55	53	58	:	03
Spånga	12	18	17	22	28	27	32	38	37	42	48	47	52	58	57	02	:	07
Solna	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Kista	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Barkarby	14	21	19	24	31	29	34	41	39	44	51	49	54	01	59	04	:	09
Jakobsberg	18	23	23	28	33	33	38	43	43	48	53	53	58	03	03	08	:	13
Kallhäll		24	26	31	34	36		44	46	51	54	56		04	06	11	:	16
Kungsängen		26	30		36	40		46	50		56	00		06	10		:	20
Bro		29	35		40			49	55		59			10	15		:	
Bålsta		33	41		45			53	01		03			15	21		:	
Enköping		44			57			02			14			27			:	
Västerås		58			11			14			28			41			:	

Västerås	58					15			28			41			45			
Enköping	12					29			42			53			59			
Bålsta	23					34	41		53			54	03		11			14
Bro	26					40	46		56			00	06		16			20
Kungsängen	28		35			45	49		55	58		05	09		15	19		25
Kallhäll	31		39	44		49	51		59	01	04	09	11		19	21	24	29
Jakobsberg	32	38	43	48		53	53	58	03	02	08	13	12	18	23	23	28	33
Barkarby	35	41	46	51		56	55	01	06	05	11	16	15	21	26	25	31	36
Kista	:	:	:	:		:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Solna	:	:	:	:		:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Spånga	37	44	49	54		59	57	04	09	07	14	19	17	24	29	27	34	39
Sundbyberg	41	48	53	58		03	02	08	13	11	18	23	20	28	33	32	38	43
Odenplan	:	53	58	03		08	:	13	18	:	23	28	:	33	38	:	43	48
Station City	:	55	00	05		10	:	15	20	:	25	30	:	35	40	:	45	50
Stockholm C	48					08			18			26			38			
	R	P	P	P		P	R	P	P	R	P	P	F	P	P	R	P	P

Figur 25 Tidtabell för UA2020 Befintlig korridor. Tidtabellen har 2x 30-minuters intervall för regionaltåg.

De grafiska tidtabellerna för UA2020 via befintlig korridor redovisas inte då de är i princip identiska med de grafiska tidtabellerna för UA2020 via Kista.

Kapacitetsutnyttjandet uppgår till 74 % för pendeltågspåren och 34% för regionaltågspåren.

7 Simulering

7.1 Förutsättningar för simulering

I simuleringarna har de tre alternativen JA, UA Befintlig korridor och UA Kista korridor haft samma fasta förutsättningar då det gäller fordon, signalsystem och gångtidstillägg.

Både infrastrukturen och tidtabellerna beskrivs i tidigare avsnitt.

Antalet pendeltåg på sträckan Kallhäll-Kungsängen har reducerats från nio till sex tåg per timme under maxtrafik då de inledande analyserna har visat att det ursprungliga trafikupplägget ger ett för högt kapacitetsutnyttjande på aktuell sträcka.

Simulering har gjorts för 100 vardagsdygn från kl. 05.00 till kl. 02.00 för att ge tillräcklig statistisk säkerhet i resultaten. Vid simulering finns det möjlighet att, där det är realistiskt, använda alternativa plattformar. På Stockholm C är det inte möjligt att använda plattformar som är vikta för andra tågtyper. I Barkarby använder regionaltågen enbart plattformarna vid ytterspår och inte pendeltågens plattformar för innerspår.

När tåg ska vända vid vändspår ska simuleringen ske realistiskt så att försenade tåg från Stockholm även avgår försenade i motsatt riktning.

Simulering utförs endast för ”normala” dagar utan stora störningar i trafiken eller inställd trafik.

7.2 Resultat av simulering

Resultatet av simuleringarna ger upphov till en omfattande mängd data. För att kunna tolka resultatet samt kunna presentera viktiga data, har vi behandlat resultatet enligt följande två varianter:

- Punktlighet, som ger en bra bild av de förseningar som påverkar resenärerna
- Medelförseningar (även input till de samhällsekonomiska beräkningarna)

Medelförseningar är en genomsnittlig försening per tåg vid ankomst till utvalda stationer.

Punktlighet är uppdelad per tågtyp (pendeltåg, regionaltåg och fjärrtåg) samt per körriktning – upp (från City/Sthlm C) och ned (mot City/Sthlm C). Vidare är punktligheten framtagen för högtrafik- respektive normaltrafikperioder.

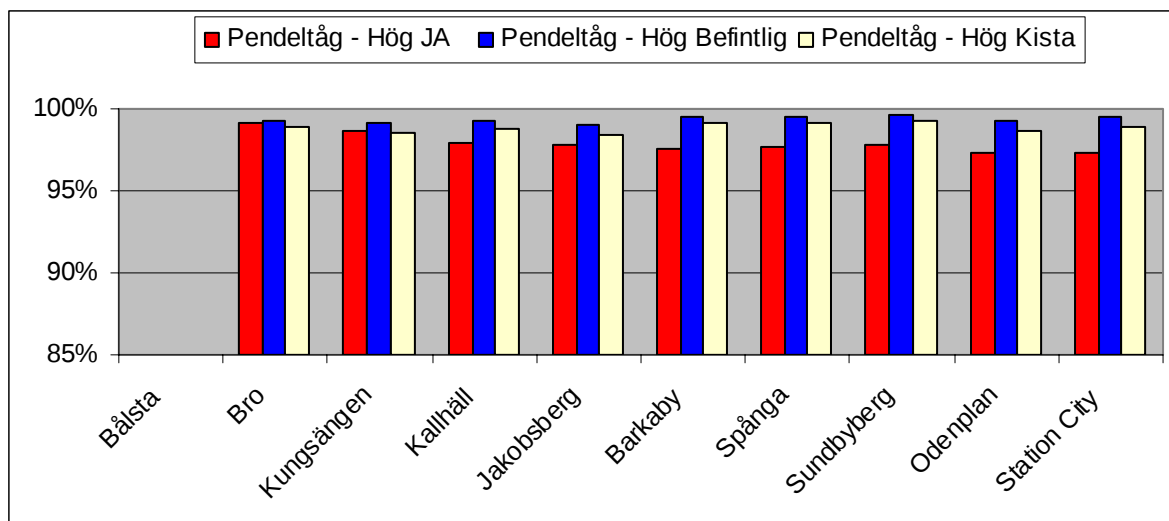
Högtrafik innehåller alla tåg som ankommer mellan kl. 6.00 och kl. 9.00 samt mellan kl. 15.00 och kl. 18.00. Normaltrafik är mellan kl. 9.00 och 15.00.

Med punktlighet avses hur många tåg som ankommer med en försening som är mindre än 2½ minut. Det är lättare att relatera resenärernas upplevda förseningar med hjälp av måttet punktlighet än med måttet medelförseningar. Med måttet punktlighet får man ingen bild av små förseningar under 150 sek.

Alla redovisade resultat avser högtrafik, eftersom de är av störst intresse för analysen då det är detta som ställer högst krav och är dimensionerande för systemet.

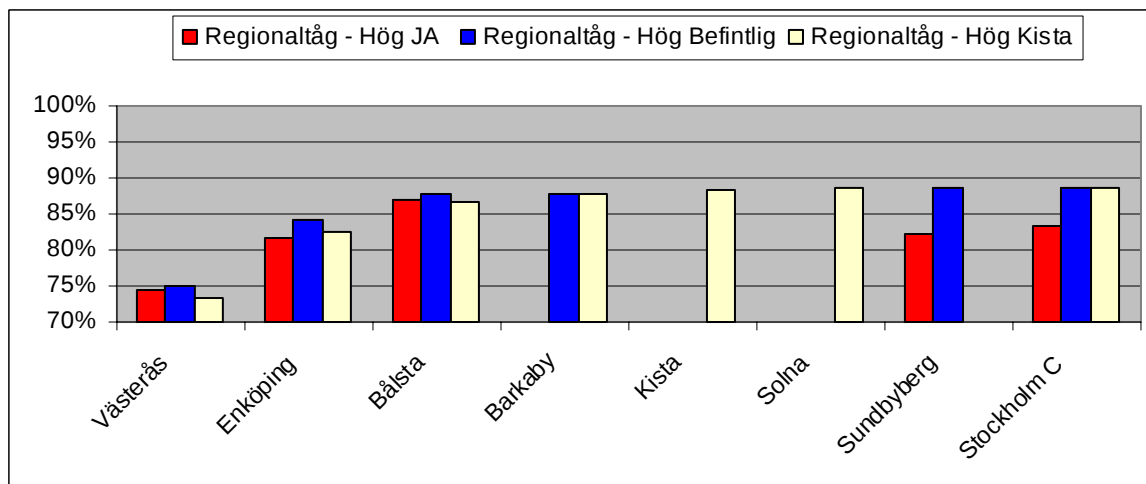
7.2.1 Punktlighet nedspår (mot City / Sthlm C)

I figuren nedan framgår att JA har en mycket god punktlighet för pendeltåg mot City. Orsaken till detta är den långa väntetiden på vändstationerna som medför att förseningar kan absorberas. Däremot finns en tendens till att JA får sämre punktlighet på sträckningen fram till Sundbyberg. För UA blir punktligheten ännu bättre och det sker ingen försämring på sträckningen in till City.



Figur 26 Pendeltåg mot City, antal tåg med mindre än 2½ minut försening vid ankomst.

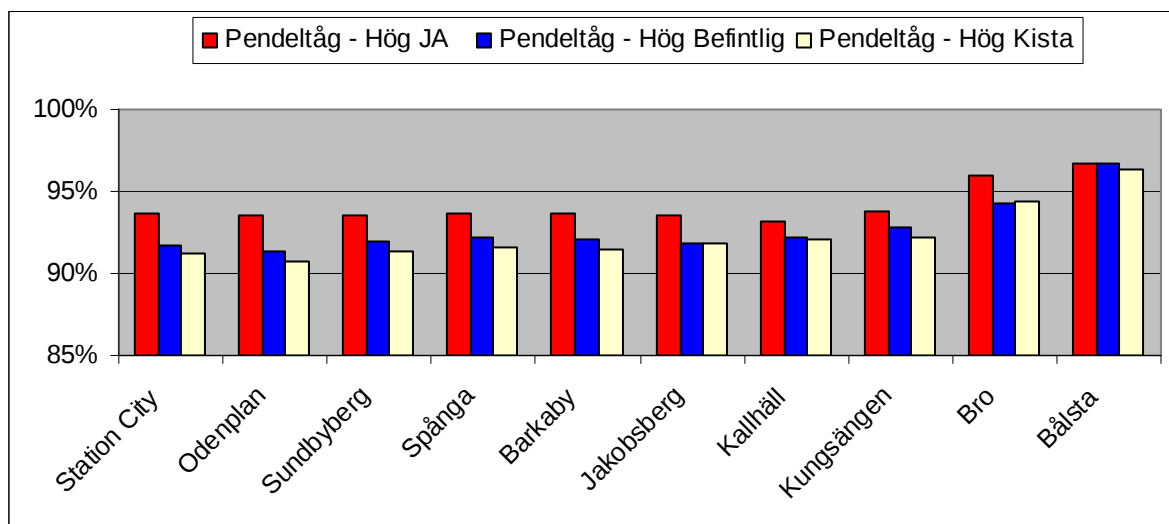
Regionaltågen har en något större avgångsförsening eftersom de har längre körsträcka. På sträckningen Västerås-Bålsta, där kapaciteten är god, förbättras punktligheten för alla alternativen. I figuren nedan framgår att från Bålsta till Stockholm får regionaltågen i JA en något sämre punktlighet. I UA kan regionaltågen däremot hålla punktligheten på en konstant och acceptabel nivå.



Figur 27 Regionaltåg mot Stockholm, antal tåg med mindre än 2½ minut försening vid ankomst.

7.2.2 Punktlighet uppspår (från City / Sthlm C)

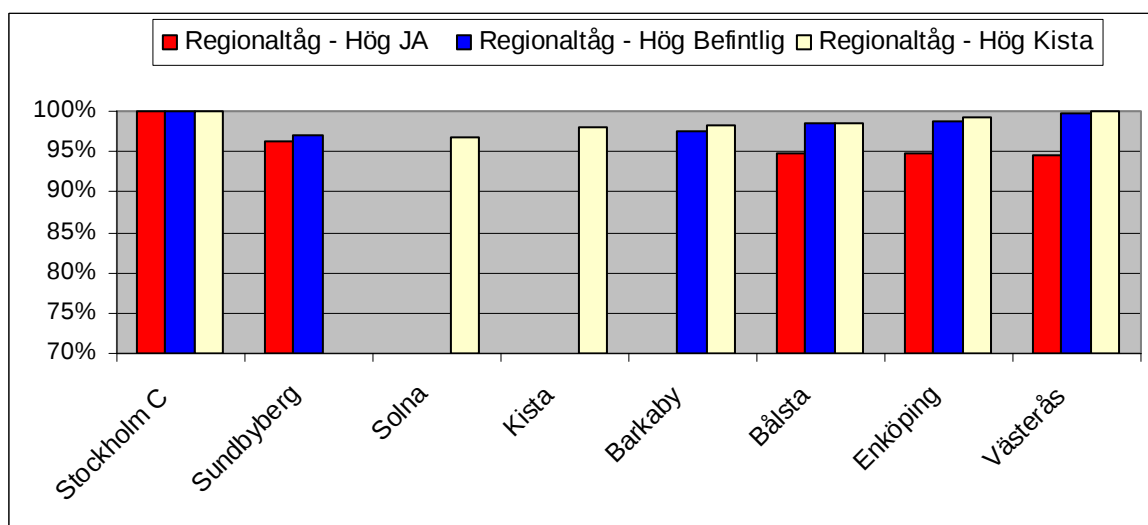
Pendeltågen har i riktning från City en något sämre punktlighet, vilket beror på att de kommer från destinationer söder om City och därmed är risken för förseningar större. Utgångsförseningarna för UA är sämre än för JA. Detta beror på att antalet pendeltåg är fler i UA och tidsmarginalerna mellan pendeltågen därmed blir mindre. Både JA och UA kan hålla en konstant punktlighet fram till Kungsängen. Från Kungsängen till Bålsta förbättras punktligheten märkbart för alla alternativen.



Figur 28 Pendeltåg från City, antal tåg med mindre än 2½ minut försening vid ankomst.

Regionaltågen har en mycket god punktlighet ut från Stockholm C, då de flesta tåg startar punktligt från Stockholm C. JA har en konstant punktlighet till Västerås medan UA har bättre punktlighet längs hela sträckningen.

OBS! Alla regionaltåg är 100 % punktliga på Stockholm C. Det beror på att de i modellen ankommer utan förseningar, och att man i modellen påför förseningar innan avgång från Stockholm.



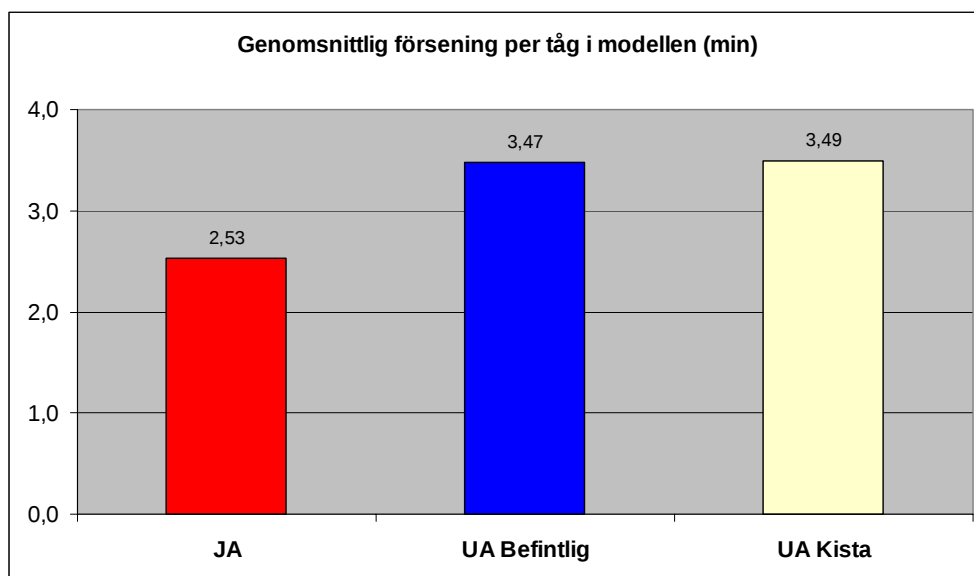
Figur 29 Regionaltåg från Stockholm C, antal tåg med mindre än 2½ minut försening vid ankomst.

7.2.3 Medelförsening

Generellt visar resultaten att man får en god förbättring av punktligheten oavsett val av UA infrastruktur på Mäljarbanan.

Vid jämförelse av de båda alternativa utbyggnaderna UA Kista och UA befintlig, så är det mycket små skillnader i resultat. De båda alternativen är i stort sett identiska vad gäller gångtider, tidtabeller, punktlighet och stabilitet i trafiken. Det finns en liten tendens till att UA Kista har något sämre punktlighet än UA befintlig, men tendensen är inte markant och ligger inom felmarginalen i simuleringarna.

I figuren nedan visas de genomsnittliga förseningarna i minuter per tåg i modellen. Här kan man se att UA ger upphov till större förseningar än JA. Detta beror på att den tätare trafiken i UA ger många små förseningar på 0-60 sekunder. Förseningar överstigande 2½ minut är däremot färre i UA. De riktigt stora förseningarna undviks därmed med en utbyggnad av infrastrukturen.



Figur 30 Resultat av simuleringar, normala trafikförhållanden.

Det är också viktigt att notera att situationen i JA är mycket gynnsam för en punktlig trafik. JA är inte dagens situation utan en framtida situation med kraftigt utbyggd infrastruktur (Citybanan) samtidigt som trafikmängderna ej utökas. I UA är Mäljarbanan utbyggd, men trafikvolymen har också ökat till maximalt kapacitetsutnyttjande på många delar av järnvägsnätet i och omkring Stockholm.

7.2.4 UA trafik på JA infrastruktur

Vid körning av UA-trafiken på JA-infrastrukturen kommer infrastrukturen redan i planeringsfasen att överbelastas och UA-trafiken fungerar alltså inte med JA-infrastrukturen.

Den föreslagna UA-infrastrukturen är nödvändig för att avveckla UA-trafiken.

Till exempel kan de situationer där det är förutsatt att pendeltågen ska körs om av regionaltåg och fjärrtåg inte uppstår när den nödvändiga infrastrukturen inte är tillgänglig.

Önskas *trafik mängden* enligt UA avvecklat på JA-infrastrukturen bedöms det

- Att man i planeringsfasen ska ge upp önskan om förbättrade och differentierade restider, önskan om fasta minuttal och en styv tidtabell.
- Att alla tågssystem (pendeltåg, regionaltåg och fjärrtåg) kommer att behöva köras med samma hastighet på de sträckningar där tågen använder samma infrastruktur.
- Att belastningsgraden i så fall kommer att överstiga rekommendationer jämlikt UIC 406, och att detta vill resultera i oacceptable förseningar.

7.3 Risken för stora förseningar

En typisk risk för stora förseningar på nuvarande Mälarbanan uppstår när ett regionaltåg p.g.a. störningar hamnar bakom ett pendeltåg. Den värsta tänkbara situationen uppstår när ett pendeltåg avgår från Bålsta precis innan ett regionaltåg ankommer från Västerås. Om regionaltåget hamnar bakom pendeltåget hela vägen in till Stockholm (Tomtebodavägen) kommer förseningar enligt tabellen nedan att uppstå:

	Maximal försening från Bålsta	Maximal försening från Kungsängen
JA	13 min	9 min
UA	7 min	2½ min

Tabell 5 Exempel på maximala förseningar för regionaltåg i riktning mot Stockholm om regionaltåget hamnar bakom ett pendeltåg.

Konsekvenserna av att hamna bakom ett pendeltåg reduceras i båda UA alternativen från maximalt 13 min till istället maximalt 7 min. Detta medför att regionaltågen i UA kommer att utsättas för färre stora förseningar. Der finns fortfarande en risk för att regionaltåg ska hamna bakom ett pendeltåg, men när det sker kan regionaltåget redan i Kallhäll passera pendeltåget och försenas därmed maximalt med 7 min.

8 Kapacitetsbristsanalys

Följande förhållanden i infrastrukturen kan betraktas som kapacitetsbrister:

- Sträckningen **Kallhäll – Kungsängen** där antalet spår övergår från 4 till 2 utan att trafikeringen reduceras i motsvarande omfattning
- Vändspår **Kungsängen, Kallhäll, eller Jakobsberg**
- Anslutning till **Citybanan**

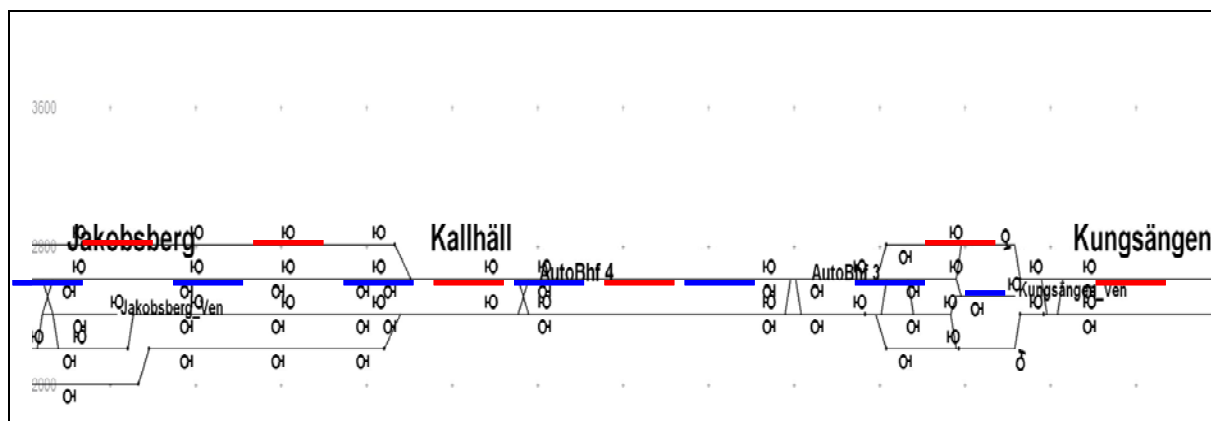
8.1 Kapacitetsbrist Kallhäll – Kungsängen

Sträckningen Kallhäll – Kungsängen kommer att bli nästa ”flaskhals”. När Mälmarbanan är utbyggd med 4 spår till Kallhäll kan det uppstå kapacitetsproblem väster om Kallhäll när trafiken från 4 spår ska samlas på 2 spår.

I det ursprungliga trafikupplägget från Banverket fortsätter 9 av 12 pendeltågslinjer mellan Kallhäll och Kungsängen. Det betyder att antalet tåg (regional-, fjärr- och pendeltåg) mellan Kallhäll och Kungsängen ökar från 8 till 14 tåg per timme.

Pendeltågen kör med styv 5-minuterstrafik, vilket betyder att regional- och fjärrtåg ska fasa in mellan pendeltågen i en maximal kanal på 2½ minut. Risken är då stor att tåg försenas p.g.a. tåg som kör framför.

I figuren nedan illustreras tåg mot Kungsängen. Blåa tåg är pendeltåg och röda tåg är regional- eller fjärrtåg. Väster om Kallhäll är det mycket tät trafik in till Kungsängen.



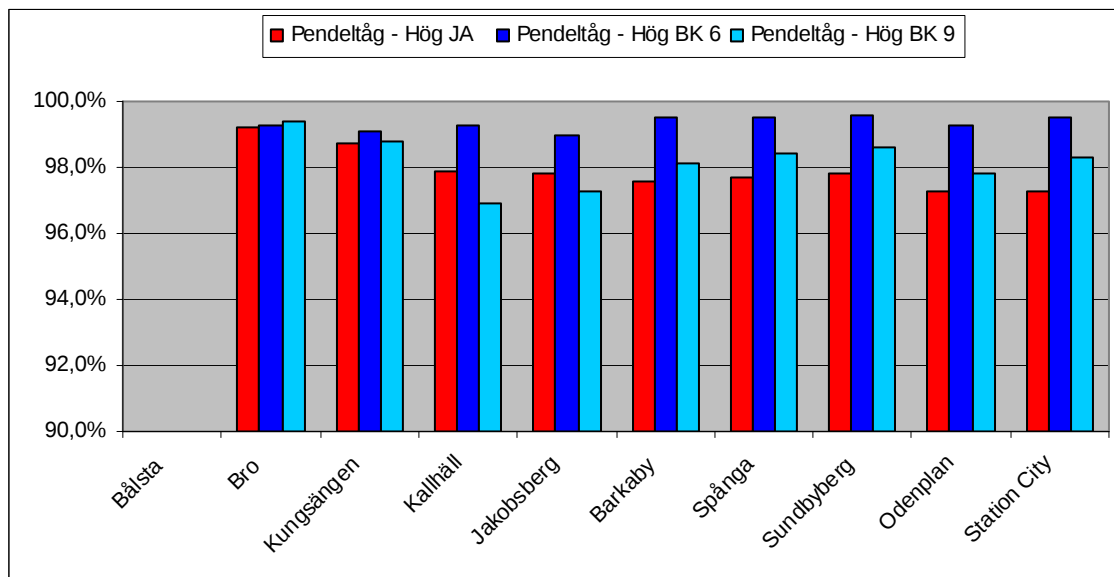
Figur 31 Illustration från simuleringsmodellen av tågtrafiken i riktning mot Kungsängen.

De inledande simuleringarna har pekat på att 14 tåg per timme är för många för att upprätthålla en god punktlighet, se figur nedan.

Därför har en simulering med helt identiska förutsättningar genomförts, där enda skillnaden är att tre insatståg per timme vänder i Kallhäll istället för i Kungsängen. Detta medför två alternativ där BK6 har sex pendeltåg på den aktuella sträckningen per högrafiktimme medan BK9 har nio pendeltåg.

Resultatet av simuleringen för Pendeltåg i högrafik mot City kan ses i figuren nedan. En jämförelse med JA är möjlig. Man kan se att när BK6 kan hålla en konstant punktlighet så får BK9 mellan Bro

och Kallhäll betydligt reducerad punktlighet. Efter Kallhäll har BK9 möjlighet till att ta igen delar av förseningarna, men inte hela.



Figur 32 Punktlighet 2½ min vid alternativa antal pendeltåg under högtrafiktimmen mellan Kallhäll och Kungsängen.

Baserat på de inledande simuleringarna, har beslut fattats att arbeta vidare med ett trafikupplägg med enbart sex pendeltåg väster om Kallhäll. De redovisade simuleringarna är därför alla baserade på tidtabeller med sex pendeltåg Kallhäll – Kungsängen.

8.2 Kapacitetsbrist vändspår

I förhållande till dagens trafik utökas antalet pendeltåg som ska vändas på de tre nuvarande vändstationerna Bålsta, Kungsängen och Jakobsberg eller en eventuell ny vändstation i Kallhäll. Antal tåg och förslag till antal vändspår redovisas i tabellen nedan.

Station	"Dagens trafik" JA	UA 2020 Ursprungligt trafikupplägg	UA 2020 Trafikupplägg använt i analysen
Bålsta	2 tåg i timmen	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik
Kungsängen	3 tåg i timmen	6 tåg i timmen i styv 10-minuterstrafik	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik
Kallhäll	-	-	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik
Jakobsberg	3 tåg i timmen	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik	3 tåg i timmen i styv 20-minuterstrafik

Tabell 6 Antal vändande pendeltåg på berörda stationer i rusningstrafik.

Vi rekommenderar följande principer för kapaciteten och dispositionen på berörda vändstationer:

- Med hänsyn till den genomgående trafiken bör tågvändningarna ske på mittliggande vändspår.
- För en stabil trafikavveckling bör det finnas ett vändspår per tågssystem med 20 minuters intervall.

I simuleringarna har man förutsatt att ankommande pendeltåg till vändstationer, efter nödvändig tid för vändning samt annan hålltid, är det som sedan avgår mot Stockholm.

Om de pendeltåg som vänder inte kan användas för nästa avgående pendeltåg, p.g.a. olika begränsningar som t.ex. olika ändstationer, krav på antalet sittplatser m.m., så kan det finnas behov för att öka antalet vändspår utöver det antal som föreslås i tabellen.

Motsvarande gäller i Bålsta, Kungsängen, Kallhäll och Jakobsberg. Om pendeltåget inte kan användas till nästa avgående pendeltåg behövs fler vändspår.

Med utgångspunkt från rekommendationerna samt tabellen ovan kan slutsatsen dras att för att säkra en flexibel tidtabell finns det behov för ytterligare vändspår i Kallhäll.

Det är möjligt att konstruera en tidtabell med den planerade trafiken och vändningsmönster med existerande vändspår. Infrastrukturen ger dock ingen flexibilitet vid tidtabellskonstruktionen, vilket innebär att det då inte är möjligt att ta hänsyn till andra kopplingar i infrastrukturen för angränsande banors tågssystem.

Utöver hänsyn till tidtabellens konstruktion bör vändstationerna på Mälarbanan utformas så att det finns möjlighet för:

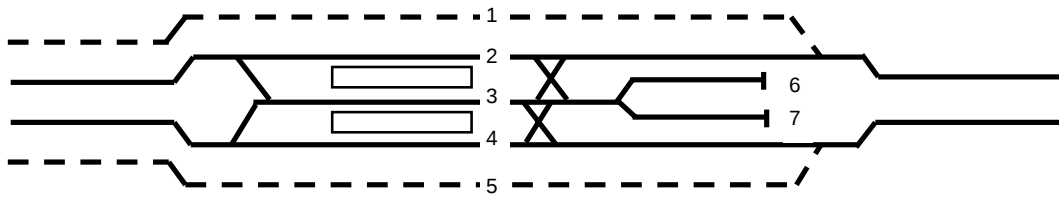
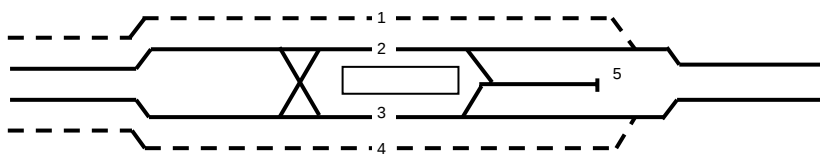
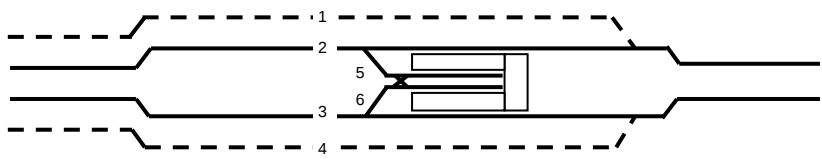
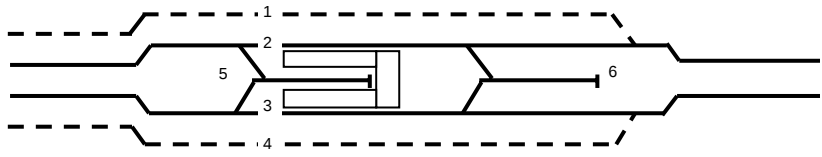
- Att minska förseningarna i samband med uppkomna störningar/förseningar i trafikavvecklingen genom att uppehållstiden på vändspåret kan användas som buffert för att reducera förseningar.
- Att genomföra extraordinära vändningar av tåg på ändstationerna i samband med störningar.
- Uppställning av tåg i samband med tekniska fel så att övrig trafik inte hindras eller försenas.
- Uppställning av arbetsmaskiner etc.

8.2.1 Rekommenderat vändspår i Kallhäll

Kapacitetsanalysen rekommenderar att det byggs ett vändspår i Kallhäll.

Ett eller flera vändspår kan byggas enligt olika principer. Med utgångspunkt från översiktliga bedömningar av tillgängligt utrymme vid Kallhälls station, redovisas tre alternativa principer i figuren nedan.

Den mer omfattande vändspårsstationen som har använts i huvudalternativet bedöms inte vara realistisk beroende på att stationsläget blir perifert i samhället samt att utrymmesbehovet är mycket stort.

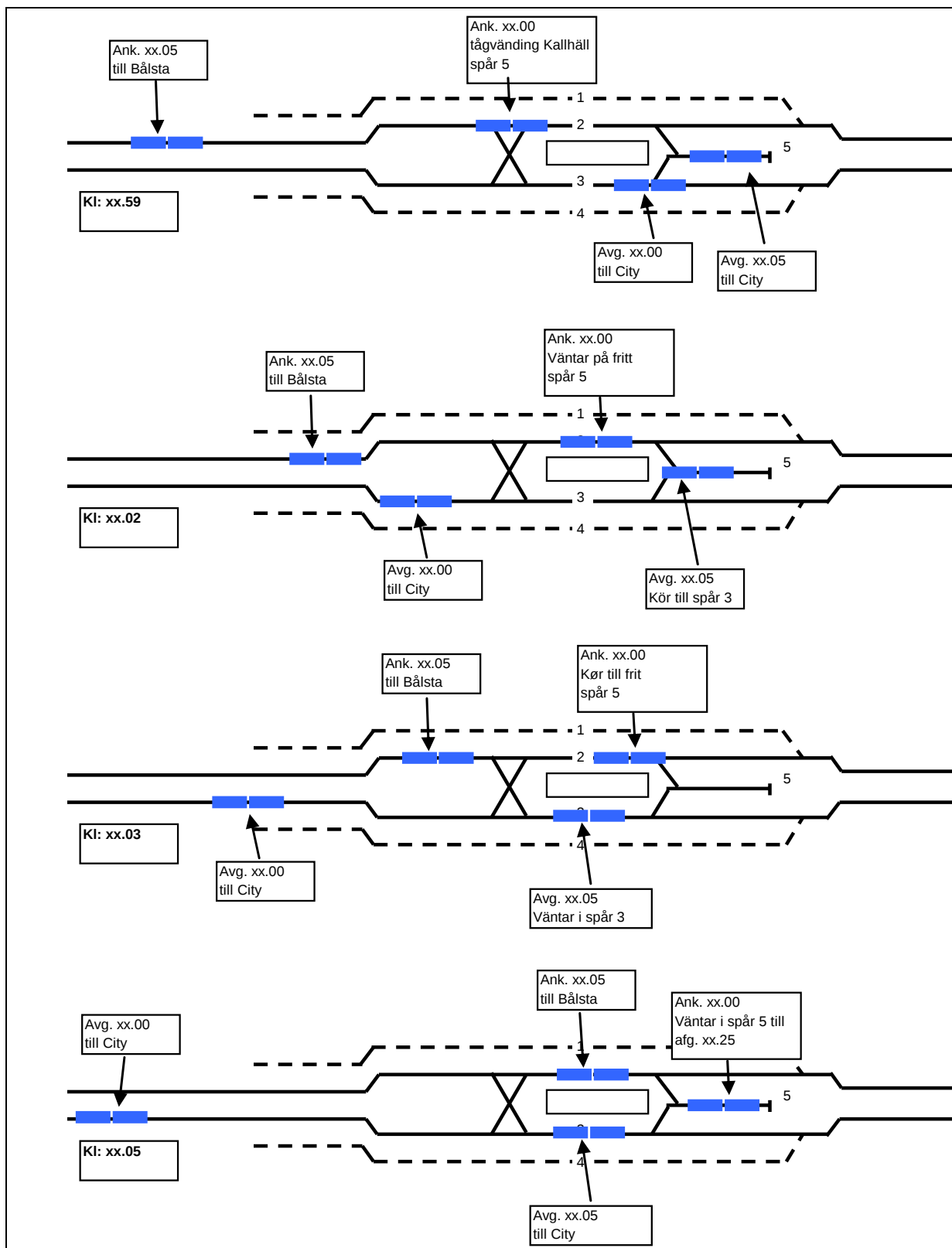
Principiell utformning av Kallhälls station	
Huvudalternativ använt i simuleringsanalysen 	
Alternativa utformningar	Variant/vändkapacitet i tåg per timme
	A) 2 plattformsspår, tågvändning på spår 5 väster om plattform Vändkapacitet: 3 tåg per timme
	B) 4 plattformsspår, tågvändning på separata plattformsspår (5+6) Vändkapacitet: 6 tåg per timme
	C) 3 plattformsspår, tågvändning på spår 5 vid plattform samt möjlighet för vändning på spår 6 väster om plattform Vändkapacitet: 6 tåg per timme

Figur 33 Alternativa utformningar av vändspår vid Kallhälls station.

I figuren ovan redovisas bedömningar av hur många tåg som kan vända på Kallhälls station. Vid tidtabellslagd vändning är vändtiden minimalt 5 minuter och maximalt 25 minuter.

Vid störningar i trafiken, exempelvis i händelse av försenat tåg från Stockholm eller om trafiken väster om Kallhäll är inställd så att alla pendeltåg vänder i Kallhäll, blir den maximala vändtiden mindre, och fler tåg kan därför vända vid stationen. Vi bedömer att man i samtliga alternativ kan vända ytterligare tre tåg per timme vid störningar i trafiken.

Lägst kapacitet fås i variant A, men det är möjligt att vända en linje var 20:e minut enligt trafikeringsförutsättningarna. I figuren nedan illustreras en "worst case" situation där vändtiden är 25 minuter, d.v.s. vändspåret i spår 5 är maximalt utnyttjat.



Figur 34 Variant A vid Kallhälls station i en worst case situation, där vändspåret spår 5 är maximalt utnyttjat.

Det ankommande tåget till spår 2 (ank. xx.00) kan precis köra från spår 2 till vändspåret innan nästa genomgående tåg ankommer.

I variant A är det dessutom möjligt för ett tåg som är försenat, att vända direkt vid plattform på spår 2 eller 3 utan att köra till spår 5. Därmed sparas tid, men det kan finnas risk för att andra tåg på spår 2 eller 3 påverkas.

Slutsats:

Den minst omfattande utbyggnaden enligt variant A ger tillräcklig kapacitet för att vända pendeltågen med en linje med destination Kallhäll enligt det förutsatta trafikupplägget. Varianterna B eller C behövs om man inte kommer att vända pendeltåg i Jakobsberg.

Om man önskar vända sex tåg per timme i Kallhäll behövs variant B eller C. Variant B och C har ungefär samma vändkapacitet, men variant B ger kortare vändtider än variant C, då tågen kan vända direkt vid plattform och inte behöver köra till vändspåret. Detta kan vara en fördel för operatören. Variant B är vald som huvudlösning i Kallhäll, utformningen är efter denna analys även kompletterad med utdragsspår åt söder för att kunna ta in och ut tomtåg till och från depå norr om Kallhäll.

Vid störningar i trafiken är det i samtliga varianter möjligt att vända de sex pendeltågslinjerna i tidtabellen i Kallhäll/Jakobsberg.

9 Övriga analyser

Utöver den grundläggande analysen av tidtabeller och punktlighet på Mälarbanan, innehåller denna kapacitetsanalys även en bedömning av följande förutsättningar:

- Godståg Västerås-Tomtebodas
- Trafikupplägg med delad trafik
- Strategier för en etappvis utbyggnad

9.1 Godståg Västerås-Tomteboda

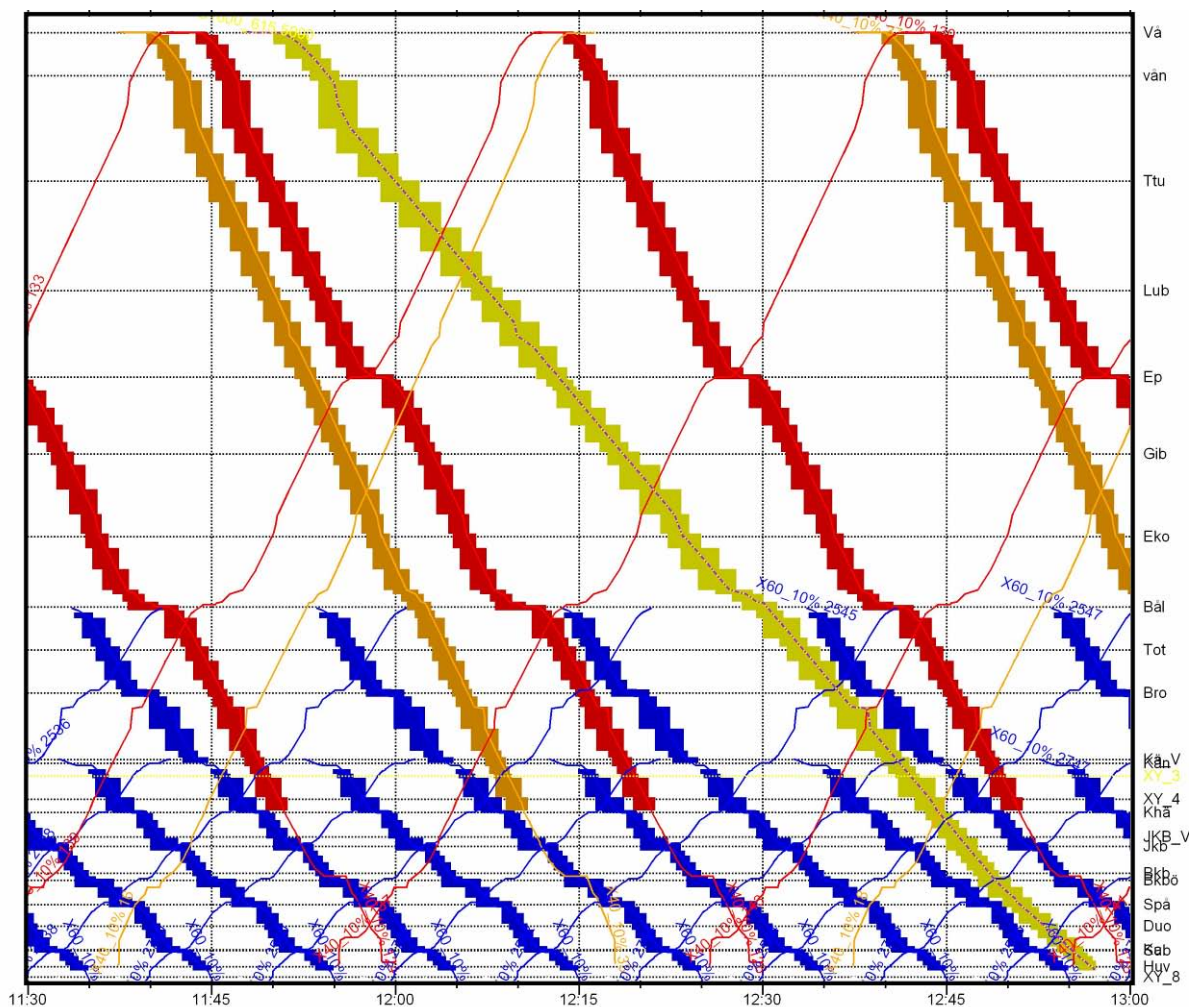
Eventuell godstrafik på sträckan har inte ingått i simuleringsanalysen. Däremot finns ett behov av att belysa i vilken omfattning det är möjligt att passa in godståg i den planerade persontrafiken på Mälarbanan.

Två förhållanden som begränsar möjligheterna för godstrafik på banan har identifierats:

- Lediga ”kanaler” för godståg i tidtabellen
- Kapaciteten vid infarten till Tomteboda Gbg.

9.1.1 Lediga kanaler

Med utgångspunkt från de grafiska tidtabellerna kan konstateras att det finns utrymme för en godstågskanal per timme och riktning under normaltrafik i UA2020. Under högtrafik finns ingen plats för godståg via Sundbyberg i Kista alternativet, och i alternativet befintlig korridor finns endast plats i lågtrafiken, under förutsättning att det finns möjlighet att köra förbi godståget vid Enköping.



Figur 35 Grafisk tidtabell för normaltrafiktimme med ett godståg Västerås-Tomtebodan. Befintlig korridor alternativet. Godståget är markerat gult.

9.1.2 Infart till Tomtebodan Gbg

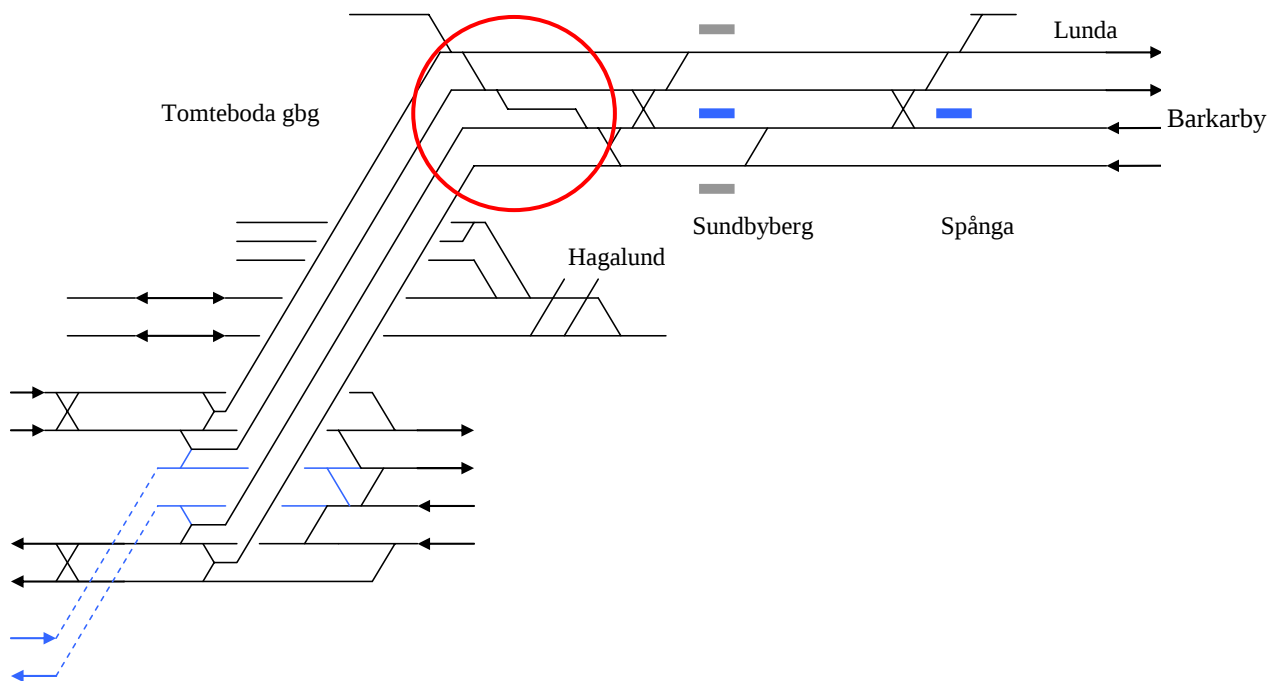
I UA befintlig korridor finns 4 spår vid Huvudsta, där godstågen ska från huvudbana till Tomtebodan Gbg.

Eftersom det går färre persontåg på de yttersta spåren, som trafikeras av regional- och fjärrtåg, är det naturligt att godstågen trafikerar ytterspåren. Godståg från Tomtebodan mot väst har därför direkt tillgång till uppspåret. Godståg till Tomtebodan måste däremot korsa de tre andra spåren med persontrafik.

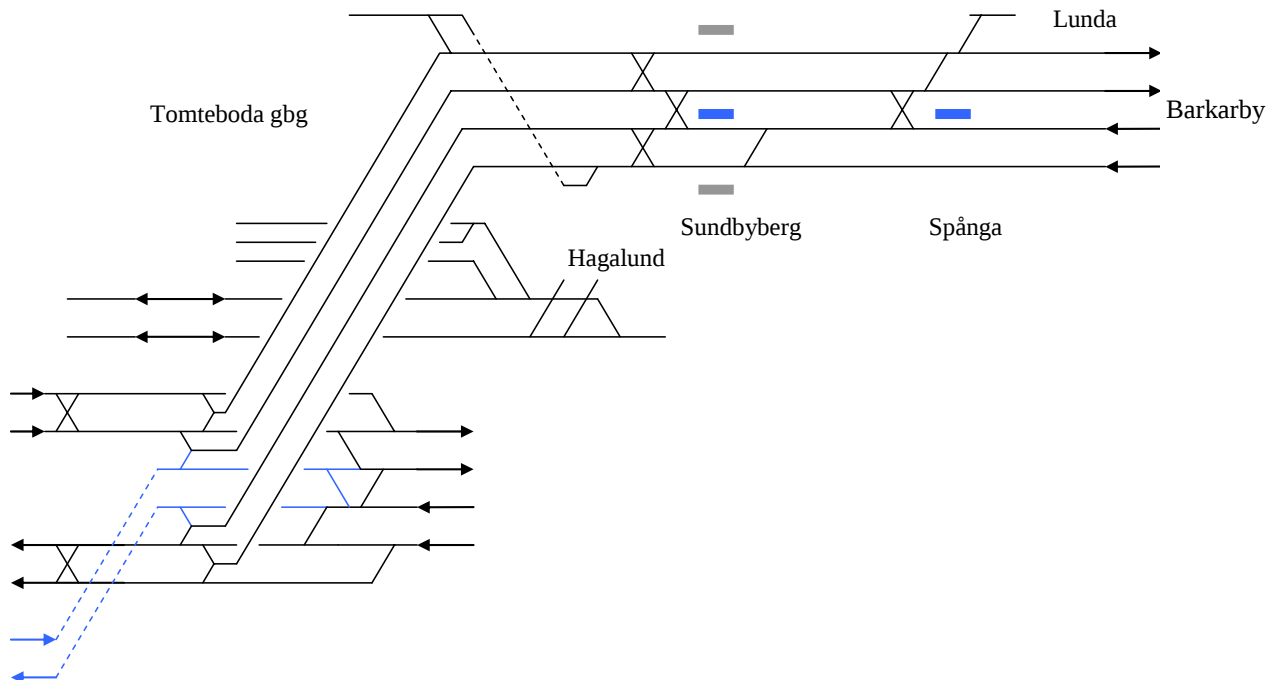
I huvudalternativet "Fyra spår med förenklad anslutning till Tomtebodan gbg" (se figur 36), finns ingen planskild spårkorsning, så att godstågen kan komma in till Tomtebodan utan att störa persontågstrafiken. I alternativet "Fyra spår med planskild anslutning till Tomtebodan Gbg" (se figur 37) finns en sådan planskild spårkorsning.

När ett godståg ankommer till Huvudsta norrifrån kommer det i normalfallet att ha ett regionaltåg bakom sig. Godståget ska alltså inte stanna i huvudspåret, spår 4, utan behöver fortsätta antingen till "mötesspåret" eller direkt till godsbangården. Om tågen inte kör helt enligt tidtabellen, är det svårt att undvika att godståg och pendeltåg inte stör varandra. Pendeltågen på spår 3 kan bli upp till 4 minuter

försenade av godstågen. För trafiken på spår 1 och 2 är det, med ett "mötespår", möjligt att inpassa godstågens korsande tågrörelser utan att störa motriktade tåg.

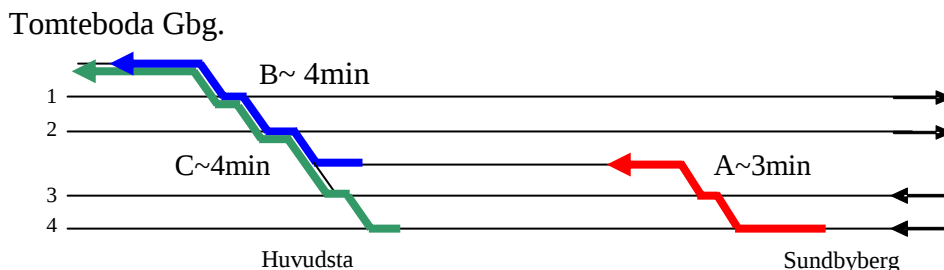


Figur 36 Fyra spår med förenklad anslutning till Tomteboda Gbg. Huvudalternativ.



Figur 37 Fyra spår med planskild anslutning till Tomteboda Gbg.

I figuren nedan illustreras de korsande tågvägar som godstågen mot Tomtebodabg Gbg måste göra, antingen via ett "mötesspår" (A+B) eller direkt utan ett "mötesspår" (C).



Figur 38 Godståg från nedspåret till Tomtebodabg Gbg. Kryssning via "mötesspår" (A+B) eller direkt (C).

Beräkning av körtider i RailSys visar att ett 600 meter långt godståg:

Blockerar tågvägen i A i cirka 3 minuter

Blockerar tågvägen i B i cirka 4 minuter

Blockerar tågvägen i C i cirka 4 minuter

Ovanstående tider förutsätter att hastigheten är 60 km/h i sidotågvägarna, att godståget stannar på "mötesspåret" vid tågvägarna A och B, samt kör utan stopp vid tågvägen C.

Ett "mötesspår" mellan Sundbyberg och Huvudsta gör det möjligt att lotsa godstågen genom spår 1, 2 och 3 i tågfria intervall på uppspåret. Nackdelen är om godstågen behöver stanna på mötesspåret. Tidsåtgången för bromsning och acceleration är lång för godståg, vilket förklarar att tågvägarna A och B var för sig tar nästan lika lång tid som tågväg C, då godståget är i rörelse. Fördelen med "mötesspåret" är att spår 1 och 2 kan korsas när det finns en ledig kanal. Dessutom hindras inte bakomvarande trafik på nedspåret.

De berörda blocksträckorna, där godstågen ska korsa spår 1, 2 och 3, är normalt belagda cirka 1½ minut när ett regionaltåg eller ett pendeltåg passerar.

- Med upp till 5 tåg i timmen på spår 1 och 4 är spåren belagda i cirka 8 minuter vardera per timme.
- Med upp till 12 tåg i timmen på spår 2 och 3 är spåren belagda i cirka 18 minuter vardera per timme.

Det finns således teoretiskt god plats för att godståg med 4 minuter per passage kan passera utan att störa övrig trafik. Men sannolikheten för att det kommer tåg på minst ett av de tre spåren när godståget passerar är stor.

De mest trafikerade spåren är 2 och 3 där pendeltågen kör. I högtrafik kör pendeltågen med 5 minuters turtäthet. Det bedöms således inte vara möjligt att korsa de två pendeltågsspåren i högtrafik. I lågtrafik, med 10 minuters turtäthet för pendeltågen, är det däremot möjligt. I lågtrafik kommer det också att finnas plats till godståget på spår 3 (pendeltågsspår på nedspårssidan). Därmed ska bara spår 1 och 2 korsas.

9.1.3 Slutsatser godståg

Generellt finns det kapacitet för två godståg per timme och riktning Västerås – Tomtebodav under lågtrafik i bägge UA.

I UA Kista korridor, med endast två spår Barkarby – Tomtebodav, finns inget utrymme för godståg i högtrafik när pendeltågen kör med 5 minuters turtäthet på de två spåren. I lågtrafik finns kapacitet för 2 godståg per timme.

I UA Befintlig korridor finns det i högtrafik kapacitet för upp till två godståg per timme om det sker förbigångar i Enköping och/eller Bro på sträckan Västerås – Tomtebodav. Godstågen kan dock inte korsa tre spår i samma plan vid Tomtebodav under högtrafik.

I lågtrafik är det möjligt att korsa spåren i plan, eventuellt med ett ”mötesspår”. Persontågtrafiken kan försenas maximalt fyra minuter då ett godståg ska korsa i plan.

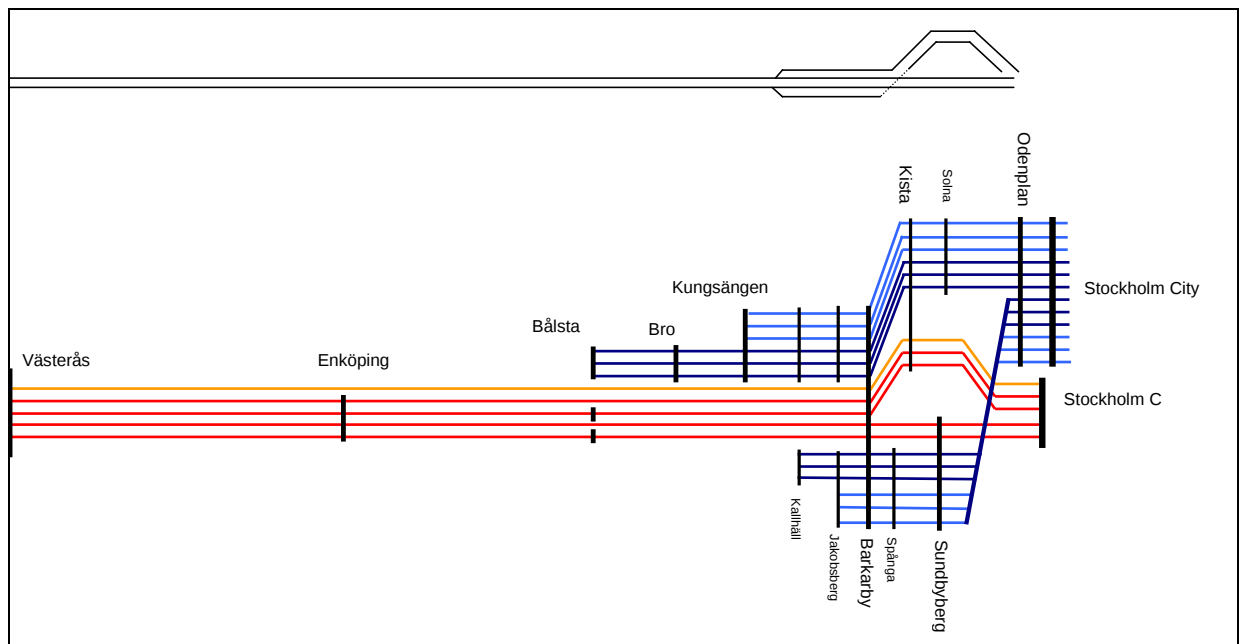
Slutsatsen är att, om man önskar att köra godståg under högtrafik, måste man bygga ut enligt UA befintlig korridor samt att det krävs en planskildhet i Huvudsta.

Om det bedöms som tillräckligt med kapacitet för upp till två godståg per timme i varje riktning i lågtrafik så är bägge UA acceptabla, och det behövs ingen planskildhet i Huvudsta.

Mer än två godståg per timme är inte möjligt p.g.a. begränsningar på sträckan Västerås – Tomtebodav. Begränsningarna beror på kappkörningseffekter från snabb persontrafik (se figur 35) och brist på förbigångsmöjligheter.

9.2 Alternativ trafikering - delad trafik (Kista korridor)

Som ett alternativt trafikeringssupplägg till huvudalternativet (se kap. 5 Systemanalys, trafikeringssprinciper) har genom samråd framkommit behov av att studera pendeltågstrafik och regionalstågstrafik via både Sundbyberg och Kista. Trafikupplägget kallas här ”delad trafik”. Delad trafik är möjlig i alternativet UA Kista korridor, i vilket pendeltågen kan köra både via Kista och via Sundbyberg. Ett möjligt delat trafikupplägg illustreras i figur 39 nedan.



Figur 39 Studerad delad trafik i UA Kista korridor.

Konsekvenserna av den illustrerade ”delade trafiken” är att både tidtabellen och infrastrukturen måste anpassas.

Infrastrukturen:

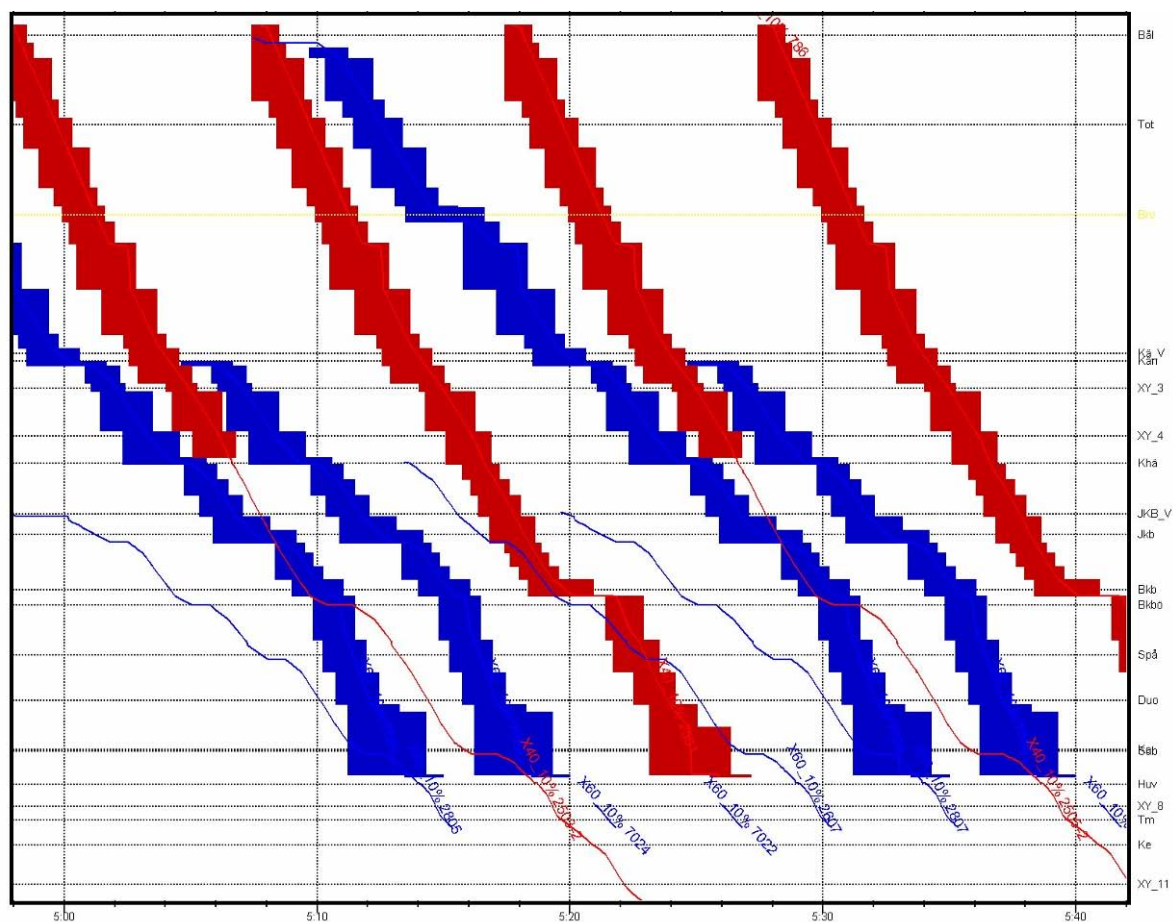
Följande ändringar av infrastrukturen i huvudalternativets UA Kista korridor är nödvändiga:

- **Anslutning i Silverdal:** För att få in pendeltågen på pendeltågsspåren i Silverdal (de innersta spåren), är det nödvändigt med en ändring av anslutningen mellan Mälarbanan och Ostkustbanan i Silverdal till en s.k. innergafflad anslutning med anslutningar till inner- och mittspår¹. Därmed förloras möjligheten att effektivt samordna Mälarbanans regionalståg med Ostkustbanans fjärr- och regionalståg.
- **Anläggning av plattformar** vid alla fyra spåren i Kallhäll och Jakobsberg då pendeltågen använder alla spåren.

¹ Se Lindfeldt, 2007-07-09 (ref 2), sid 12, lösning ”Silverdal A”.

Tidtabell

- Den delade trafiken är möjlig eftersom gångtiden via Kista och via Sundbyberg är nästan densamma för pendeltågen.
- Trafikupplägget i figur 40 är endast möjligt om pendeltågen går med 5/15 minuters intervall. Pendeltåget som har avgång före ett regionaltåg, ska köra via motsatt korridor. Då regionaltåget byter spår, växlar också pendeltåget spår.
- Det har antagits att pendeltågen via Kista stannar i Solna och Ulriksdal på Ostkustbanan. Gångtiden blir då 15-30 sek. längre än för pendeltågen via Sundbyberg. Det krävs en motsvarande gångtidsförlängning för pendeltågen via Sundbyberg så att tiden är densamma vid infasningen i Citybanan.
- Regional- och fjärrtåg från Mälarbanan stannar inte på Ostkustbanan med delad trafik.
- Tidtabellen ska ge möjlighet för en korrekt fördelning på de fyra spåren Kallhäll – Barkarby. Det resulterar i att:
 - Regionaltåg från Västerås och pendeltåg från Bålsta och Kungsängen via Kista använder ytterspåren från Kallhäll, så att de fördelas korrekt i förhållande till spårkonfigurationen i Barkarby.
 - Samtliga pendeltåg via Kista startar i Kungsängen eller Bålsta (och inte i Kallhäll). De sex pendeltågen från Kallhäll/Jakobsberg kör samtliga via Sundbyberg. Konsekvenserna av detta trafikupplägg är att det inte blir några pendeltåg från Kungsängen via befintlig sträckning och Sundbyberg, samt att pendeltågens turtäthet till/från Kungsängen bara uppgår till 20 minuter under normaltrafik.



Figur 40 Grafisk tidtabell med regional- och pendeltåg både via Sundbyberg och Kista. 5/15 minuters intervall för pendeltåg.

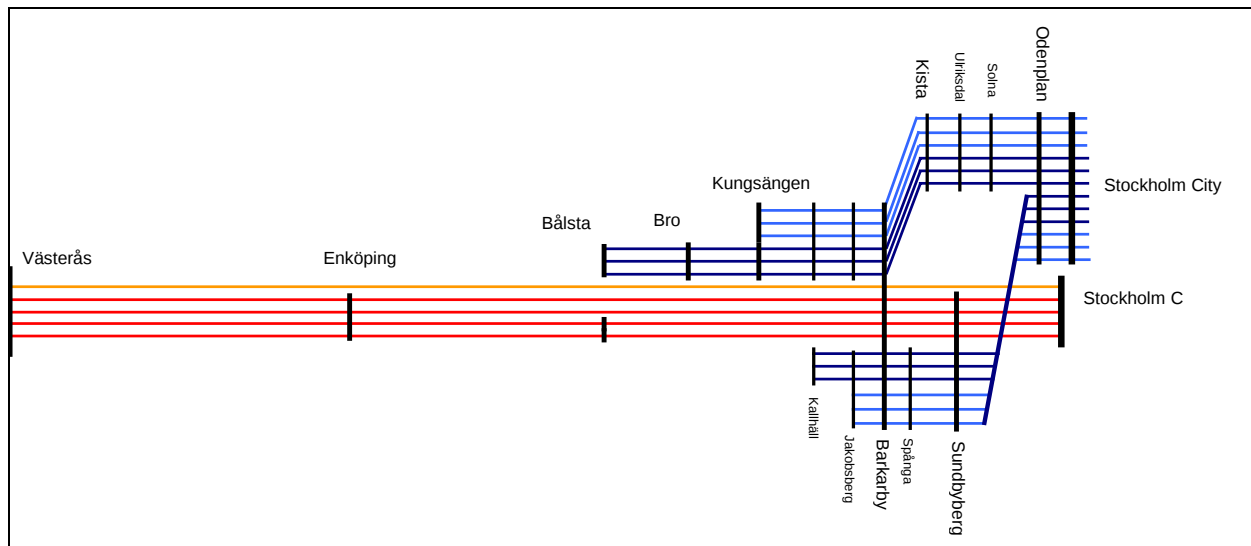
Huvudalternativets tidtabell kan, bortsett från ovanstående, användas med få justeringar till "Delad trafik".

Det har i denna analys inte genomförts någon simulering av alternativet, så det är inte möjligt att värdera mer exakt vilken punktlighet som kan förväntas. Störningskänsligheten bedöms dock vara större än i huvudalternativet. I huvudalternativet kan regionaltågen påverkas av pendeltågen på sträckan Bålsta – Kallhäll. De pendeltåg som utgår från Kallhäll och Jakobsberg har ingen påverkan på regionaltågen. Men i alternativet med delad trafik kan alla pendeltåg påverka regionaltågen, och omvänt, om de är försenade. Det är därför större risk att förseningar sprids i systemet.

Även risken att regionaltåg hamnar bakom ett pendeltåg är större i detta alternativ, då regionaltåg och pendeltåg kör på samma spår både via Kista och via Sundbyberg.

9.2.1 Endast Pendeltåg via Kista

En variant på delad trafik är om alla regionaltåg kör via Sundbyberg och Kista endast trafikeras av pendeltåg, se figuren nedan.



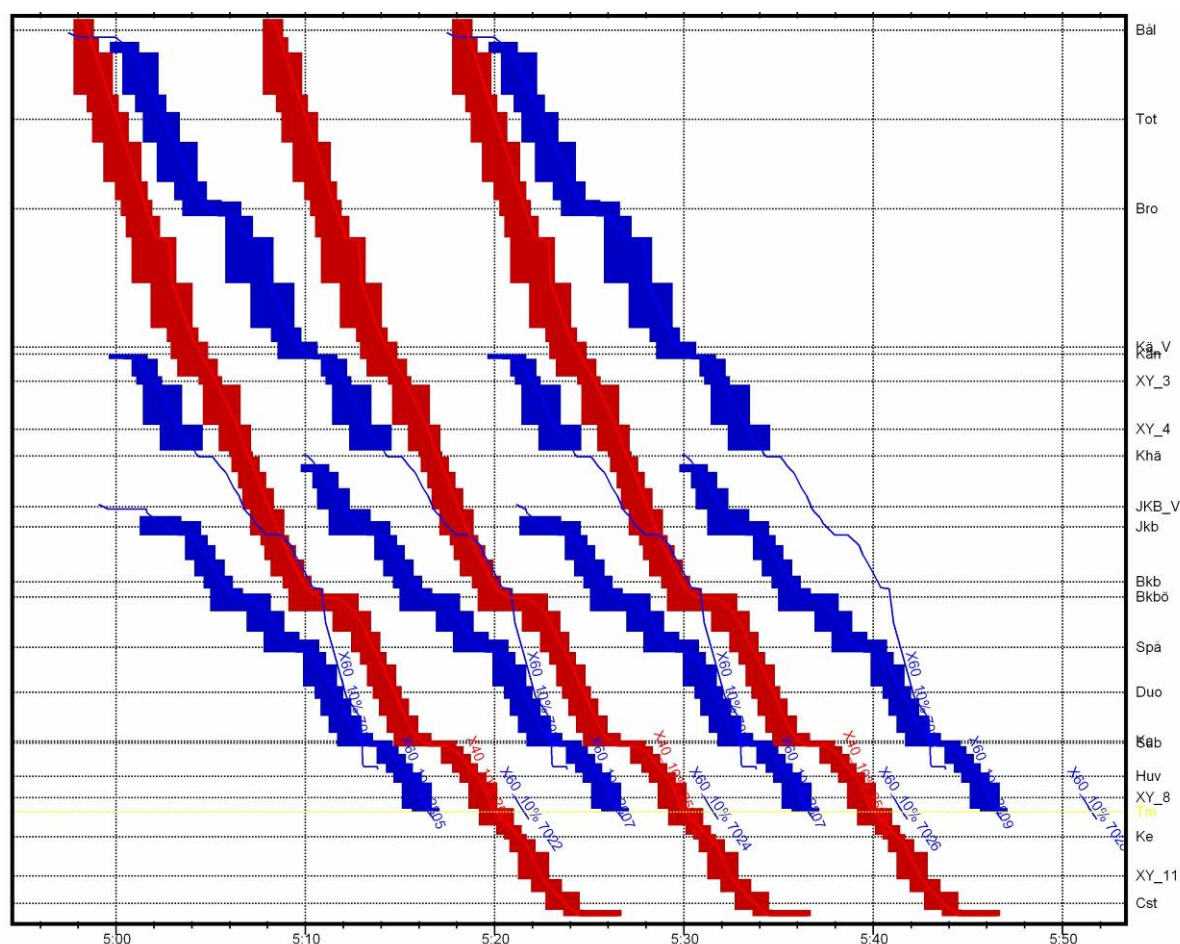
Figur 41 Alternativ med delad trafik då endast pendeltåg trafikerar via Kista

Detta trafikupplägg förenklar anslutningen i Silverdal. Samtliga pendeltåg från Ostkustbanan och hälften av pendeltågen från Mäljarbanan kan köra på de existerande pendeltågsspåren. Således finns det inget behov av en 6-spårig bana från Silverdal till Tomtebod. Kapaciteten på pendeltågsspåren är tillräcklig för sex extra tåg per timme Silverdal-Tomtebod. Byggs en förenklad anslutning i Silverdal omöjliggörs en effektiv infasning av regionaltåg från Mäljarbanan till Ostkustbanan.

Konsekvenserna blir att pendeltågen via Kista stannar i Solna, Ulriksdal, Kista och Barkarby. Pendeltågen via befintlig korridor stannar i Sundbyberg, Spånga och Barkarby. Eftersom gångtiden är nästan identisk, kommer Barkarby, Jakobsberg och Kallhäll fortfarande att trafikeras av pendeltåg med styv 5 minuters turtäthet till City. Hälften av tågen kör via Sundbyberg och hälften via Kista.

Analysen visar att det är möjligt att köra en tidtabell med fem regional- och fjärrtåg via Sundbyberg, samtidigt med pendeltåg med styv 10 minuters turtäthet via Sundbyberg och Kista. Se figur 42 nedan.

Det har i denna analys inte genomförts någon simulering av alternativet, så det är inte möjligt att värdera mer exakt vilken punktlighet som kan förväntas. Störningskänsligheten bedöms dock vara större än i huvudalternativet. I huvudalternativet kan regionaltågen påverkas av pendeltågen på sträckan Bålsta – Kallhäll. De pendeltåg som utgår från Kallhäll och Jakobsberg har ingen påverkan på regionaltågen. Men i alternativet med delad trafik kan alla pendeltåg påverka regionaltågen, och omvänt, om de är försenade. Det är därför större risk att förseningar sprids i systemet.



Figur 42 Grafisk tidtabell med styv 10 minuters turtäthet för pendeltåg både via Sundbyberg och Kista och minst fem regional- och fjärrtåg via Sundbyberg per timme.

Av figur 42 framgår att det är möjligt att konstruera en tidtabell med det alternativa trafikeringsupplägget. Tidtabellen har styv 10 minuters turtäthet för pendeltågstrafiken i Sundbyberg och Kista. I Citybanan och från Barkarby, Jakobsberg och (Kallhäll) fås styv 5 minuters turtäthet med pendeltåg, hälften av tågen via Kista och hälften via Sundbyberg.

9.3 Etapputbyggnadsstrategier

Som en del av kapacitetsanalysen Tomtebodav – Kallhäll har det även genomförts en bedömning av möjligheterna för en etappvis utbyggnad av sträckan. Fyra olika varianter av etapputbyggnad har analyserats.

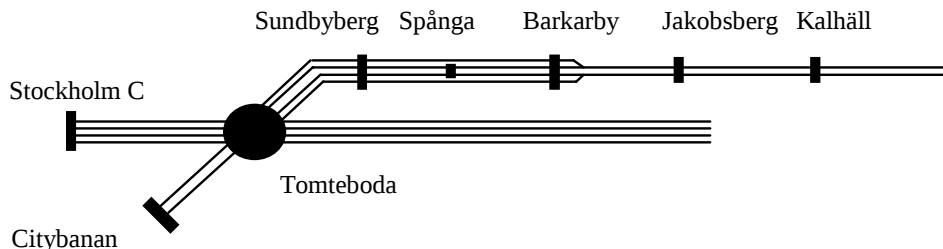
- **Inifrån och ut via Befintlig korridor:** Tomtebodav – Sundbyberg – Barkarby
- **Inifrån och ut via Kista korridor:** Tomtebodav – Kista – Barkarby
- **Utifrån och in:** Barkarby – Kallhäll
- **Utökad etapputbyggnad:** Tomtebodav – Huvudsta och Spånga – Kallhäll

Det är uppenbart att om man bara bygger ut ungefär halva sträckan Tomtebodav – Kallhäll, så kommer det att påverka möjlig trafikvolym och punktligheten.

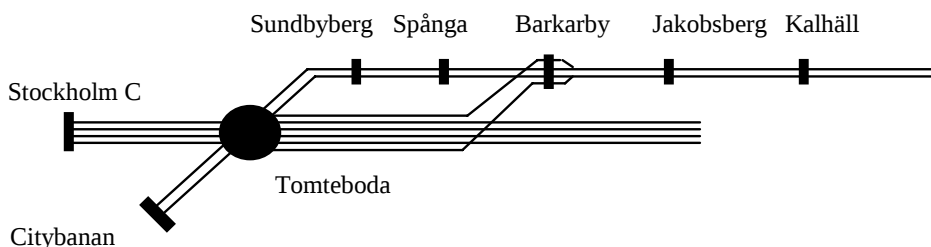
Valet mellan att bygga ut inifrån och ut eller utifrån och in ger olika kapacitetsmässiga fördelar.

9.3.1 Inifrån och ut

En utbyggnad av den innersta delen av Mälarbanan ger förbättrade möjligheter att avveckla trafikförseningar in och ut från Stockholm C förutsatt att trafiken inte utökas jämfört med idag. Etappen innebär att anslutningen vid Tomtebodav byggs om för en optimal separering av trafiken.



Figur 43 Etapputbyggnad - inifrån och ut via Befintlig korridor.



Figur 44 Etapputbyggnad - inifrån och ut via Kista korridor.

Etapputbyggnaden är inte anpassad för en ökad trafik, då pendeltåg och regionaltåg måste köra på samma spår från Barkarby och norrut.

De inledande analyserna av möjligheten till ökad trafik visar att det är teoretisk möjligt att öka trafikvolymen till:

- Tolv pendeltåg med 2x10 minuters turtäthet samt tre regional-/fjärrtåg per timme.
- Åtta pendeltåg med 2x15 minuters turtäthet samt sex regional-/fjärrtåg per timme.

Om det finns vändmöjlighet i Barkarby så kan man köra fler pendeltåg till Barkarby.

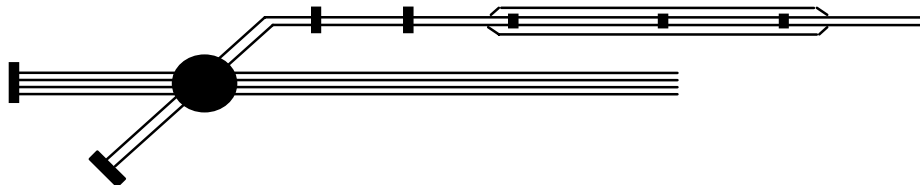
Trafikvolymen kan bara utökas om gångtiden för regional-/fjärrtåg ökas på den tätast trafikerade sträckan Barkarby-Kungsängen, vilket inte är i linje med marknadskravet.

Någon simuleringsanalys av trafiken har inte genomförts, men vi bedömer att en trafik med exempelvis åtta pendeltåg och sex regional-/fjärrtåg inte kan uppnå samma punktlighet som en fullständig utbyggnad med tolv pendeltåg och fem eller sex regional-/fjärrtåg.

Vi bedömer att om trafiken inte utökas i förhållande till JA, kommer punktligheten att kunna förbättras märkbart beroende på separeringen av trafiken in och ut från Stockholm. Vi bedömer dessutom att det inte är någon kapacitetsmässig skillnad på om utbyggnaden sker via Kista eller Sundbyberg.

9.3.2 Utifrån och in

En utbyggnad från Barkarby (öster om Barkarby) till Kallhäll ger en teoretisk möjlighet för tidtabellslagda förbigångar av pendeltågen. Detta är dock inte tanken för planerat trafik utan enbart vid störningar.



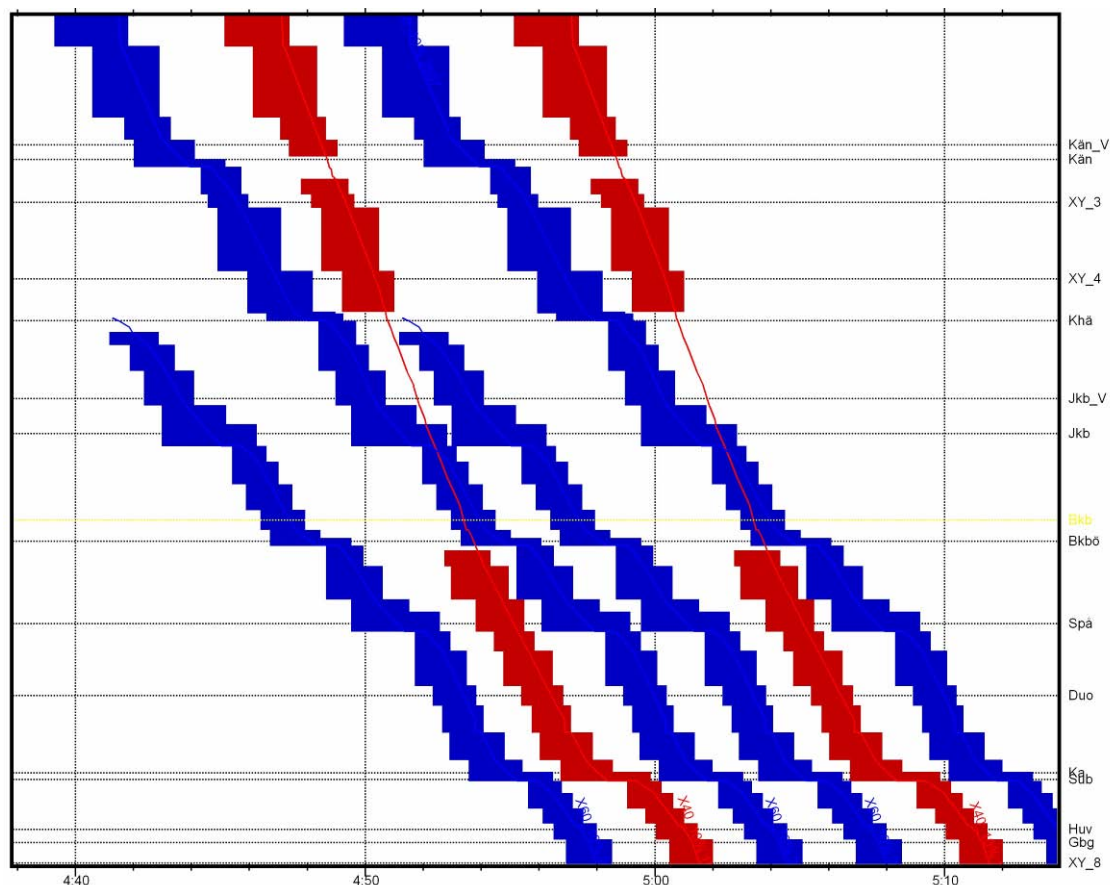
Figur 45 Etapputbyggnad - utifrån och in.

Den 4-spåriga sträckningen blir cirka 10 km lång och omfattar stationerna Kallhäll, Jakobsberg och Barkarby. Förbigångar är bara möjliga om regional-/fjärrtågen inte stannar i Barkarby. I praktiken blir förbigången så snäv att det blir nödvändigt att förlänga pendeltågens gångtid cirka 1 minut vid förbigången på 4-spårsavsnittet.

Om det sker tidtabellslagda förbigångar så finns det kapacitet för den planerade trafikvolymen i UA med tolv pendeltåg och fem regional-/fjärrtåg. Det kommer dock att vara nödvändigt att förlänga gångtiden för samtliga pendeltåg med cirka 1 minut mellan Barkarby och Kallhäll, och gångtiden för regional- och fjärrtåg med cirka 1 minut på den starkt trafikerade sträckan Tomtebodavägen – Barkarby. Pendeltågen kan inte köra med styv 5 minuters turtäthet, men med 2 x 10 minuters turtäthet.

I figur 46 redovisas en grafisk principitidtabell för en 20 minuters period, då ett regionaltåg gör förbigång av ett pendeltåg mellan Kallhäll och Barkarby. Av figuren framgår att förbigången är mycket snäv, och att trafiken med tre tåg var 10:e minut mellan Barkarby och Tomtebodas är mycket tät, men dock möjlig. Särskilt i anslutning till stopp i Sundbyberg kan det finnas behov av en optimering av signalsystemet för att ge bäst möjliga kapacitet.

Med 17 tåg per timme genom Sundbyberg uppgår kapacitetsutnyttjandet, med den nuvarande infrastrukturen, till över 80 %. Enligt UIC code 406 "Capacity" rekommenderas att kapacitetsutnyttjandet inte bör överstiga 75 % i rusningstrafiken.



Figur 46 Principiell grafisk tidtabell med förbigång Kallhäll-Barkarby. Röda tåg är regionaltåg utan stopp i Barkarby, blå tåg är pendeltåg. Trafiken motsvarar tolv pendeltåg och upp till sex regional-/fjärrtåg per timme.

Systemet kommer att vara mycket känsligt för förseningar dels på grund av de mycket snäva förbigångarna, dels på grund av att utflätningen vid Tomtebodas inte är ombyggd för en optimal hantering av trafiken.

Om den 4-spåriga sträckan inte används för tidtabellslagda förbigångar bör inte trafiken utökas i förhållande till JA. Den högre kapaciteten på sträckan bör primärt användas vid störningar, då försenade regionaltåg kan få sin försening reducerad genom att göra förbigång av ett pendeltåg.

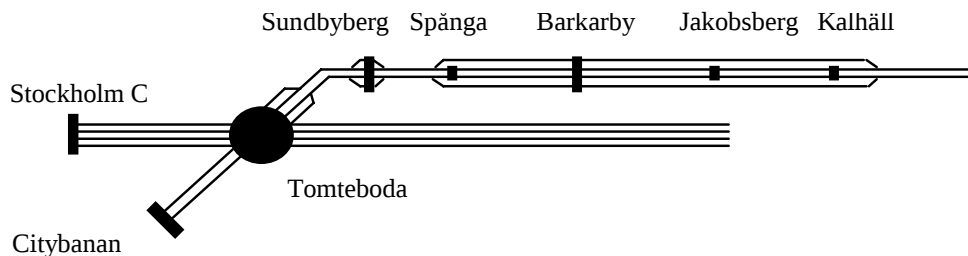
9.3.3 Utökad etapputbyggnad

Andra deluppdrag har pekat på att en del av sträckan genom Sundbyberg är mycket dyr att bygga ut till fyra spår. Därför kan det vara intressant med ett alternativ där UA Befintlig korridor byggs i en första etapp utan sträckan Spånga – Sundbyberg – Huvudsta. Detta alternativ är en utökning av etapputbyggnaden som beskrivs ovan.

Alternativet analyseras i två varianter:

Variant 1:

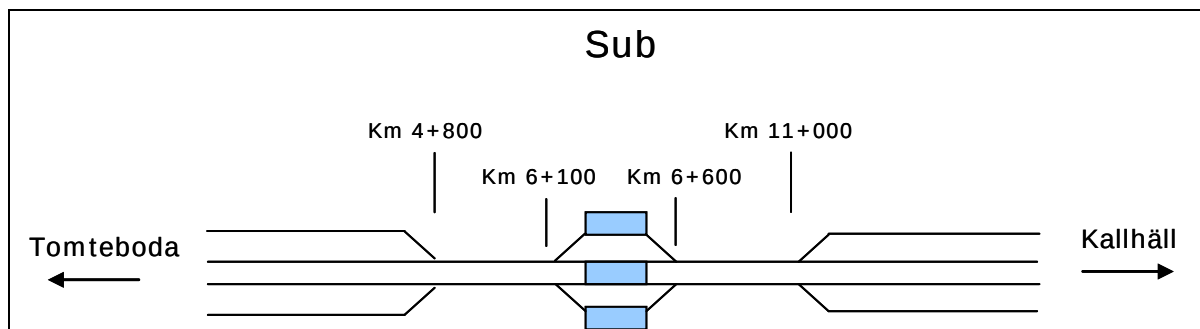
Det utökade etapputbyggnadsalternativet innefattar ombyggd infart till Tomtebodan samt fyra spår mellan Spånga och Kallhäll. Jämfört med huvudalternativet UA befintlig korridor sker ingen utbyggnad till fyra spår på sträckan Huvudsta – Spånga. Sundbyberg byggs dock ut till fyra plattformsspår för att öka kapaciteten på stationen.



Figur 47 Etapputbyggnad - utökad Tomtebodan-Huvudsta och Spånga-Kallhäll.

Av figuren nedan framgår mer detaljerat lokaliseringen av de dubbelspåriga avsnitten. I analysen har antagits att hastigheterna på sträckan är desamma som i huvudalternativet UA befintlig, d.v.s. 90 km/h t.o.m. Sundbyberg och 160 km/h väster om Sundbyberg. Detsamma gäller för växlarna i Huvudsta och Sundbyberg i både huvud- och sidotågväg. I Spånga har antagits att huvudtågvägen är till ytterspåret med 160 km/h och sidotågvägen är till pendeltågens mittspår. Hastigheten i växlarna är således 120 km/h för pendeltågen. Samtliga pendeltåg stannar i Spånga, varför de inte påverkas av denna hastighetsbegränsning.

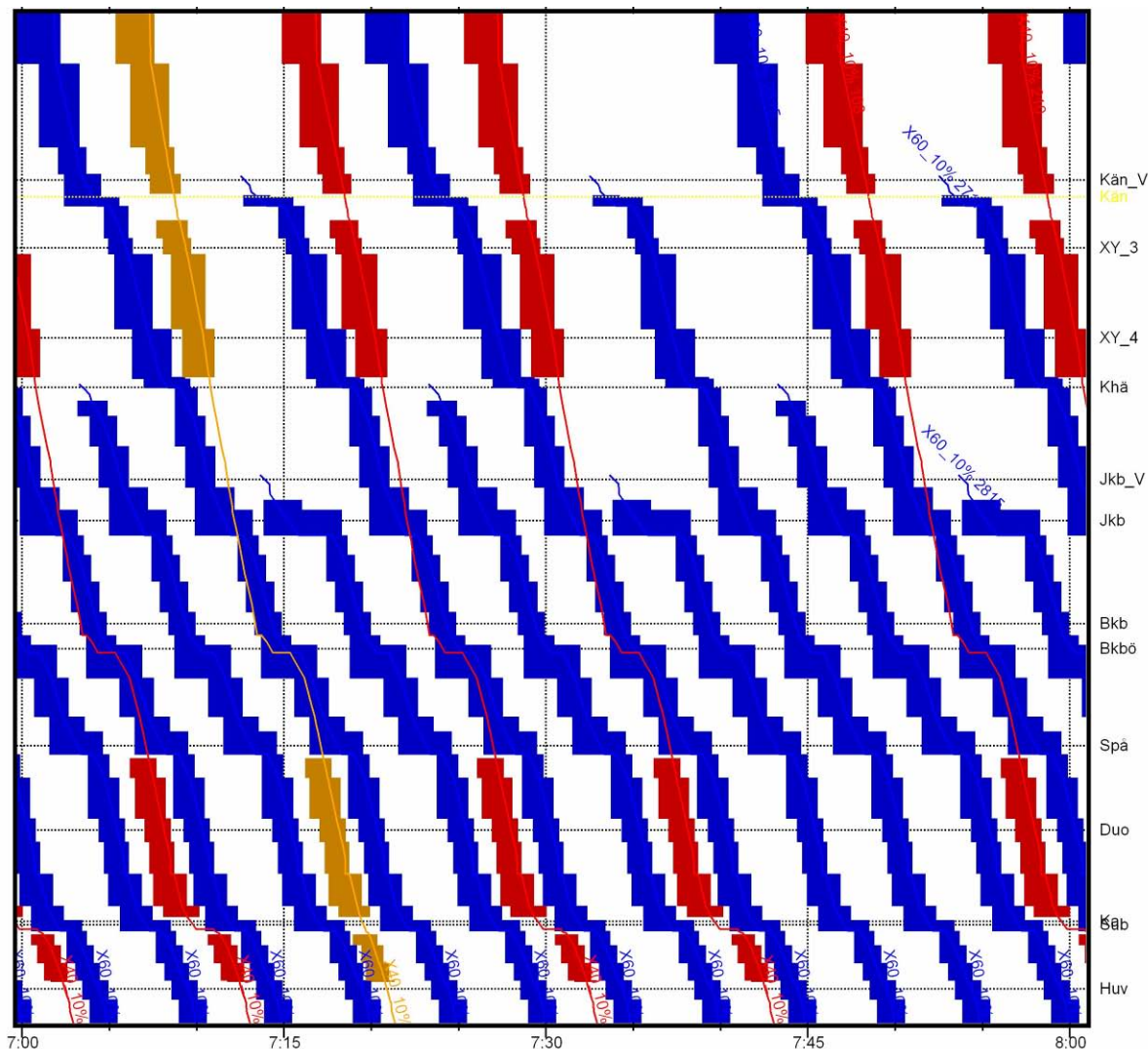
I Sundbyberg använder samtliga regional- och fjärrtåg ytterspårerna och pendeltågen innerspårerna med mittplattform.



Figur 48 Sträckor med 4-spår och dubbelspår i det utökade etapputbyggnadsalternativet variant 1.

Den långa 4-spåriga sträckan Kallhäll – Spånga antas komma att användas för planlagda förbigångar för att öka kapaciteten på hela sträckan och till separation av trafiken.

För att testa möjlig trafikering av sträckan har tidtabellen i UA befintlig korridor lagts in i RailSys. Det är möjligt med endast mycket små förändringar av minuttalen i tidtabellen. Grafisk tidtabell framgår av figuren nedan.



Figur 49 Grafisk tidtabell med utökad etapputbyggnad. Trafiken avser en timme i högttrafik mellan Kungsängen och Tomteboda.

Som framgår är det teoretiskt möjligt att passa in regional- och fjärrtåg mellan pendeltågens styva 5-minuters kanaler.

Kapacitetsmässigt finns det två kritiska omständigheter:

- Förbigångar ska kunna genomföras utan att de två tågen påverkar varandra, och det ska finnas en lämplig marginal så att små förseningar (0-30 sek) inte överförs mellan tågen.
- Den dubbelspåriga sträckan Huvudsta – Spånga ska trafikeras av sammanlagt 17 pendel-, regional- och fjärrtåg varje timme i högttrafik (och godståg i normaltrafik).

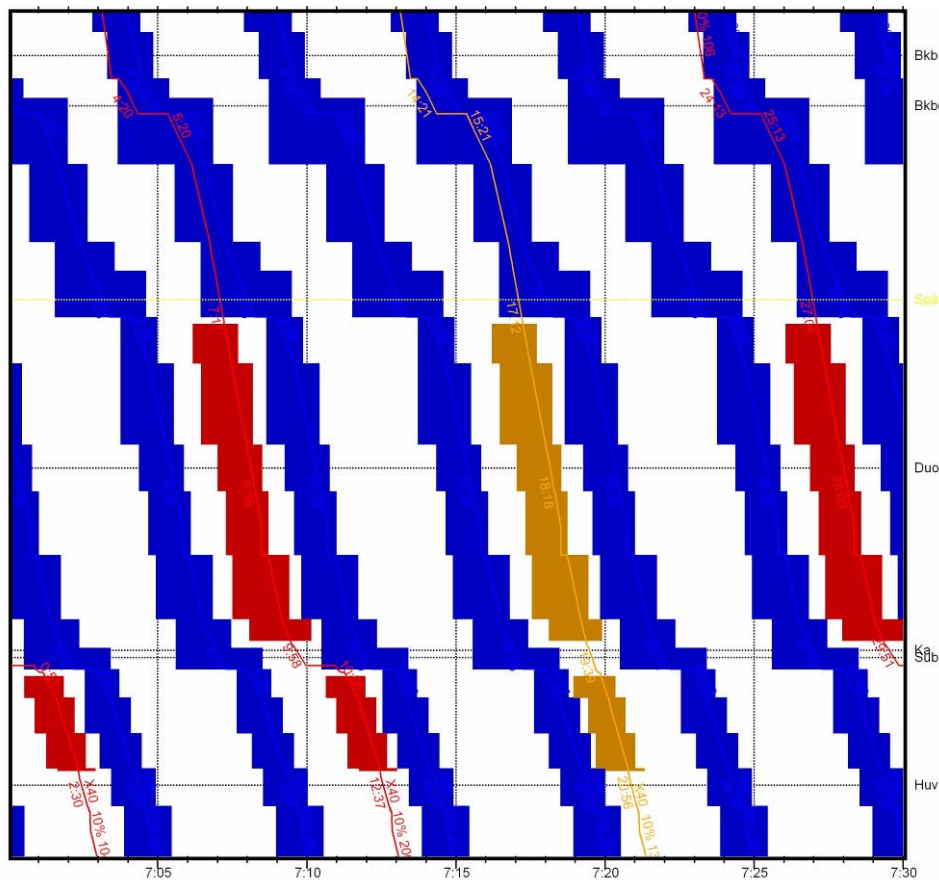
Förbigångar på den 4-spåriga sträckan är möjliga med regional- och fjärrtågsstopp i Barkarby. Förbigångarna blir dock mycket snäva. För att förbättra förbigångarna har gångtidstillägget

reducerats med 40 sekunder på den 4-spåriga sträckan Kallhäll – Spånga² och ökats i motsvarande omfattning med 40 sekunder på sträckorna Bålsta – Kallhäll och Huvudsta – Stockholm C.

Det betyder att regionaltåget alltid kör med maximal hastighet på sträcka där förbigång sker. På motsvarande sätt är det möjligt att flytta tilläggen för pendeltågen så att dessa, om de inte är försenade, kör långsammare på sträckan där förbigång sker, men omvänt snabbare på den dubbelspåriga sträckan.

På sträckan Spånga – Huvudsta ska samtliga 17 tåg i var riktning köra på samma spår.

I figuren nedan redovisas ett utsnitt av den grafiska tidtabellen för sträckan.



Figur 50 Grafisk tidtabell, utsnitt (30 minuter) av sträckan Barkarby-Huvudsta, variant 1.

Trafiken är mycket tät då regional- och fjärrtåg ska passas in mellan pendeltågens styva 5-minuters kanaler. Men då hastigheten och uppehållsmönstret är i det närmaste identiskt för samtliga tågtyper, och då det finns fyra plattformsspår i Sundbyberg, är det möjligt. Som framgår av avsnitt 8.1 ”Kapacitetsbrist Kallhäll – Kungsängen” kan 17 tåg i var riktning på en dubbelspårig bana dock ge problem med punktligheten.

Risken för förseningar kan dock reduceras om intervallen mellan pendeltågen ändras för att få en jämnare fördelning av tågen på sträckan. Pendeltågen kör i styv 5-minuterstrafik. Beroende på trafik-

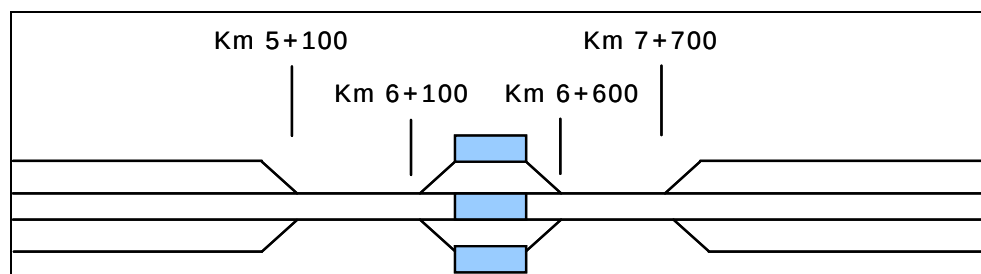
² Om regionaltågen inte stannar i Barkarby behövs ingen reduktion av gångtidstillägget.

strukturen i Citybanan kan intervallen mellan pendeltågen ändras till exempelvis 4/6 minuter om gångtiden ökas. Intervallen skulle dock kunna ändras till 2,5/7,5 minuter om samma förändring av intervall mellan pendeltågen görs på Ostkustbanan. En haltande tidtabell för pendeltågen bedöms dock inte vara rimlig eftersom det kommer att resultera i en ojämn beläggning.

Kapacitetsutnyttjandet är beräknat till 73 % på den dubbelspåriga sträckan Spånga – Huvudsta. Enligt UIC code 406 "Capacity" rekommenderas att kapacitetsutnyttjandet inte bör överstiga 75 % i rusningstrafiken. Den skissade trafiken bör därför vara möjlig med en acceptabel punktlighet. Det har dock inte genomförts någon simuleringsanalys av ett utökat etapputbyggnadsalternativ. En simuleringsanalys motsvarande avsnitt 7 kan dokumentera om punktligheten är acceptabel.

Variant 2:

För att bedöma effekten av att bygga ut till fyra spår på en längre sträcka har variant 2 enligt figuren nedan analyserats.

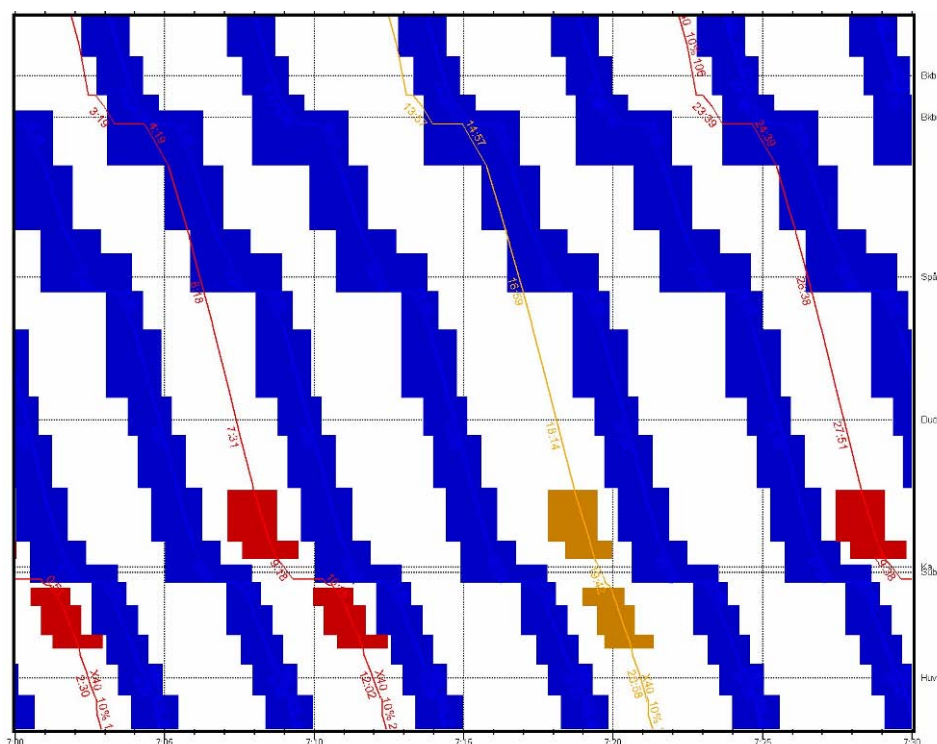


Figur 51 Sträckor med 4-spår och dubbelspår i det utökade etapputbyggnadsalternativet variant 2.

Variant 2 har i övrigt samma förutsättningar som variant 1, och samma analys har genomförts. En jämförelse mellan den grafiska tidtabellen för variant 1 (figur 50) med motsvarande för variant 2 (figur 52) visar att den gemensamma sträckning där regionaltåg och pendeltåg kör på samma spår är mycket kortare i variant 2. Men det framgår också att den kritiska punkten (den blocksträcka där tågen först påverkas av ett annat tåg) finns omedelbart före och efter Sundbyberg, på den del av sträckan som är lika i variant 1 och 2. Därför kan tågen mellan Spånga och Huvudsta inte köra tätare i variant 2 än i variant 1.

Det betyder också att kapacitetsutnyttjandet enligt UIC 406 är oförändrat – 73 % i variant 2.

Det finns således ingen kapacitetsmässig fördel med variant 2 jämfört med variant 1. Men i variant 2 är sträckan där tåg kör förbi varandra (Kallhäll – Spånga) längre och därmed är risken för förseningar vid förbigången mindre i variant 2.



Figur 52 Grafisk tidtabell, utsnitt (30 minuter) av sträckan Barkarby-Huvudsta variant 2.

Om det utökade etapputbyggnadsalternativet (variant 1 och 2) jämförs med huvudalternativet UA befintlig, ska följande skillnader i punktlighet noteras:

- Större risk för att små förseningar överförs mellan de olika tågsystemen.
- De pendeltåg som vänder i Kallhäll och Jakobsberg kan bli påverkade av försenade regionaltåg (och omvänt). Detta är inte möjligt i huvudalternativet.
- Då regionaltågen ska passas in i 2½ minuts ”kanaler” på sträckan Spånga-Huvudsta, ökar risken för förseningar på maximalt 2½ minut.
- Risken för störningar till följd av fel på infrastrukturen ökar då betydligt fler växlar kommer att användas aktivt.

9.3.4 Slutsats

En etappvis utbyggnad kan användas till

- Förbättrad punktlighet
- Utökad trafik

Eftersom de två första analyserade etapputbyggnaderna innebär relativt korta 4-spåriga sträckor (cirka 10 km) är det i praktiken inte möjligt att utöka trafiken såvida inte gångtiden förlängs för samtliga tågtyper.

Med en icke utökad trafik i förhållande till JA kan etapputbyggnaderna ge en bättre punktlighet.

Om man önskar utöka trafiken ska längden 4-spår utökas till sträckan Kallhäll – Spånga så att tidtabellslagda förbigångar av pendeltågen kan ske utan behov av förlängda gångtider.

Dessutom bör infarten till Tomtebodan byggas om för att säkerställa ett optimalt utnyttjande av kapaciteten in och ut från Stockholm C.

Med det utökade etapputbyggnadsalternativet bedöms det vara möjligt att få en acceptabel trafik enligt UA 2020. Alternativet kommer dock att resultera i en sämre punktlighet än huvudalternativet till följd av ett större beroende mellan olika tågssystem. Det har i denna analys inte genomförts någon simulering av alternativet, så det är inte möjligt att värdera mer exakt vilken punktlighet som kan förväntas.

10 Slutsatser

I projektet Kapacitetsanalyser av Mälarbanan har ett antal utbyggnadsförslag för Mälarbanan analyserats. Arbetet har gett svar på ett flertal trafikerings- och kapacitetsfrågor, och slutsatser har kunnat dras.

Med utgångspunkt från projektets styrande marknadskrav, för en utbyggnad till fyra spår på sträckan Tomtebodavägen – Kallhäll via Kista eller via befintlig korridor, kan följande slutsatser dras:

- **Restider:** Gångtidsberäkningar har visat att det är möjligt att uppnå restider avseende sträckan Västerås – Stockholm på
 - Maximalt 45 minuter med regionala direkttåg (utan stopp längs vägen)
 - Maximalt 50 minuter med regionala tåg med tre stopp längs vägen
- **Kapacitet/turutbud:** Tidtabellsanalysen har visat att det är möjligt med
 - Styv fem minuters turtäthet med pendeltåg. Begränsad kapacitet väster om Kallhäll möjliggör endast 10 minuters turtäthet på denna sträcka.
 - Fyra regionaltåg per timme mellan Stockholm och Västerås. Styv kvartstrafik är dock inte möjlig (men trafik med 2 x 30 minuters intervall är möjlig).
 - Ett fjärrtåg per timme mellan Stockholm och Västerås.
- **Punktlighet:** Simuleringsanalysen har visat att
 - I UA får man en förbättrad punktlighet när det gäller förseningar överstigande 2 ½ minut. Antalet små förseningar i intervallet 30-60 sek. ökar i förhållande till JA beroende på den tätare trafiken i UA.
 - JA utan ökad trafik, men med nya fordon med bättre prestanda och tillkomsten av Citybanan, ger en mycket god punktlighet.
 - Risken för stora förseningar för regionaltågen på grund av försenade pendeltåg reduceras markant i UA.
- **Godstrafik:** En analys av möjligheterna för godstrafik på Mälarbanan har visat att
 - Det är möjligt att köra upp till två godståg per timme i båda riktningarna Västerås – Tomtebodavägen under persontrafikens lågtrafikperioder.
 - Om man önskar köra godståg i rusningstrafiken är det bara möjligt i UA Befintlig korridor och det krävs dessutom en planskildhet för godstågen i Tomtebodavägen.

Generellt har kapacitetsanalysen inte funnit några grundläggande skillnader mellan de två huvudalternativen UA Befintlig korridor och UA Kista korridor. Gångtider, möjligheten för att kunna konstruera bra tidtabeller (utifrån vald huvudprincip för trafikering) och punktligheten är i stort identiska i de två alternativen.

Kapacitetsbristanalysen indikerar för båda huvudalternativen:

- Att trafikproduktionen i det ursprungliga trafikupplägget var för stor för att ge en robust tidtabell norr om Kallhäll.
- Om trafiken reduceras från nio till sex pendeltåg väster om Kallhäll, så uppnås en acceptabel punktlighet.
- Att kapaciteten i utbyggnadsalternativen ska utökas genom att anlägga två extra vändspår i Kallhäll och/eller Jakobsberg (totalt två jämfört med ett i dagsläget).

De övriga analyserna indikerar

- Att etapputbyggnadsstrategierna, i vilka cirka 2/3 av projektets sträckning byggs ut, inte möjliggör utökad turtäthet med acceptabelt kapacitetsutnyttjande.
- Om etapputbyggnaden är mer omfattande (den enda sträcka som inte byggs ut är totalt cirka 6 km före och efter Sundbyberg) så kan turtätheten utökas som önskat enligt marknadskravet. Kapacitetsutnyttjandet blir acceptabelt, men det kan förväntas en något större risk för förseningar än i huvudalternativet.
- Att en alternativ trafikering via Kista är möjlig med delad trafik. Det krävs dock anpassningar av infrastrukturen i Silverdal och fler plattformar i Kallhäll och Jakobsberg, och det kan förväntas en sämre punktlighet än i huvudalternativet.

Tidtabellerna i de olika modellerna är framtagna med lika förutsättningar med hänsyn till möjligheter och begränsningar i infrastrukturen. Resultatet av kapacitetsanalyserna, och den efterföljande implementeringen i RailSys, är en kontroll av om trafikstörningar kan avvecklas under givna förutsättningar och med acceptabel kvalitet.

10.1 Allmänna kommentarer till analysen

Arbetet med trafik- och kapacitetsanalyserna av Mälarbaneprojektet har gett goda kunskaper om, och insikt i, den föreslagna lösningens kapacitet, möjligheter och begränsningar.

Analysen indikerar att det blir en stor förbättring på sträckan Västerås – Stockholm redan när Citybanan öppnas och nyare fordonen, exempelvis X60 och X40, trafikerar sträckan. Det kan resultera i att punktligheten kan förbättras, särskilt för pendeltågen som kan använda Citybanan utan att kapaciteten är fullt utnyttjad. Denna situation utgör analysens JA alternativ.

Men möjligheten till en förbättring av restiden och punktligheten kan störas av att kapaciteten på den innersta delen av Mälarbanan är fullt utnyttjad. Det betyder att det inte kan köra fler tåg även om det finns behov av det.

Andra deluppdrag i Mälarbaneprojektet har visat att antalet resenärer på Mälarbanan redan är stort och kommer att öka markant i framtiden – om det kan erbjudas en bra service med många avgångar och korta restider.

Om infrastrukturen inte byggs ut så kan de många potentiella nya resenärerna hanteras genom att:

- Sätta in fler tåg på sträckan än vad som är möjligt i en optimal tidtabell. Därmed kommer restiden att förlängas för de snabbare tågen och punktligheten faller för samtliga tåg.
- Fortsätta med oförändrat antal tåg. Resenärerna kommer då att uppleva försämrad service med överfyllda tåg utan garanti för sittplats, eller så kommer resenärer att välja andra alternativ (bil, buss eller att inte resa)

Vi bedömer att det finns en stor risk för att JA alternativet inte motsvarar den framtida situationen. Om antalet resenärer ökar som förutsatt i prognosberäkningarna, kan antalet tåg i JA tidtabellen inte hantera alla resenärer med en god service. Uppehållstiderna på stationerna måste förlängas för att få alla resenärer ut och in i tåget, eller så måste restiden förlängas och punktligheten reduceras för att få plats med fler tåg.

Det finns ett direkt samband mellan en järnvägs kapacitet, tidtabell och punktlighet³. När det är fler resenärer som önskar använda sträckan än det finns plats till i de tåg som kan köra på sträckan med en optimal tidtabell, så är det kapacitetsbrist.

En utbyggnad av Mälarbanan ska därför först och främst ses som en kapacitetsutbyggnad, som säkerställer att det finns plats i tågen till alla de resenärer som önskar det. Men på grund av sambandet mellan kapacitet, tidtabell och punktlighet kommer en utbyggnad av Mälarbanan också att ge möjlighet till bra tidtabeller med snabba tåg och till en acceptabel punktlighet.

En utbyggnad av Mälarbanan är också en förutsättning för att kapaciteten i Citybanan ska kunna utnyttjas effektivt. Analysen av Mälarbaneprojektet visar att den önskade trafikvolymen i UA alternativen kan hanteras i och med övrig utbyggnad i systemet såsom Citybanan.

Om medlen inte räcker till att finansiera en komplett utbyggnad av sträckan Tomtebodavägen – Kallhäll, så är det möjligt att uppnå en stor kapacitetsökning genom etapputbyggnad. En etapputbyggnad där den mycket komplicerade sträckan Spånga – Huvudsta bara byggs ut med två nya plattformsspår i Sundbyberg, men där resten av projektet byggs ut till 4-spår, ger möjlighet för den önskade trafikvolymen. Detta reducerade etappalternativ kommer att resultera i en större risk för förseningar än huvudalternativet. Det har i denna analys inte genomförts någon simulering av alternativet, så det är inte möjligt att värdera mer exakt vilken punktlighet som kan förväntas.

Kapacitetsanalysen har visat att mindre omfattande etapputbyggnader inte möjliggör den önskade trafikvolymen.

³ Enligt "Metoder til beregning af jernbanekapacitet"; Kaas, Anders H.

Källor

- [1] Torleif Jansson. Kapacitetsanalys av alternativt trafikeringsupplägg och utbyggnad av Mälarbanan. KTH, examensarbete (2003).
- [2] Banverket. Systemuppbyggnad av Mälarbanans fyrspår. Olov Lindfeldt, 2007-07-09.
- [3] Kaas, Anders H; Metoder för beräkning av järnvägskapacitet (doktorsavhandling 1998) – Studien omfattade dels utveckling av kapacitetsmodellen SCAN (Strategic Capacity Analysis of Network), som kan utnyttjas i samband med strategisk järnvägsplanering, och dels en teoretisk genomgång av beräkningsmetoder i förbindelse med bestämmande av järnvägskapacitet. ISBN 87-7341-108-6
- [4] Kaas, Anders H; Evaluation of railway capacity (Artikel och föredrag under trafikdagarna på Ålborgs Universitet, 2006)
- [5] Kaas, Anders H; Practical use of the UIC 406 capacity leaflet by including timetable tools in the investigations (Paper vid konferensen “Computers in Railways X”, Prag 2006) – ISBN 1-84564-177-9
- [6] Kaas, Anders H; Planning the most suitable travel speed for high frequency railway lines (Paper vid “1st International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis”, Delft 2005)
- [7] Kaas, Anders H; Developing and practical use of a capacity model for railway networks (artikel vid konferensen “Computer application in railway systems”, Basel 1998 & “Computers in Railways VI”, Lissabon 1998) – ISBN 1 901808 08 4 & ISBN 1 85312 7841 WIT PRESS
- [8] Kaas, Anders H; Punctuality model for railways (artikel vid konferensen “Computers in Railways VII”, Bologna 2000) – ISBN 1-85312-826-0

Bilaga 1: Förseningsfördelningar i simulering

Tabell 7 Utgångsförseningar för pendeltåg.

Försening [sekunder]	Andel tåg Stockholm City	Andel tåg Bålsta, Kungsängen, Kallhäll och Jakobsberg
0	70 %	80 %
0-60	15 %	12 %
60-120	7 %	4 %
120-180	3 %	3 %
180-240	2 %	1 %
240-300	1 %	
300-360	0 %	
360-420	1 %	
420-480	0 %	
480-540	1 %	

Tabell 8 Utgångsförseningar för regional- och fjärrtåg.

Försening [sekunder]	Andel tåg Stockholm C	Andel tåg Västerås
0	66	48 %
0-60	25	26 %
60-120	4 %	11 %
120-180	2 %	8 %
180-240	1 %	5 %
240-300	2 %	2 %

Tabell 9 Uppehållsöverskridande förseningar på samtliga stationer med uppehåll.

Försening [sekunder]	Andel tåg Pendeltåg	Andel tåg Regionaltåg
0	70 %	74 %
0-10	15 %	8 %
10-20	7 %	8 %
20-30	4 %	4 %
30-40	2 %	3 %
40-50	1 %	2 %
50-60	1 %	1 %

www.banverket.se



Banverket
Box 1070
172 22 Sundbyberg

Tel: 08-762 20 20
Fax: 08-762 52 10
www.banverket.se
e-post: registrator.stockholm@banverket.se