

Mälarbanan Tomtebodavägen – Kallhäll



Förstudie
Delrapport Kapacitetsutredning
Maj 2005

Medverkande:

Beställare

Projektledare
Bitr. projektledare
Kapacitetsfrågor
Östra trafikdistriktet
Östra trafikdistriktet
Östra trafikdistriktet

Banverket Östra banregionen

Box 1070
172 22 Sundbyberg

Björn Eklund
Cornelis Harders
Armin Ruge
Anders Block
Johan Unebrand
Mikael Pettersson

Konsult

Uppdragsledare
Kapacitetsutredare

Granskning

Banverket Projektering

Box 46
171 11 Solna

Henric Sandborg
Peter Hellström
Stefan Andersson
Leif Broberg
Mats Lithner

På framsidan: Mälarbanan norrut genom Jakobsberg

Innehåll

Sammanfattning	3
GRUNDARBETE	3
BEFINTLIG KORRIDOR I YTLÄGE (BK-Y)	4
KISTA KORRIDOR – KISTA CENTRALT (KK-C)	5
Slutsatser och kommentarer	6
SLUTSATSER	6
BEFINTLIG KORRIDOR (BK)	6
KISTA KORRIDOR (KK)	7
KOMMENTARER	8
Allmän beskrivning av uppdraget	12
Inledning	13
BAKGRUND OCH PROBLEMBILD	13
DAGENS TRAFIK OCH DAGENS BANA	13
FRAMTIDA TRAFIKEFTERFRÅGAN OCH KAPACITETSBEHOV	15
EFFEKTER AV ENKLARE ÅTGÄRDER PÅ BEFINTLIG BANA	16
PRINCIPIELLA ÅTGÄRDER	16
FÖRSLAG PÅ ENKLARE ÅTGÄRDER	16
KOMMENTAR	17
SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	18
Metod och modell	19
METOD	19
VIKTIGA RESULTATPARAMETRAR	20
MODELL	20
BANMODELL OCH TRAFIKERING	20
TÅGTYPER OCH FÖRARE	22
TIDTABELLER	22
STÖRNINGSMÖNSTER	23
Genomfört arbete och resultat	25
ALLMÄNT	25
BEFINTLIG KORRIDOR I YTLÄGE (BK-Y)	25
KISTA KORRIDOR- KISTA CENTRALT (KK-C)	25
GRUNDARBETE	25
PRECISERAD FRÅGESTÄLLNING	26
GENOMFÖRANDE	26
RESULTAT	28
KOMMENTARER OCH SLUTSATSER	29
DELSTUDIE 1, UTVÄRDERING AV ALTERNATIVA UTFORMNINGAR AV FRAMTIDA BANA	30
PRECISERAD FRÅGESTÄLLNING	30
GENOMFÖRANDE	33
RESULTAT	33
KOMMENTARER OCH SLUTSATSER	34

DELSTUDIE 2, SIMULERING OCH ANALYS AV FYRSPÅRSALTERNATIV I BEFINTLIG	
KORRIDOR	35
PRECISERAD FRÅGESTÄLLNING	36
FÖRUTSÄTTNINGAR	36
GENOMFÖRANDE	41
RESULTAT	42
KOMMENTARER OCH SLUTSATSER	44
DELSTUDIE 3, ANALYS AV ALTERNATIVA STATIONSPLACERINGAR	45
PRECISERAD FRÅGESTÄLLNING	45
FÖRUTSÄTTNINGAR	46
GENOMFÖRANDE	49
RESULTAT	49
KOMMENTARER OCH SLUTSATSER	50
DELSTUDIE 4, ANALYS AV KISTAKORRIDOREN	51
PRECISERAD FRÅGESTÄLLNING	52
FÖRUTSÄTTNINGAR	53
GENOMFÖRANDE	57
RESULTAT	57
KOMMENTARER OCH SLUTSATSER	58
Fortsatt arbete	60
Simuleringsverktyget OpenTrack	61

BILAGOR:

Bilaga 1 Resultat grundarbete, Validering

Bilaga 2 Resultat delstudie 1, Kurvrätning direktåg

Bilaga 3 Resultat delstudie 1, Kurvrätning pendeltåg

Bilaga 4 Resultat delstudie 1, Kurvrätning regionalåg

Bilaga 5 Resultat delstudie 2

Bilaga 6 Resultat delstudie 3

Bilaga 7 Resultat delstudie 4

Sammanfattning

Mälardalen är för närvarande en av Sveriges mest expansiva regioner och denna utveckling förutses fortsätta även under den kommande tidsperioden. Mälarbanan utgör en viktig del av Mälardalens järnvägsnät och binder samman bland annat Örebro, Västerås och Enköping med Stockholm. Sträckan Tomtebodavägen - Kallhäll utnyttjas maximalt idag med en blandning av fjärrtåg, regionaltåg, pendeltåg och godståg.

Mälarbanan har idag två spår (dubbelspår) på sträckan Stockholm C – Västerås – Kolbäck. I regel så används ett spår för vardera trafikriktningen. Redan idag så finns en begränsad framkomlighet (kapacitet) på Mälarbanan, sträckan Stockholm C – Bålsta. Förseningar kan relativt lätt uppstå och det tar lång tid för tågtrafiken att återgå till den ursprungliga tidtabellen. Det är idag inte möjligt att öka antalet turer för exempelvis pendeltågen eftersom det inte finns ytterligare utrymme på spåren. Under den hårdaste trafikerade timmen går det som mest 9 tåg per riktning på sträckan Stockholm C – Jakobsberg. Orsaken till förseningar beror till stor del på antalet tåg och blandningen av olika tågtyper med olika hastighet och stoppmönster.

Kollektivtrafikens andel för resor mot Stockholms cityområde är i högtrafik ca 70 procent varav den spårbundna trafiken står för en stor del. I Mälardalsregionen ligger ett flertal av Sveriges största järnvägsstationer mätt i antalet resande. Eftersom spårsystemet redan idag har sina begränsningar bedöms det inte klara den framtida efterfrågan. Det är därför angeläget att redan idag planera för att bygga ut delar av spårsystemet så att såväl dagens som framtida kapacitetsbrister kan elimineras.

Syftet med denna kapacitetsanalys är att försöka besvara ett antal frågeställningar när det gäller en utbyggnad av Mälarbanan i antingen *Befintlig korridor (BK)* eller *Kista korridor (KK)*. Framförallt har effekterna på kapaciteten av olika fyrspårsalternativ och mindre kurvrätningar studerats. Arbetet med de aktuella frågeställningarna har genomförts i fem olika delstudier enligt följande.

Grundarbete

Omfattar tre separata delar. Den första innebar att bygga de grundmodeller av *Befintlig korridor i ytläge (BK-Y)* och *Kista korridor – Kista Centralt (KK-C)* som sedan vidareutvecklats i övriga delar. I den andra delen har en punktlighetsanalys genomförts. Denna har sedan legat till grund för de slumpmässiga störningar som lagts på i simuleringarna. Slutligen har den tredje delen omfattat en validering av simuleringsprogrammet *OpenTrack* som är det verktyg som använts.

Slutsatsen av valideringen var att gångtidsberäkningarna eller egentligen den simulerade ”körningen av tåg” i *OpenTrack* fungerar likvärdigt med den i Banverkets gångtidsprogram, *GTP*, och därmed också i jämförelse med Banverkets simuleringsprogram *Simon*.

Befintlig korridor i ytläge (BK-Y)

Delstudie 1 omfattar en utvärdering av alternativa utformningar av en framtida bana i BK-Y, där effekterna av olika alternativa kurvrätningar i olika åtgärdsnivåer analyseras och kommenteras. De tre aktuella kurvpartierna är i nordlig riktning kurva 1: kurvan efter Sundbyberg, kurva 2: kurvorna före och efter Jakobsberg samt kurva 3: kurvan före Kallhäll. De olika åtgärdsnivåerna är att behålla *Dagens hastighetsstandard*, en hastighetshöjning till *Sth200* km/h i kurvorna (sth= största tillåtna hastighet) samt en hastighetshöjning till en nivå för *Begränsat intrång*. *Begränsat intrång* innebär att hastigheterna i kurvorna höjs jämfört med *Dagens hastighetsstandard*, men till en nivå som påverkar omgivningen bara i mindre omfattning. Analysen gjordes genom att studera hur gångtiderna påverkades för några olika tågslag (pendel-, regional- och direktåg) på sträckan Sundbyberg - Kallhäll (- Västerås C).

Analysen av de aktuella kurvrätningarna gav som resultat att alternativet *Sth200* inte minskar gångtiderna nämnvärt i jämförelse med alternativet *Begränsat intrång*. Alternativet *Begränsat intrång* ger dock klara tidsvinster, 1 - 3 minuter, jämfört med *Dagens hastighetsstandard*. Om resultatet för de tre kurvorna bryts ner var för sig kan konstateras att kurva 1 (Sundbyberg) och kurva 3 (Kallhäll) endast ger några sekunders tidsskillnad mellan *Begränsat intrång* och *Sth200*, medan kurva 2 (Jakobsberg) ger 15 - 20 sekunder för fjärr- och regionaltåg och ca 5 sekunder för pendeltåg.

Delstudie 2 innehåller en simulering och analys av ett fyrspårsalternativ i BK-Y på sträckan Tomtebodavägen – Kallhäll (FA1) samt två förslag till etapputbyggnader (FA2 och FA3). Syftet med denna studie var att undersöka hur bra ett fyrspårsalternativ klarar den föreslagna framtida trafiken, som innehåller en blandning av olika tågslag med olika sth och stoppmönster. Den föreslagna trafikeringen innebär också en ökning från dagens (blandade) trafik med 8 tåg per timme och riktning under rusningstimmen till 13,5 tåg. De två förslag till etapputbyggnader som studerats är fyrspår ”inifrån och ut” Tomtebodavägen – Barkarby (FA2) och ”fyrspårsön” med ett partiellt fyrspår Spånga – Kallhäll (FA3). De två sistnämnda representerar två möjliga första etapper av fyrspår ”hela vägen”. Denna delstudie genomfördes i tre steg. Det första steget var att ta fram tidtabelltiderna för de olika tågslagen. Det andra var att skapa fungerande tidtabeller. Slutligen gjordes i det tredje steget ett antal simuleringskörningar för att testa de olika banornas robusthet och återställningsförmåga.

För alla varianter i Befintlig korridor (FA1, FA2 och FA3) uppkom vissa svårigheter med att konstruera bra tidtabeller för den framtida trafiken. Pendeltågstrafiken baseras på styva tidtabeller och ger därmed stora begränsningar för den övriga trafiken. Ett problem är att en del kapacitet förloras på grund av att det är fyra olika tågslag med olika stoppmönster på sträckan Kallhäll - Bålsta. Detta medför komplexa beroenden som resulterar i att det blir flera olika slags lösningar och att det överhuvudtaget är få tidtabeller som är möjliga.

I FA1, en utbyggnad hela vägen Tomtebodavägen – Kallhäll, är sträckan Bålsta - Kallhäll den trånga sektorn. Eftersom pendeltåg går med 10-minuters mellanrum från Kungsängen måste de övriga tågen fasa in i de 10-minutersluckor som uppstår. Alla tåg gick att tidtabellägga utan att de störde varandra vid ostörd trafik. I tidtabellen finns dock många känsliga punkter där marginalerna är små. Det kan också konstateras att det inte finns något större utrymme för att lägga till ytterligare tåg och att hela upplägget är förhållandevis störningskänsligt.

För FA2, en etapputbyggnad av fyrspåret mellan Tomtebodavägen och en eventuell framtida regionalstågsstation i Barkarby (Stockholm Väst) var tidtabellskonstruktionen mycket problematisk. Svårigheterna med att konstruera en bra tidtabell blev ännu tydligare eftersom fyrspåret i detta fall är kortare och marginalerna för att fasa in pendeltågen på innerspår är mindre. För detta alternativ gick det inte att ta fram ens en "ostörd" tidtabell.

När det gäller FA3, en etapputbyggnad mellan Spånga - Kallhäll, gick det med extremt små marginaler att skapa en tidtabell som från början var "störningsfri", det vill säga utan förseningar. Detta är ett mycket störningskänsligt upplägg. En annan nackdel med detta alternativ är att det inte heller klarar ett stopp för regionalståg i Stockholm Väst.

Som tidigare nämnts så har för enhetlighetens skull inte extra uppehållstider och förbigångar införts i tidtabellerna. Om det i dessa fall skulle ha skapats stabila tidtabeller med de marginaler som riktiga tidtabeller har, så måste också förbigångar eller extra uppehållstider tillåtas. Därmed hade också längre tidtabelltider erhållits än vad som här är fallet. Detta tillvägagångssätt skulle också ha medfört skillnader i tidtabelltider mellan de olika alternativen.

Delstudie 3 omfattar en analys av fyra spår hela vägen, FA1, med två alternativa stationstillägg eller -placeringar. De två stationsalternativ som studerats är två nya stationer, Huvudsta och Solvalla, (före respektive efter Sundbyberg) samt att förlägga den eventuella framtida stationen Stockholm Väst i Jakobsberg istället för i Barkarby. Syftet är att studera hur kapaciteten påverkas av förändringarna i tågens uppehållsmönster. Delstudien är genomförd på samma sätt som delstudie 2.

Slutsatserna från denna studie är att de två aktuella stationsalternativen inte påverkar kapaciteten på banan nämnvärt.

Kista korridor – Kista Centralt (KK-C)

Delstudie 4 innehåller en analys av KK-C. Ett alternativ, KA1, med en tvåspårslänk från Tomtebodavägen till Barkarby, via Solna och Kista, och dubbelspår Tomtebodavägen - Sundbyberg - Barkarby samt fyrspår Barkarby - Kallhäll har analyserats. Även för Kista korridor har en etapputbyggnad, KA2, med bara dubbelspår Barkarby - Kallhäll samt en stationsvariant, KA3, med Stockholm Väst i Jakobsberg studerats och analyserats. Syftet med denna delstudie är att se hur en korridor via Kista klarar den framtida trafikeringsplaneringen och att kunna kartlägga eventuella flaskhalsar och svaga punkter. Även denna delstudie genomfördes på samma sätt som delstudie 2.

Slutsatsen är att alternativen i Kista korridor i stora drag är trafikeringsmässigt likvärdiga utredningsalternativen längs befintlig korridor (delstudie 2).

I de studier som utförts så har för enhetlighetens skull eftersträvat att undvika att införa extra uppehållstider och förbigångar i tidtabellerna. Det är viktigt att poängtera att om det i dessa fall skulle ha skapats stabila tidtabeller med de marginaler som riktiga tidtabeller har, så måste också förbigångar eller extra uppehållstider tillåtas. Därmed hade också längre tidtabelltider erhållits än vad som här är fallet. Detta tillvägagångssätt skulle också ha medfört skillnader i tidtabelltider mellan de olika alternativen.

Slutsatser och kommentarer

Slutsatser

Resultatet av detta arbete kan sammanfattningsvis summeras i följande slutsatser och omdömen. Dessa gäller under de förutsättningar för trafikering och banegenskaper som varit givna och som beskrivs närmare i rapporten.

Befintlig korridor (BK)

- De tre kurvpartier på sträckan Sundbyberg - Kallhäll som idag begränsar hastigheten bör byggas om till en nivå som ger ett *Begränsat intrång*. Detta ger värdefulla tidsvinster. Att ytterligare öka hastighetsstandarden till *Sth200* km/h i de aktuella kurvpartierna ger endast mycket ringa tidsvinster.
- Om den framtida trafikeringen skall kunna genomföras så behövs (åtminstone) ett fyrspår hela vägen (FA1) från Tomtebodas till Kallhäll. Även med detta fyrspår så uppstår ingen "överkapacitet" utan det kommer att finnas relativt begränsat utrymme för att lägga till fler tåg eller införa andra trafikupplägg. Redan med den föreslagna trafikeringen är systemet att betrakta som störningskänsligt.
- Om en etappvis utbyggnad skall göras, så ser det ut att vara en fördel att först bygga fyrspårsön Spånga – Kallhäll (FA3) och sedan komplettera med fyrspår från Tomtebodas till Spånga. Detta gäller under förutsättning att trafiken också ökas etappvis i takt med fyrspårsutbyggnaden. FA3 har fördelen att den gör det möjligt för de snabbare tågen att köra förbi de långsammare utan att förlora alltför mycket tid. En nackdel är att den inte ger ett "magasin" för tågen i anslutning till Tomtebodas och Citybanan. Om fyrspår från Tomtebodas till Stockholm Väst (FA2) byggs som en första etapp kommer detta att ligga fel avseende de nödvändiga omkörningsmöjligheterna.
- Att med fyrspår hela vägen (FA1) från Tomtebodas till Kallhäll införa ytterligare stopp för pendeltågen i Huvudsta och Solvalla (delstudie 3) ger något längre restider, men ser för övrigt inte ut att påverka trafiken i någon större utsträckning. Dessa stopp ligger på pendeltågsspåren (innerspåren) på fyrspårssidan och påverkar därför övriga tåg i mindre utsträckning. Det är dock troligt att störningskänsligheten ökar något, speciellt gentemot de tänkta snabbpendeltågen vilka inte har stopp vid de aktuella stationerna och som där trafikerar innerspåren.
- Att med fyrspår hela vägen (FA1) från Tomtebodas till Kallhäll flytta placeringen av den framtida stationen Stockholm Väst från Barkarby till Jakobsberg (delstudie 3) påverkar inte kapaciteten nämnvärt.
- Ovanstående slutsatser gäller för *Befintlig korridor i ytläge (BK-Y)*. Bedömningen är dock att dessa även gäller för *Befintlig korridor Nedsänkt läge (BK-N)* och *Befintlig korridor – Pendeltågstunnel (BK-P)*. Möjligen kan ett alternativ med tunnellsättning påverka restiderna, och därmed kapaciteten, om inte problemen med tryckstötter som idag finns med tåg i högre hastigheter genom tunnlar löses. Tunnellsättningar kan även påverka möjligheterna att göra industrispårsanslutningar.

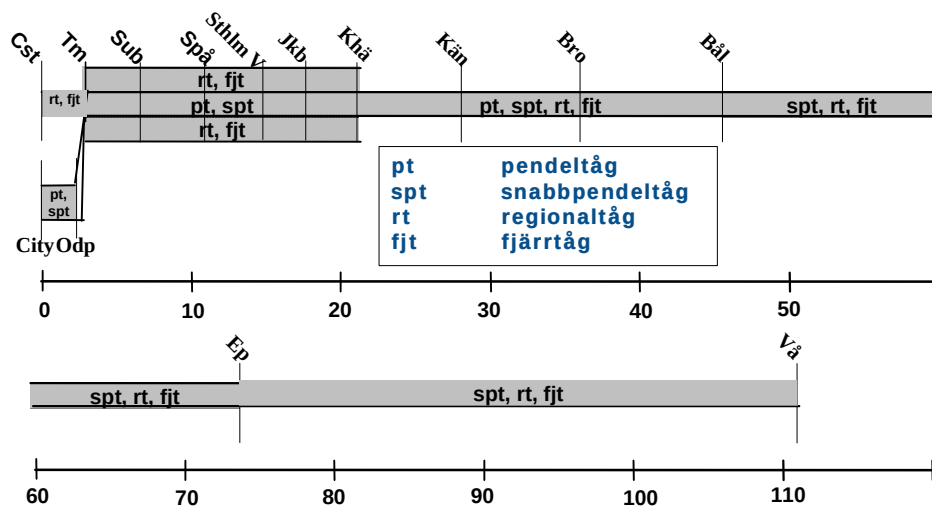
Kista korridor (KK)

- En utbyggnad i Kista korridor fungerar något sämre jämfört med en utbyggnad i befintlig korridor. Det beror framförallt på en något annorlunda användning av de s.k. snabbpendeltågen, vilka här i större utsträckning blandas med fjärr- och regionaltåg. Till viss del kan det också bero på att sträckan är något längre, har en högre största tillåtna hastighet och att regionaltågen har ett extra stopp jämfört med i befintlig korridor.
- För Kista korridor gäller att den vid lokala störningar t ex stopp på ett pendeltågsspår, inte är flexibel på samma sätt som ett sammanhållet fyrspår i befintlig sträckning. Med ett sammanhållet fyrspår kan ytterspåren i krislägen även användas av pendeltågen och vice versa. Vid ”större” störningar däremot, som t ex urspårade gasolvagnar eller dylikt, är det en fördel med ett uppdelat fyrspår eftersom trafiken då kan fortsätta om än i begränsad omfattning.
- Naturligtvis finns också andra positiva faktorer med Kistakorridoren, som t ex att Stor-Stockholms trafiknät utvidgas och får fler förbindelser till viktiga områden. Dessa fördelar ligger dock på ett annat plan än de som detta arbete omfattar.
- Ovanstående slutsatser gäller för *Kista korridor – Kista Centralt (KK-C)*. Bedömningen är dock att dessa även gäller för *Kista korridor - Helenelund (KK-H)*

Kommentarer

Här följer några mer generella omdömen, tankar och åsikter om systemet i dess helhet, betraktade utifrån huvudalternativen Befintlig korridor, FA1 och Kista korridor, KA1.

FA1 har fyrspår hela vägen från Tomtebodavägen till Kallhäll och därefter dubbelspår fram till Västerås C. Bilden nedan beskriver hur FA1 trafikeras i de framtida scenarion som har använts i detta arbete.



Fyrspår befintlig korridor (Tm-Khä)

Fyrspår befintlig korridor, FA1, Tomtebodavägen - Kallhäll
(längdskala i km)

Pendeltågen trafikerar sträckan Stockholm City - Kungsängen - Bålsta och kör på innerspårarna på fyrspårarsdelen. Regional- och fjärrtåg trafikerar hela sträckan Stockholm C - Västerås C och kör på ytterspårarna på fyrspårarsdelen. De s.k. snabbpendeltågen trafikerar hela sträckan, men använder innerspårarna på fyrspårarsdelen och har i princip samma stoppmönster som de vanliga pendeltågen. Det är i sammanhanget också viktigt att påpeka att fyrspårarsdelen är relativt hela sträckans längd ganska kort. Den utgör också mindre än hälften av pendeltågssystemets längd.

Sammantaget så skapar denna blandning av tåg med olika frekvenser, olika sth och olika stoppmönster ett högt kapacitetsutnyttjande och har dessutom som system betraktat ett antal kritiska punkter, av vilka de viktigaste kan nämnas:

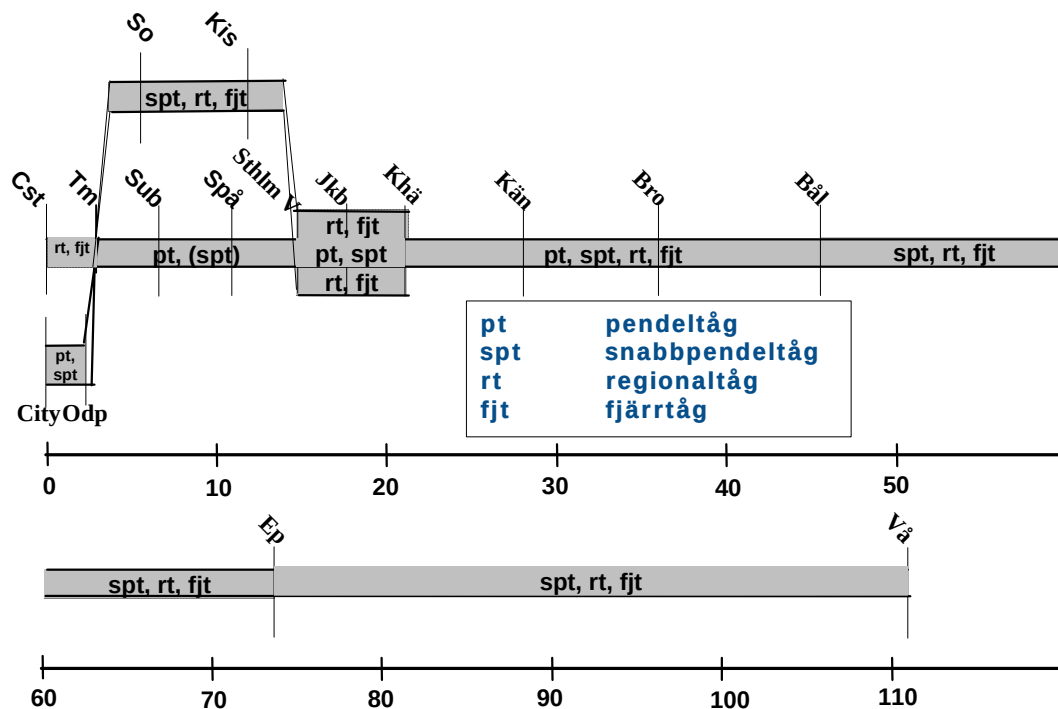
- De stora flaskhalsarna i systemet blir i nämnd ordning dubbelspårssträckorna Kallhäll - Kungsängen och Kungsängen - Bålsta, med blandad trafik.
- En känslig punkt är övergången mellan dubbel- och fyrrspår i Kallhäll där fjärr- och regionaltåg, styrda av pendeltågslägena, byter till/från ytterspårarna och där snabbpendeln skall fasa in med övriga pendeltåg på väg in mot station Stockholm City.
- För det här aktuella trafikupplägget bör också speciellt poängteras att snabbpendeltågen orsakar extra kapacitetsutnyttjande på sträckan Kallhäll - Bålsta där de har ett

annat stoppmönster än pendeltågen och dels på sträckan Bålsta – Västerås C där de har ett annat stoppmönster än fjärrtågen. Det sistnämnda gäller också för regionaltågen.

- En effekt av de infasningar som är nödvändiga på sträckorna Kallhäll - Bålsta är att pendeltågen inte längre kan planeras och framföras som "tunnelbanetåg", d v s att de stannar och släpper på och av passagerare och sedan direkt kör iväg. Pendeltågen kommer troligen att i större utsträckning än idag bli tvungna att hålla sig till tidtabellens ankomst- och avgångstider och det gäller för hela Mälardalen utanför Citybanans område.
- För framtida godstrafik finns praktiskt taget inget utrymme alls i högtrafikperioderna, vilka är de som framförallt analyserats här. Under lågtrafikperioderna finns visst utrymme, men det kan eventuellt vara nödvändigt att komplettera några av stationerna på sträckan Kallhäll – Västerås C med förbigångsspår.

De beskrivna bristerna och de erfarenheter som gjorts i samband med att olika tidtabeller konstruerats möjliggör att följande kan fastslås – för den aktuella mängden tåg - finns små marginaler för att modifiera och eventuellt anpassa tidtabellerna till nya idéer om olika trafikupplägg. Med andra ord så gör mängden tåg, heterogeniteten i tågslag och stoppmönster att kapacitetsutnyttjandet är högt och flexibiliteten är låg, framförallt på sträckan Kallhäll-Bålsta.

KA1 har fyrspar mellan Stockholm Väst och Kallhäll, ett uppdelat fyrspar mellan Tomtebodavägen och Stockholm Väst i form av ett dubbelspår sträckan Tomtebodavägen - Sundbyberg - Stockholm Väst samt ett dubbelspår Tomtebodavägen - Solna - Kista - Stockholm Väst. Nedanstående bild beskriver hur detta spårssystem trafikeras i de scenarion som har använts i detta arbete.



Fyrspar Kistakorridor (Tm-Khä)

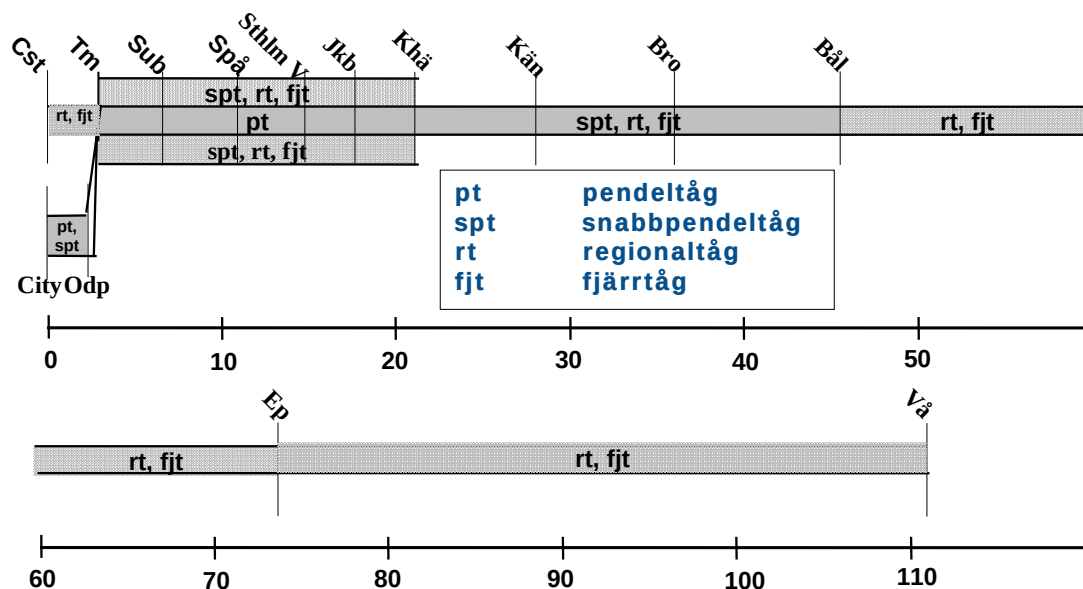
Fyrspar Kista korridor, KA1 (längdskala i km)

Pendeltågen trafikerar sträckan Stockholm City - Tomtebodavägen - Sundbyberg - Kungsängen - Bålsta och kör på innerspårarna på fyrspårsdelen, regional- och fjärrtåg trafikerar hela sträckan Stockholm C - Västerås C via Solna och Kista och kör på ytterspårarna på fyrspårsdelen. De s k snabbpendeltågen trafikerar också hela sträckan med tre tåg per timme, varav hälften går via Sundbyberg och hälften via Solna och Kista. Snabbpendeltågen använder innerspårarna på fyrspårsdelen och har där samma stoppmönster som de vanliga pendeltågen.

Det positiva med KA1 är naturligtvis att det förbinder Kistaområdet till det övriga järnvägsnätet i Stor-Stockholm och att det finns en potentiell möjlighet att även ansluta till Ostkustbanan norrut. Dock är det som system betraktat – med den trafikering som studerats – sämre än föregående alternativ. Det har ungefär samma brister som de som redan nämnts, men dessutom tillkommer följande:

- Vid ett stopp på ett av pendeltågsspårarna mellan Tomtebodavägen och Stockholm Väst finns ingen möjlighet att utnyttja något av ytterspårarna, vilket är fallet i Befintlig korridor.
- En stor skillnad jämfört med föregående alternativ FA1 är i detta fall att snabbpendeltågen på större delen av sträckan mellan Tomtebodavägen och Stockholm Väst skall samsas med regional- och fjärrtåg på endast ett dubbelspår, där både regional- och snabbpendeltåg avviker från fjärrtåg både avseende största tillåtna hastighet och stoppmönster.
- Infasningen av snabbpendeltågen i Citybanan kan vara ett problem. För södergående tåg gäller t ex: En snabbpendel kommer att behöva samsas med en Solnapendel om utrymmet mellan två Sundbybergspendlar. Detta gäller både för Befintlig korridor och Kista korridor.
- Ett annat orosmoment kan vara att få en smidig infasning av regional- och fjärrtåg på Ostkustbanedelen mellan Tomtebodavägen och anslutningen mot Kista.
- Att den sammanhållna fyrspårssträckan avkortas bidrar till att omkörningsmöjligheterna minskar i vissa situationer och att det också uppstår vissa problem med infasningen av snabbpendeltågen i Stockholm Väst.

Mot bakgrund av ovanstående föreslås att följande trafikering studeras i det fortsatta arbetet. Följande trafiksystem skulle kunna erbjuda en bättre stabilitet totalt sett.



Endast pendeltågstrafik på innerspåren

Fyrspår för pendeltågen (längdskala i km)

Förslaget bygger på att pendeltågssystemet renodlas till innerspåren på fyrspårssträckan City – Kallhäll. Att snabbpendeltåg övertar de som reser från/till Kungsängen, Bro och Bålsta och att dessa kan byta system i t ex Stockholm Väst och Sundbyberg. Observera att snabbpendeln i detta fall utnyttjar ytterspåren på fyrspårsdelen och endast stannar vid de större bytespunkterna. Regionaltågen behåller i detta fall samma resmönster som tidigare, d v s stannar i Sundbyberg, Stockholm Väst, Enköping och Västerås C. Eventuellt också i Bålsta. Fjärrtågen kan behålla sin direktågsprägel, men då måste förmodligen förbigångsmöjligheter skapas på lämpliga platser. Alternativt kan man låta fjärrtågen ha i stort sett samma stoppmönster som regionaltågen och därmed minimera behovet av förbigångar.

I det fortsatta arbetet bör det närmare studeras om det finns möjlighet att skapa ett stabilare system än vad som är fallet med såväl dagens system som de alternativ som studerats.

Allmän beskrivning av uppdraget

Det arbete som här redovisas är den del av förstudien ”Mälarbanan, ökad kapacitet delen Tomtebodav – Kallhäll”, som behandlar kapacitetsaspekterna. Hela uppdraget handlar om att ta fram en förstudie som ger underlag att gå vidare med en järnvägsutredning.

I förstudien beskrivs ett antal olika utredningsalternativ och för dessa även olika utformningsvarianter. De utredningsalternativ i förstudien som berörs i denna rapport är huvudsakligen följande:

JA Jämförelsealternativet

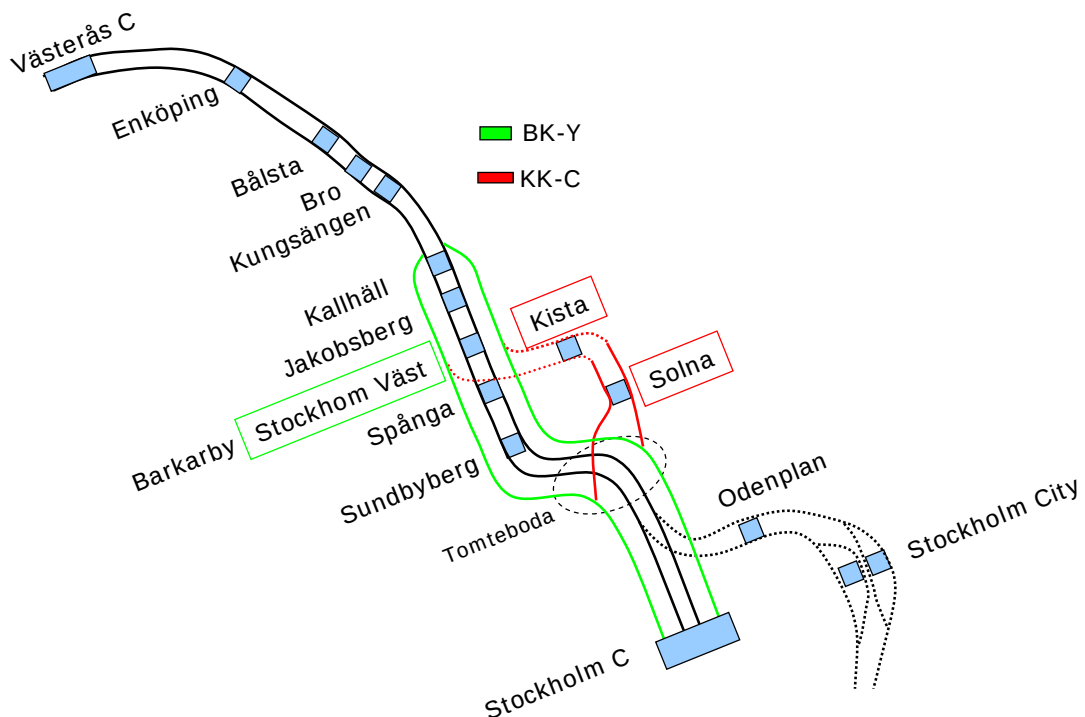
BK-Y Befintlig korridor – Ytläge

Detta utredningsalternativ innehåller begränsat intrång i kurvorna, station Barkarby som Stockholm Väst.

KK-C Kista korridor - Kista Centralt

Detta utredningsalternativ går i den nya korridoren med stationen Kista Centralt.

De kapacitetsanalyser som utförts och redovisas inom ramen för denna rapport behandlar olika utformnings- och trafikeringsvarianter inom ramen för de ovan nämnda korridorer, befintlig korridor och Kista korridor.



Inledning

Bakgrund och problembild

Mälardalsregionen är för närvarande ett av Sveriges mest expansiva områden och förutses att så förbli i den närmaste framtiden. Kollektivtrafikens andel för resor mot Stockholm city är i högtrafik ca 70 procent varav den spårbundna trafiken står för en relativt sett stor del. I Mälardalsregionen ligger också ett flertal av Sveriges största järnvägsstationer mätt i antal resande.

Prognoser visar på en ökad efterfrågan på pendlingsresor i form av snabba förbindelser av hög kvalitet och med korta restider. Denna trend förutses fortsätta och på sikt leda till att hela östra Mellansverige utvecklas till en gemensam arbets- och bostadsmarknad. Ökningen bedöms bidra till nya pendlingsmönster mellan städerna i regionen. När sträckorna för pendlarna blir längre kommer restiden att vara en ofta avgörande parameter. Det kommer således att ställas högre krav på de spårssystem som finns i regionen samt på de järnvägsföretag som verkar i området.

Det är redan idag mycket fullt på pendeltågen i Stockholm under högtrafiken. Dessutom finns det önskemål från järnvägsföretagen om en förbättrad turtäthet och kortare restider till städer som Västerås, Uppsala, Eskilstuna, Nyköping, och Norrköping. Detta kommer att medföra behov av fler tåg under den del av dygnet som trafiken är som intensivast.

Godstransporterna blir alltmer viktiga och genom de nationella målen - att flytta över mer av gods- och persontrafiktransporterna till järnvägen - kommer kraven på utrymme i spårsystemet att öka. Eftersom allt fler transporter sker med "Just in Time"-krav kräver också transportörer och leverantörer en högre kvalitet på transporterna än vad som gäller i dagsläget. Med många industrier i området medför detta att även godstrafiken i framtiden kommer att gå mer under dagtid.

Eftersom spårsystemet redan idag har begränsningar kommer den inte att klara en framtida efterfrågan. Det är därför angeläget att redan idag planera för att bygga ut delar av spårsystemet så att dagens såväl som framtida kapacitetsbrister kan elimineras.

Dagens trafik och dagens bana

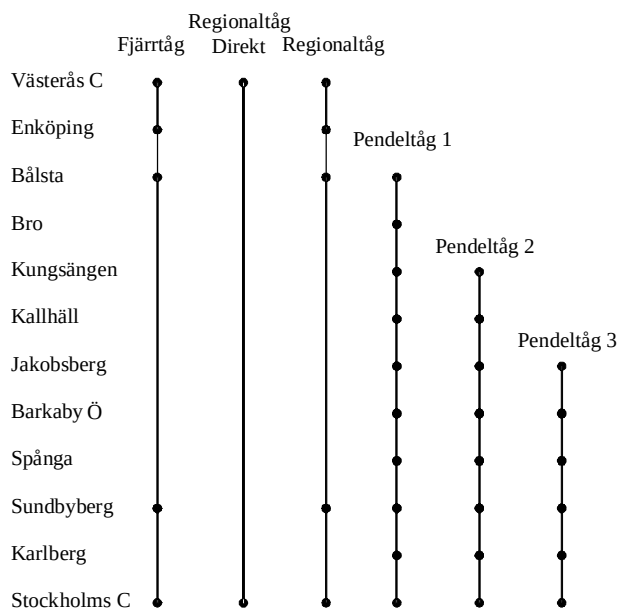
Trafiken på Mälärbanan mellan Stockholm C och Västerås C utgörs av regional-, fjärr- och godståg. Dessutom trafikeras sträckan Stockholm C - Bålsta av pendeltåg enligt styva tidtabeller.

Fjärrtågstrafiken körs av SJ AB på sträckan Stockholm C - Västerås C. Pendeltågstrafiken mellan Stockholm C och Bålsta trafikeras av Citypendeln på uppdrag av AB Storstockholms Lokaltrafik (SL). Regionaltrafiken på Mälärbanan bedrivs av Trafik i Mälardalen (TIM) och godstrafiken till största delen av Green Cargo.

Fjärrtågstrafiken består i dagsläget av lokdragna persontåg med sex vagnar (RC6) samt snabbtåg med 6 vagnar (X2). Regionaltågen utgörs av Reginatåg, X52 eller X50. Pendeltågen är oftast av typ X10.

Idag, se Figur 1 nedan, stannar fjärrtågen vid Västerås C, Enköping, Bålsta, Sundbyberg samt Stockholm C. Regionaltågen har samma stoppmönster med undantag av de regionaltåg som är direkttåg. Stoppmönstret är detsamma i båda riktningarna i dagsläget. Pendeltågstrafiken har ett stoppmönster som medför att de stannar vid varje station mellan sin start- och slutstation. Sträckan trafikeras av tre olika pendeltågsvarianter, Stockholm C – Bålsta respektive Stockholm C - Kungsängen samt insatspendlar Stockholm C - Jakobsberg i rusningstid.

Det är också av vikt att poängtera att dessa tåg ingår i större tågsystem och har beroenden som sträcker sig utanför själva Mäljarbanan. Fjärrtågen går till/från Göteborg via Hallsberg, regionaltågen till/från Hallsberg och pendeltågen till/från Nynäshamn/Västerhaninge.



Figur 1 Modell över dagens stoppmönster

Dagens trafik är som mest koncentrerad till tidig förmiddag och sen eftermiddag, beroende på att det är mest folk i rörelse till och från arbeten, skolor m.m. under dessa tidpunkter. Under den hårdaste trafikerade timmen (rusningstimmen) går det som mest 10 tåg på sträckan Jakobsberg - Stockholms C, se Tabell 1.

						Vid Behov		
		Fjärrtåg	Regionaltåg direkt	Regionaltåg	Pendeltåg 1	Pendeltåg 2	Pendeltåg 3	Summa
Västerås C - Stockholm C	Morgon	1	1	1	2	2	3	10
	Kväll	1		1	2	2	2	8
Stockholm C - Västerås C	Morgon	1		1	2	2	2	8
	Kväll	1	1	1	2	2	3	10

Tabell 1 Dagens trafik 2004 med antal tåg under en rusningstimme

Det finns idag kapacitetsbrist på sträckan Stockholm C - Bålsta vilket innebär en hög störningskänslighet och dålig återställningsförmåga vid förseningar. Det är i dagsläget inte möjligt att öka turtätheten för pendeltågen eftersom det inte finns utrymme för det i tidtabellen. Det är även väldigt svårt att finna andra, mer flexibla tidtabellslösningar eftersom vissa delsträckor utnyttjas maximalt under högrafikperioderna. Detta medför att det även är svårt att få in regionaltågarnas planerade förbigångar av pendeltåg. Kapacitetsproblemen beror till stor

del på antalet och blandningen av tåg med olika största tillåtna hastighet och olika stoppmönster.

Det finns begränsningar av mer teknisk karaktär på sträckan Stockholm C - Bålsta. Dessa ges av spårgeometrin men även i viss mån av signalsystemet. När det gäller spårgeometrin så finns ett antal kurvor längs banan som begränsar hastigheten. Ett annat problem längs banan är även att det saknas passager där de snabbgående regionaltågen kan passera pendeltågen på ett smidigt sätt. I nuläget hinner regionaltågen ikapp pendeltågen mellan två stationer och får sänka sin hastighet vilket medför förseningar om de inte är fullt ut planerade i tidtabellen.

Det finns en fastställd plan för att inom den närmaste tiden uppgradera signalsystemet på dagens Mälarbana till ATC2. Denna åtgärd kommer att minska störningskänsligheten och ge en något högre kapacitet.

Framtida trafikefterfrågan och kapacitetsbehov

Efterfrågan på trafiken i framtiden är väldigt oviss. Det bedöms att efterfrågan kommer att öka och att järnvägsföretagen kommer att vilja öka turtätheten. SL tror att de år 2015 kommer att ha ökat turtätheten på pendeltåg till 3 tåg i timmen som vänder i Bålsta (mot dagens 2) och 3 per timme som vänder i Kungsängen (mot dagens 2). Detta medför att Kungsängen kommer att ha 10-minuters trafik för pendeltågen in mot Stockholm C. Utöver det kommer säkerligen ett antal så kallade insatståg att under högtrafikperioderna sättas in från Jakobsberg. Även TIM (Trafik i Mälardalen) räknar med att öka turtätheten. Ett tänkbart scenario är att sträckan Västerås C - Stockholm C trafikeras med 3 regionaltåg som stannar vid ett antal stationer samt 3 snabbpendeltåg per timme. Fjärrtågen kommer troligtvis att öka med ½ tåg till 1½ tåg per timme. Se sammanställningen i Tabell 2 nedan.

	Fjärrtåg	Regionaltåg	Snabbpendeltåg	Pendeltåg Kån	Pendeltåg Bål	Vid behov	Summa
						Pendel Jkb	
Västerås C - Stockholm C	1,5	3	3	3	3	3	13,5 (16,5)
Stockholm C - Västerås C	1,5	3	3	3	3	3	13,5 (16,5)

Tabell 2 Framtida trafik med antal tåg under en rusningstimme.

Den framtida trafik som antas, kommer inte att vara genomförbar på dagens bana. Genom att kapaciteten redan idag är dålig behövs åtgärder för att kunna möta de framtida kraven. Rätning av kurvor samt effektiviserade och bättre signalsystem kommer inte att räcka till vilket innebär att större om- och nybyggnader kommer att behövas på sträckan.

Effekter av enklare åtgärder på befintlig bana

Principiella åtgärder

Går det att öka kapaciteten med enklare åtgärder på Mälarbanan? Principiellt kan följande åtgärder vidtas för att öka kapaciteten:

- Banåtgärder i form av ytterligare spår, byte till större växlar som medger en högre hastighet i avvikande spår, signalförtätning etc.
- Förändringar av rullande materiel, t ex byta ut äldre tåg mot nya med bättre prestanda och gångegenskaper, d v s med både bättre accelerations- och retardationsegenskaper högre tillåtna hastigheter eller fler och snabbare dörrar och därmed kortare uppehållstider.
- Trafikeringsåtgärder, t ex att förändra den uppsättning av tåg som används så att en mer homogen trafik kan framföras på spåren. D v s att tågen får ungefär samma egenskaper avseende sth, gångegenskaper, uppehållsbild etc.

Förslag på enklare åtgärder

Några åtgärder som skulle kunna vara möjliga är följande:

- Signalförtätning på sådana avsnitt där trafiken är mycket tät, exempelvis på sträckorna kring Sundbyberg, Kallhäll, Kungsängen och Bålsta. Detta på grund av att både fjärr- och regionaltåg där hinner ikapp framförvarande pendeltåg.
- Ett vändspår på stationen i Kallhäll skulle vid störningar i trafiken ge möjlighet att vända vissa ordinarie tåg där.
- Att komplettera Jakobsbergs station med ytterligare en sidoplattform på uppspårsidan (i riktning mot Kungsängen) så att vändande pendeltåg kan angöra den nya sidoplattformen. På så sätt skapas en möjlighet för bakomvarande regional-/fjärrtåg att snabbare komma fram. Motsvarande gäller också i andra riktningen, så om möjligt vore det bäst med en mittplattform.
- Att komplettera Sundbybergs station med ytterligare en sidoplattform på både upp- och nedspårssidan. För tåg i riktning mot Stockholm C innebär detta att regional- och fjärrtåg som har kört i kapp pendeltåg tidigare kan angöra stationen för resandeutbyte och vice versa. För norrgående tåg innebär ytterligare en plattformsspår på uppspårsidan att "snabbtåget" kan lämna Stockholm 1-2 minuter senare, utan att hindra bakomvarande pendel. Tack vare den senare avgången från Stockholm erhålls 1-2 minuter större marginal mot ikappkörning till Jakobsberg/Kungsängen/Bålsta.
- Byte till växel (eventuellt i kombination med en utflyttning) med högre sth till mittspåret i Bålsta (spår för vändande pendeltåg) och diverse signalåtgärder på nedspåret (i riktning mot Stockholm C). En SL-anslutning i Bro.

- Att partiellt komplettera Mälarbanan med ett tredje spår på olika kortare sträckor så att förbigångar av långsammare tåg blir möjliga.
- Lokala fyrspår eller förbigångsspår.

Kommentar

Av de principiella åtgärder som nämns inledningsvis är det endast en homogenisering av tågen som ger en någorlunda betydande ökning av kapaciteten på Mälarbanan. Det vill säga om ett enda slags tåg används och att alla tåg har ungefär samma stoppmönster så kan mängden tåg per timme ökas. Nackdelarna är dock uppenbara: Inga regionaltåg med korta restider, inga snabba direkttåg etc.

Att genomföra delar av eller kombinationer av de övriga enklare åtgärder som nämnts ovan innebär framförallt en mindre störningskänslighet i trafiksystemet och endast i mindre utsträckning en höjning av kapaciteten. Med "rätt kombination" av åtgärder är det kanske möjligt att öka antalet tåglägen med ytterligare ett eller ett par tåg per timme och riktning.

Det är däremot inte möjligt att med enbart "enklare åtgärder" öka trafiken så mycket som förslaget för framtida trafikering kräver. De banåtgärder som här föreslås skall mer betraktas som störningsdämpande och inte som direkt kapacitetshöjande åtgärder.

Att bygga enstaka korta "förbigångsspår", där de snabbare tågen kan köra om de långsammare, är i detta fall inte heller någon bra lösning eftersom en förbigång är en relativt sett mycket tidsödande operation. En förbigång kräver tillgång till en *längre* sträcka (= flera stationssträckor) med ett extra spår i den aktuella riktningen för att kunna genomföras på ett optimalt sätt.

Att bygga trespår på vissa hårt belastade delsträckor höjer kapaciteten och kan under vissa förutsättningar vara en tillräcklig åtgärd för en något ökad trafikering. För Mälarbanan kan noteras att det troligen är lika mycket trafik i båda riktningarna, varför ett optimalt utnyttjande av ett tredje spår dels skulle ställa höga krav på en synkroniserad järnvägsdrift och dels ge stora begränsningar i planeringen av tågens tidtabeller.

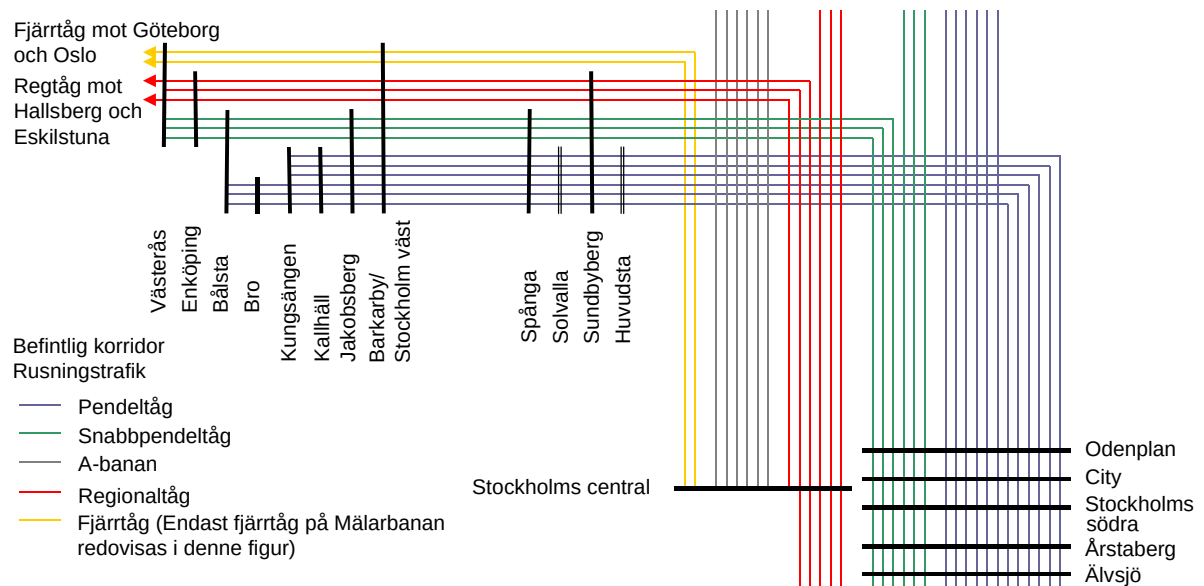
Det krävs en sträcka med en längd av, i detta fall, ca 3-4 pendeltågsstationer för att t ex ett regionaltåg skall kunna "köra om" ett pendeltåg utan att något av tågen förlorar tid, vilket också tidigare utredningar påvisat. Den aktuella längden är dock beroende av en mängd olika faktorer som tågens hastigheter, uppehållstider, slacktider, längder på blocksträckor, önskvärda marginaler etc.

Med andra ord så krävs en ganska omfattande utbyggnad för att uppnå en större kapacitetsförstärkning.

Syfte och frågeställningar

Syftet med denna kapacitetsutredning har inledningsvis varit att definiera de utredningsalternativ som kan klara en önskvärd framtida trafikering och dels att därefter göra mer detaljerade kapacitetsanalyser för att få en uppfattning om alternativens effekter. Kapacitetsanalyserna har till stora delar skett interaktivt med studierna av olika utredningsalternativ och med trafikeringsstudien. Ett viktigt kunskapsunderlag har varit idéstudien ”Kapacitetsförstärkning på Mälarbanan mellan Tomtebodavägen och Kallhäll”¹. Allteftersom har också detaljerade trafikeringsmål tagits fram av projektledningen utifrån delresultat i andra närliggande projekt.

Följande trafikering har varit en utgångspunkt, se figur 2, för de analyser som genomförts i denna kapacitetsstudie:



Figur 2 Framtida trafik, antal tåg per timme och riktning under rusningstid.

Pendeltågstrafiken har utökats till att omfatta 10-minuters trafik mellan Stockholm City - Kungsängen och 20-minuters trafik mellan Stockholm City - Bålsta. Pendeltågen trafikeras nu med nyare pendeltåg som kommer tas i drift successivt från och med 2005. Pendeltågen kompletteras här med snabbpendeltåg i 20-minuters trafik på sträckan Stockholm City - Västerås C och har något färre antal stationsuppehåll och något kortare restid jämfört med pendeltågen. Även regional- och fjärrtågen antas få en ökad trafikering under rusningstiden. Regional- och fjärrtåg trafikerar sträckan Stockholm C – Västerås med 20-minuters trafik respektive 40-minuters trafik.

En viktig förutsättning är bl.a. i detta förslag till trafikering att Citybanan är byggd och att två nya stationer, Stockholm City och Odenplan, finns tillgängliga för resandebutbyte. Det skall också påpekas att denna kapacitetsstudie inte tar hänsyn till angränsande trafiksystem som exempelvis Ostkustbanan, Nynäsbanan och Svealandbanan.

¹ BRÖT PM 24/2003

Metod och modell

Metod

Baserat på de i sammanhanget aktuella frågeställningarna var det redan från början bestämt att gångtidsberäkningar och tågtrafiksimuleringar skulle vara huvudmetoder i genomförandet av denna kapacitetsanalys. Simuleringsprogrammet OpenTrack användes som verktyg för tågtrafiksimuleringarna och för de olika gångtidsberäkningarna samt också för de för tidtabellskonstruktionen nödvändiga tidtabellsanalyserna.

I detta projekt har fokus legat på att översiktligt analysera trafikering av olika dubbel- och fyrspårssträckor varför trafiksimulering varit en passande metod. En annan fördel med simuleringar är att de ofta ger en referensram utifrån vilken många olika slags frågor kan besvaras eller diskuteras vidare. Tågtrafiksimuleringar kan dock som bekant inte användas för att besvara alla typer av frågor. En simuleringsmodell har alltid en mängd olika begränsningar. Normalt är t.ex. lokrundgångar, växling, vagnuttagningar, diverse detaljer i signalsystemet et.c. inte med i modellerna.

För de problemställningar där fokus ligger på att studera olika faktorerers systemeffekter på den löpande tågtrafiken är som sagt simulering en av de bättre metoderna och för dessa användes en arbetsmetod som i grova drag ser ut enligt följande:

1. Precisering av frågeställning.
2. Datainsamling. Insamling av data för den tidtabell, de tåg (dragkraft, gångmotstånd, retardation et.c.) och det järnvägsnät (d v s ban- och signaldata) som skall användas.
3. Modellbyggande. Omfattar att bestämma hur de ”verkliga” stationerna, signalerna, tågen etc. skall avbildas för att simuleringsmodellen i sin helhet skall kunna ge tillräckligt bra svar om det studerade systemet.
4. Generering av simuleringsmodellen och fastställande av simuleringsparametrar. I den mån det behövs skall själva modellen också valideras.
5. Bestämning av störningsnivåer, d.v.s. bestämma på vilka sätt som störningar skall introduceras i systemet.
6. Bestämning av experimentupplägg, d.v.s. bestämma simuleringstider och vilka gångdagar som skall simuleras samt antal ”försök” som skall göras.
7. Genomföra simuleringskörningarna.
8. Analysera, utvärdera (statistiskt) och presentera resultatet.

Ovanstående arbetsmetod har i stora drag använts för alla delstudiers olika simuleringar. Eventuella avvikelser beskrivs i Genomförandedelen under respektive avsnitt.

Viktiga resultatparametrar

Effektiv restid: Den tid som det tar för ett tåg att ostört köra från utgångsstation till slutstation inklusive fastställda uppehållstider vid eventuella stopp. Inkluderar inget slack eller så kallat kvalitetstillägg.

Återställningsförmåga: Anger hur systemet klarar att hantera introducerade störningar i trafiken.

$$\text{ÅF} = (\text{Införsening} - \text{Slutförsening}) / \text{Införsening} (\%)$$

ÅF $\geq$ 0. Positiv återställningsförmåga.

ÅF $<$ 0. Negativ återställningsförmåga.

Modell

En modell för tågtrafiksimuleringar av ett järnvägsnät omfattar delmodeller för:

- bana (linjerna med lutningar, kurvor, växlar, signaler, hastighetstavlor et.c.)
- tidtabell (som anger vilka tåg som skall vara med samt hur dessa skall framföras)
- tågtyper (beskrivningar av de olika typer av tåg och förare som trafikerar det aktuella nätet)
- störningar (d.v.s. hur tågen slumpmässigt skall försenas på olika sätt)

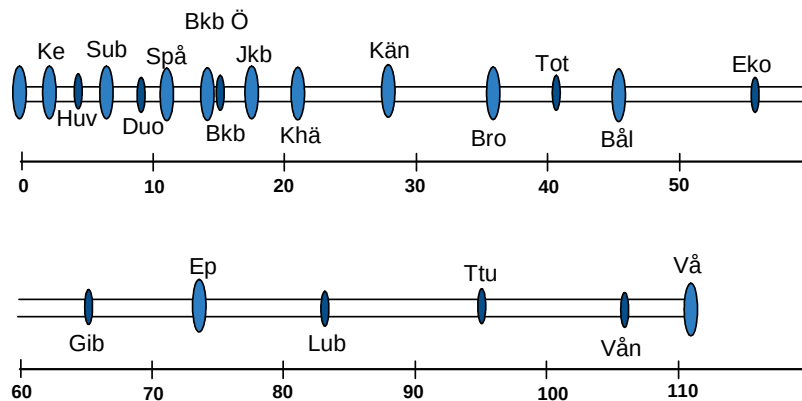
För att genomföra gångtidsberäkningar i simuleringsprogrammet gäller att banmodellen och tidtabellen kan förenklas och att störningsmodellen helt utgår.

I genomförandet av detta projekt har några grundläggande banmodeller skapats, vilka sedan legat till grund för de olika banmodeller som använts för simuleringar och gångtidsberäkningar. Detsamma gäller för tidtabellsmodellerna.

I detta avsnitt ges bara övergripande information gällande de olika delmodellerna. Den mer detaljerade informationen ges i anslutning till avsnittet *Genomförande* för respektive delstudie.

Banmodell och trafikering

Flera banmodeller har använts i detta arbete och finns beskrivna mer i detalj under respektive delstudie. Gemensamt för alla banmodellerna är att de har skapats utifrån den grundmodell av dagens Mälarbana som först byggdes, se översiktlig beskrivning nedan. Grundbanan är dagens bana från Stockholm C till Västerås C, med förenklade modeller av delarna Stockholm C till Tomtebodavägen och Västerås Norra till Västerås C. Data för att skapa "Dagens bana" har hämtats från Banverkets BIS-system och från Linjeboken.



Figur 3 Modell över dagens bana.

De stationer som har trafikutbyte representeras av en större ellips, övriga stationer av en mindre.

Några viktiga egenskaper hos de aktuella banmodellerna och motsvarande trafikering listas nedan.

- Sträckorna Stockholm C – Tomtebodavägen, City - Tomtebodavägen samt Västerås C - Västerås Norra har i de olika modellerna givits förenklade beskrivningar.
- Trafiken på dessa sträckor till/från andra anslutande linjer har därför inte heller varit med i simuleringarna. Med andra ord så finns de kapacitetsbegränsningar som eventuellt existerar – idag eller i framtiden – inte med i modellen och de tas därför inte med när alternativen värderas.
- Stationerna Stockholm C och Västerås C har utformats som enkla stationer utrustade med tillräckligt många spår. För Kista korridor har Solna C också modellerats på enklast tänkbara sätt.
- För de banor där fyrspårssträckningar förekommer har stationerna utrustats för samtidig infart och med 130-växlar vid fyrspårsanslutningarna, det vill säga där fyrspåret börjar eller slutar.
- För dubbel- och fyrspåren har de i olika riktningarnas trafik varit strikt separerade från varandra.
- I simuleringsmodellen är signalsystemets utformning baserad på dagens utformning med en funktionalitet ungefär motsvarande ATC2, fjärrstyrning och linjeblockering för hela sträckan.
- Pendeltågens vändningar vid slutstationerna (Kungsängen och Bålsta) har modellerats.

Tågtyper och förare

De olika typerna av tåg är säkerhetsmässigt indelade i hastighetskategorierna A, B och S. I princip motsvarar kategori A godståg, B normala persontåg och S persontåg med vagnkorgslutning (snabbtåg).

Data för aktuella tågtyper i form av dragkrafts-, gångmotstånds- och bromskurvor samt längd och vikt är nödvändiga för att kunna utföra tågtrafiksimuleringar. Totalt 5 stycken typer av tåg har använts. Nödvändiga data har i de flesta fall hämtats från Banverkets gångtidsprogram (GTP).

De olika tågtyper som använts i simuleringarna är listade i tabell 3 nedan. Ingen förarmarginal har använts. Det innebär att föraren strävar efter att hålla en fart motsvarande aktuell största tillåtna hastighet.

Tågtyp	Beteckning	Sth [km/h]	Längd [m]	Vikt [ton]	Kategori
Fjärrtåg	X2 6 enheter	200	140	316	S
Regionaltåg	X40	200	110	326	B
Snabbpendeltåg	X40	200	110	326	B
Pendeltåg	X60	160	214	450	B

Tabell 3 Tågtyper

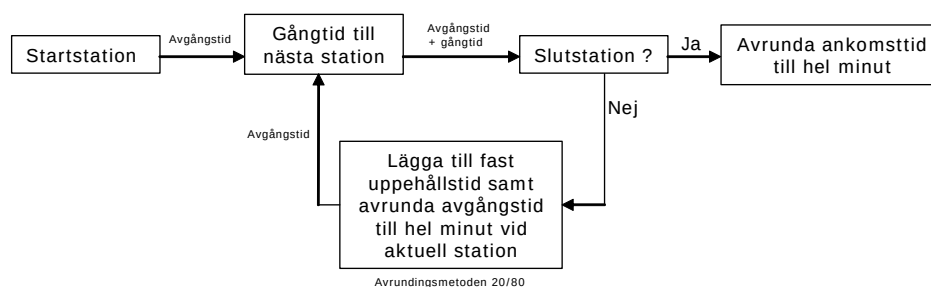
Tidtabeller

I samband med simuleringarna av de olika utredningsalternativen har det varit nödvändigt att konstruera tidtabeller utifrån den trafikering – i form av tågslag, frekvenser, uppehållstider o.s.v. – som bestämts. Konstruktionen av tidtabellerna har utförts med hjälp av OpenTrack och dess funktioner för tidtabellshantering och enligt den metod som beskrivs nedan. Observera att metoden beskriver stegen för att ta fram tidtabellen för ett enskilda tåg. Detta tåg kan sedan behandlas som ett enskilda tåg eller vara ett stomtåg för att generera övriga tåg i en grupp av tåg med styv tidtabell:

Metod för tidtabellskonstruktion

- Steg 1: Utgå från tågets utgångsstation.
- Steg 2: Utgå från aktuell tidpunkt för avgång vid stationen och lägg till gångtiden fram till nästa station.
- Steg 3: Till denna tid läggs eventuell uppehållstid. Denna tid avrundas enligt 20/80-metoden² och blir tågets avgångstid från ”nästa station”.
- Steg 4: Upprepa steg 2-3 till dess slutstation nås. För slutstationen erhålls ankomsttiden genom att enligt samma metod avrunda aktuell tid (föregående avgångstid + gångtid).

² 20/80-metoden är en avrundningsmetod som innebär att när decimaldelen av avgångstiden (angiven i minuter) är mindre än 20 % av en hel minut så avrundas avgångstiden neråt. Annars avrundas den uppåt. Detta är ett sätt att automatiskt bygga in visst slack i tidtabellen.



Figur 4 Tidtabellskonstruktion

Denna metod innebär att det byggs in ett tidsslack, d.v.s. en extra bufferttid som ger möjligheter till återhämtning vid mindre förseningar, till de flesta stationer där tågen ska stanna.

När ovanstående metod har applicerats på alla aktuella tågslag konstrueras tidtabellen i sin helhet. I detta fall har tågen tidtabellagts i princip enligt följande ordning:

1. Pendeltågen Stockholm C - Kungsängen och Stockholm C - Bålsta. Styv tidtabell, 10-minuterstrafik till Kungsängen och 20-minuterstrafik till Bålsta.
2. Snabbpendeltågen läggs därefter in anpassade efter pendeltågen.
3. Därefter läggs regionaltågen in och slutligen fjärrtågen. Om det är trångt kan de två sista stegen behöva upprepas för att få en fungerande tidtabell.

Dagens konstruktionsregler för tidtabellskonstruktion anger att två på varandra följande tåg normalt skall vara separerade med tre minuters marginal. Det finns dock undantag, t.ex. två minuter för Tegelbacken.

I detta arbete har eftersträövats att undvika tidtabellagda förbigångar och förlängda uppehållstider vilket fått till följd att tågen i vissa fall ligger planerade närmare varandra än vad som är möjligt om nämnda regler tillämpats fullt ut.

Störningsmönster

Vid simuleringarna har trafiken för de olika alternativa banorna utsatts för primära störningar i syfte att analysera systemets återställningsförmåga. De störningsmönster som använts är baserat på tillgänglig statistik beträffande dagens Mälarbana.

Primära störningar har här modellerats i form av dels så kallade ingångsförseningar och dels stationsförseningar. Ingångsförseningarna innebär att tågen ges en slumpmässig försening vid avgång från sin utgångsstation enligt en viss fördelning. Stationsförseningarna medför att tågen också blir försenade vid en station där de har uppehåll.

Det störningsmönster för ingångsförseningar som här har använts baseras på i TFÖR inrapporterade förseningar för de aktuella tågtyperna under hösten 2003³.

Störningsmönstret för stationsförseningar baseras på den undersökning av stationsuppehållens längd på Sundbybergs station som KTH utfört⁴.

³ Perioden 20030818 - 1213

För snabbpendeltågen finns ingen statistik tillgänglig, varför de störts på ungefär samma sätt som regionaltågen.

Aktuella störningsmönster har applicerats vid simuleringarna i form av negativa exponentialfördelningar och beskrivs i följande tabeller. Observera att ingångsförseningarna appliceras på en viss andel av tågen. Detsamma skall egentligen också gälla för stationsförseningarna, men det visade sig tyvärr vara ogörligt i nuvarande version av OpenTrack. För stationsförseningarna gäller således att de appliceras på alla tåg, vilket medför att många tåg drabbas av mycket små förseningar i stället för att relativt få tåg drabbas av något större förseningar. Detta bedömdes dock inte ha någon avgörande betydelse för resultaten i de aktuella fallen.

		Medelförsening i sekunder	Procent tåg som är försenade
Cst-Vå	Snabbpendeltåg	120	50%
	Pendeltåg 1	196	41%
	Pendeltåg 2	196	37%
	Regionaltåg	123	57%
	Fjärrtåg	134	58%
Vå-Cst	Snabbpendeltåg	120	50%
	Pendeltåg 1	101	12%
	Pendeltåg 2	87	91%
	Regionaltåg	146	25%
	Fjärrtåg	292	66%

Tabell 4 Ingångsförseningar

	Försening i sekund
Snabbpendeltåg	3
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Regionaltåg	5
Fjärrtåg	5

Tabell 5 Stationsförseningar (medelvärde)

Genomfört arbete och resultat

Allmänt

I detta kapitel beskrivs genomfört arbete och framkomna resultat för de fem delstudier som utförts. Indelningen är följande:

- *Grundarbete*, vilket omfattar byggandet av de grundmodeller av befintlig korridor i ytläge (BK-Y) och Kista korridor – Kista Centralt (KK-C) som sedan vidareutvecklats i övriga delar, en punktlighetsanalys av dagens trafik och slutligen en validering av simulerings-programmet OpenTrack.

Befintlig korridor i ytläge (BK-Y)

- *Delstudie 1, Utvärdering av alternativa utformningar av framtida bana* i befintlig korridor, där effekterna av olika alternativa kurvrätningar analyseras och kommenteras.
- *Delstudie 2, Simulering och analys av ett fyrspårsalternativ* i befintlig korridor på sträckan Tomtebodavägen - Kallhäll samt två tänkbara förslag till etapputbyggnader.
- *Delstudie 3, Analys av alternativa stationstillägg eller –placeringar* längs befintlig korridor på sträckan Tomtebodavägen - Kallhäll. Här har fyrspårsalternativet från delstudie 2 analyserats med olika stationsplaceringar eller tillägg av nya stationer.

Kista korridor- Kista Centralt (KK-C)

- *Delstudie 4, Analys av Kista korridor*. Ett alternativ med en tvåspårslänk från Tomtebodavägen till Barkarby, via Solna och Kista, har simulerats och analyserats. I denna delstudie ingår även en analys av en etapputbyggnad och en alternativ stationsplacering.

Observera också att det i slutet av varje delavsnitt finns en kommentarsdel där det som noterats utöver själva resultaten speciellt påpekas.

Grundarbete

I detta avsnitt görs en genomgång av det grundarbete som utförts innan det egentliga analysarbetet påbörjats. Grundarbetet har omfattat tre från varandra mer eller mindre separerade delar. Den första delen är byggandet av den grundmodell av banan (Grundbana) som sedan utgjort en stomme för övriga använda banmodeller. En validering av simuleringsprogrammet OpenTrack gentemot Banverkets gångtidsprogram (GTP) är den andra delen. Slutligen har den tredje delen utgjorts av en punktlighetsanalys av dagens trafik som bland annat legat till grund för de störningsmönster som använts i de olika simuleringarna.

Preciserad frågeställning

Grundbana

Det bedömdes som en tidsbesparande nödvändighet att skapa en banmodell av dagens bana mellan Västerås C och Stockholm C i simuleringsprogrammet OpenTrack som en grund för dels nämnda validering och dels övriga banmodeller av en framtida Mälarbana.

Validering

Det schweiziska simuleringsprogrammet OpenTrack har inte tidigare använts för trafiksimuleringar i Sverige, varför det bedömdes som nödvändigt att verifiera att det ”kör” tågen med samma precision som Banverkets simuleringsprogram Simon vilket tidigare ofta använts i olika typer av kapacitetsutredningar. Simon har samma gångtidskärna som Banverkets gångtidsprogram GTP, varför det bestämdes att jämföra gångtider mellan OpenTrack och GTP på Grundbanan för några olika, här aktuella, tågslag.

Följande avsnitt beskriver hur denna validering genomförts med utgångspunkt i en modell av dagens dubbelspårbana mellan Stockholm C och Västerås C (Grundbana).

Punktlighetsanalys av dagens trafik

En analys av förseningsstatistiken för dagens trafik på Mälarbanan (MB) ger en bild över dels i vilken omfattning förseningar genereras på själva MB och dels kommer med tågen ”utifrån”. Förseningsstatistiken ger också inblickar i hur tidtabellerna är konstruerade, var slack och kvalitetstid lagts in i större omfattning etc. Det beslutades att genomföra en punktlighetsanalys med fokus på att ge en bra översiktssbild och att få ett bra underlag för de störningsmönster som skulle användas i trafiksimuleringarna.

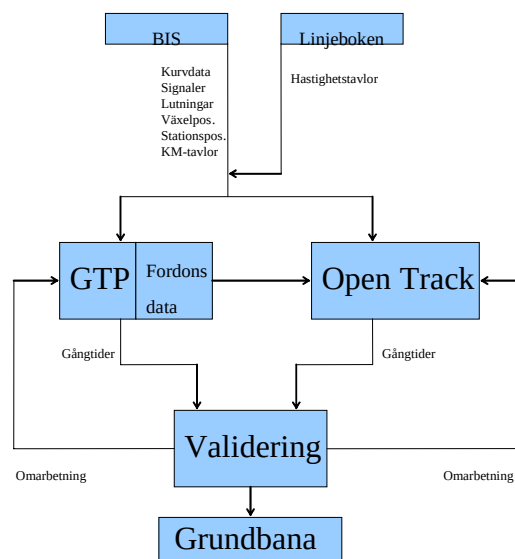
Genomförande

Grundbana

Grunddata till banan har hämtats från Banverkets baninformationssystem (BIS). Data som importerades därifrån var kurvor, lutningar, signaler, växlar, stationspositioner samt km-tavlor. Hastighetstavlor och i viss utsträckning även signaler är däremot tagna från Linjeboken.

Validering

Utgångspunkten för valideringen var den grundbana som byggts upp i simuleringsprogrammet OpenTrack. Samma bandata lades sedan in i GTP. Figur 5 nedan beskriver valideringsprocessen. Data för fordon som har använts vid gångtidsberäkningarna är tagna från GTP. I Figur 5 nedan visas principerna för hur fordonsdata importeras till OpenTrack från GTPs fordonsdatabas. De fordon som har använts i valideringen är X2000, X40, X50, X10 samt X60.



Figur 5 Modell över Valideringen

Olika stoppmönster användes för olika tågtyper för att få grundliga data att jämföra vid valideringen. De stoppmönster som användes i valideringen är redovisade i Tabell 6 nedan. Varje tåg har körts med enbart start i Stockholm C och stopp i Västerås C och vice versa. Dessa symboliseras av ett O i tabellen. Den andra körningen med stopp vid flera stationer symboliseras av X vid de stationer som tågen stannat vid. Uppehållstiden sattes till 1 min för alla tåg för att förenkla körningarna. Däremot är det inte någon uppehållstid vid start- och slutstationerna.

Efter ett antal testkörningar justerades viss data i de olika modellerna för att bättre efterlikna verkligheten. I OpenTrack behövdes stoppositionerna vid stationerna justeras. I GTP behövdes hastighetstavlorna justeras med hjälp av Linjeboken. Därefter gjordes de slutliga simuleringskörningarna och alla data sammanställdes i fyra olika tabeller.

	X2000	X60	X50	X40	X10
Direkt	O	O	O	O	O
Stopp	X	X	X	X	X

Cst	O,X	O,X	O,X	O,X	O,X
Sub	X	X	X	X	X
Spå		X			X
Bkb Ö		X			X
Jkb		X			X
Khä		X			X
Kän		X			X
Bro		X			X
Bål	X	X	X	X	X
Ep	X		X	X	
Vå	O,X	O	O,X	O,X	O

Tabell 6 Stoppmönster vid Valideringen

Punktlighetsanalys av dagens trafik

Punktlighetsanalysen genomfördes utifrån förseningsstatistik från TFÖR, hösten 2003.

Resultat

Validering

Tabell 6 visar resultatet av körningen utan stopp med GTP respektive OpenTrack. För mer detaljerade resultat se Tabell 1- 4 i Bilaga 1.

Gångtiderna som tas fram i GTP respektive OpenTrack skiljer sig mycket litet åt. Slutsatsen är att gångtidsberäkningarna eller egentligen den simulerade "tågkörningen" i OpenTrack fungerar likvärdigt med den i GTP och därmed också i jämförelse med Simon.

	X2000		X40		X50		X60		X10	
	Open track	GTP	Open track	GTP	Open track	GTP	Open track	GTP	Open track	GTP
Cst	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Vå	39:54	39:46	39:58	39:54	42:13	42:17	45:27	45:27	49:25	49:32

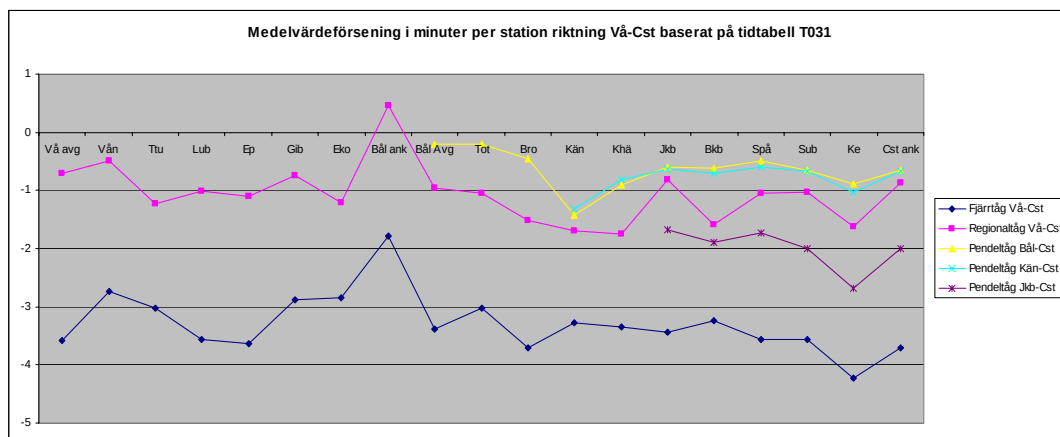
Vå	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Cst	39:53	39:56	39:54	39:50	42:03	42:01	49:03	49:04	44:56	45:00

[mm:ss]

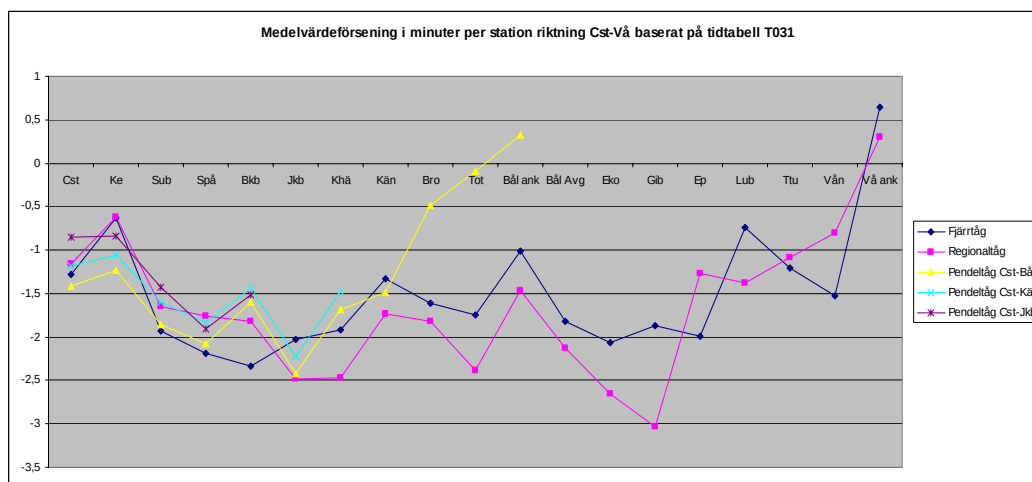
Tabell 6 Jämförelse mellan GTP och OpenTrack utan stopp för direkttågen

Punktlighetsanalys av dagens trafik

Figur 6 och Figur 7 nedan visar förseningarna (medelvärdet) per station för respektive tågslag och riktning.



Figur 6 Förseningsdiagram Västerås - Stockholm C



Figur 7 Förseningsdiagram Stockholm C - Västerås

En snabb blick i diagrammen visar att de olika tågen följer samma förseningsmönster. Av figur 6 framgår att regional- och fjärrtågen hämtar in förseningar till Bålsta, men att de avgår mer försenade än de var vid ankomsten. Man kan också se att alla tågslagen tar in förseningar in mot Stockholm C, där de dock sällan är i tid.

Utifrån Figur 7 kan konstateras att de flesta tågen i nordlig riktning kommer i rätt tid till sin slutstation, det gäller dock ej pendeltågen till Kungsängen. Dessutom kan konstateras att medelförseningen vid startstationen för alla tågen ligger runt 1 minut.

Kommentarer och slutsatser

Några slutsatser utifrån valideringen är att gångtidsberäkningarna eller egentligen den simulerade "körningen av tåg" i OpenTrack fungerar likvärdigt med den i Banverkets gångtidsprogram (GTP) och därmed också i jämförelse med Banverkets simuleringsprogram Simon.

Analysen av förseningsstatistiken ger också en bild av hur tidtabellerna är konstruerade. T ex framgår att mycket slack har lagts på precis innan ankomst till slutstation eller vid andra viktiga stationer, t ex Bålsta för regional- och fjärrtågen i båda riktningarna. Det framgår också att uppehållstiden i Bålsta är för kort för regional- och fjärrtågen, förseningen ökar för de tåg som gör uppehåll där.

Delstudie 1, Utvärdering av alternativa utformningar av framtida bana

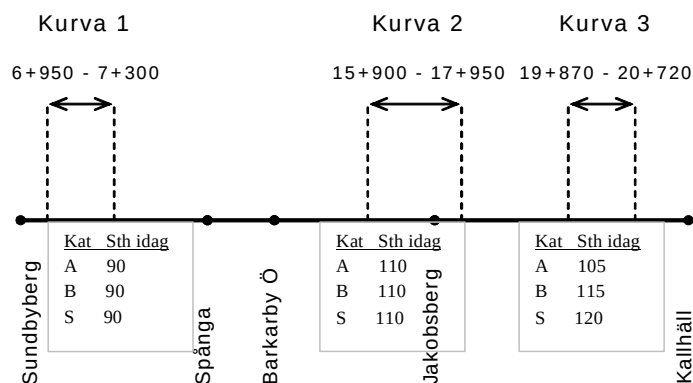
Mälarbanan, delen Tomtebodavägen - Kallhäll, har idag en relativt sett låg hastighetsstandard (max största tillåtna hastighet 130 km/h), dessutom finns det speciellt tre kurvpartier som ytterligare sänker hastighetsstandarden. Banverket har som utgångspunkt att det på sträckan Sundbyberg - Kallhäll (exklusive nämnda kurvpartier) skall göras en generell ökning av hastighetsstandarden till 200 km/h. Kurvpartierna skall också åtgärdas, men beträffande dem är det till stor del en intrångs- och kostnadsfråga hur mycket som skall göras.

Syftet med denna utvärdering var att göra en jämförelse mellan kurvkrav i olika nivåer av de tre aktuella kurvpartierna. Detta gjordes genom att studera hur gångtiderna påverkas för några olika tåg- och trafikslag (pendel-, regional- och direkttåg) på sträckan Sundbyberg - Kallhäll (- Västerås C).

Detta avsnitt beskriver hur utvärderingen har genomförts samt framtagna resultat.

Preciserad frågeställning

De kurvor som utvärderats i denna delstudie är beskrivna i Figur 8 nedan. Kurva 1 är belägen norr om Sundbyberg och är en 450 m lång s-kurva med en hastighetsbegränsning till 90 km/h för alla tågtyper. Kurva 2 börjar söder om och slutar norr om Jakobsberg och har en längd på 2 km och en hastighetsbegränsning till 110 km/h för alla tåg. Kurva 3 är belägen söder om Kallhäll, är 950 m lång och har en hastighetsbegränsning till mellan 105-120 km/h beroende på tågkategori.



Figur 8 Kurvor på sträckan Sundbyberg- Kallhäll

För att kunna utvärdera vad olika åtgärder på dagens bana kommer att få för effekt på framtida trafik fastställdes att följande tre alternativa banor skulle analyseras avseende effektiva restider respektive gångtider:

1. Dagens hastighetsstandard

Detta alternativ innebär att behålla dagens standard på banan. Hastighetsprofilen för dagens hastighetsstandard kan avläsas i diagram 1 nedan.

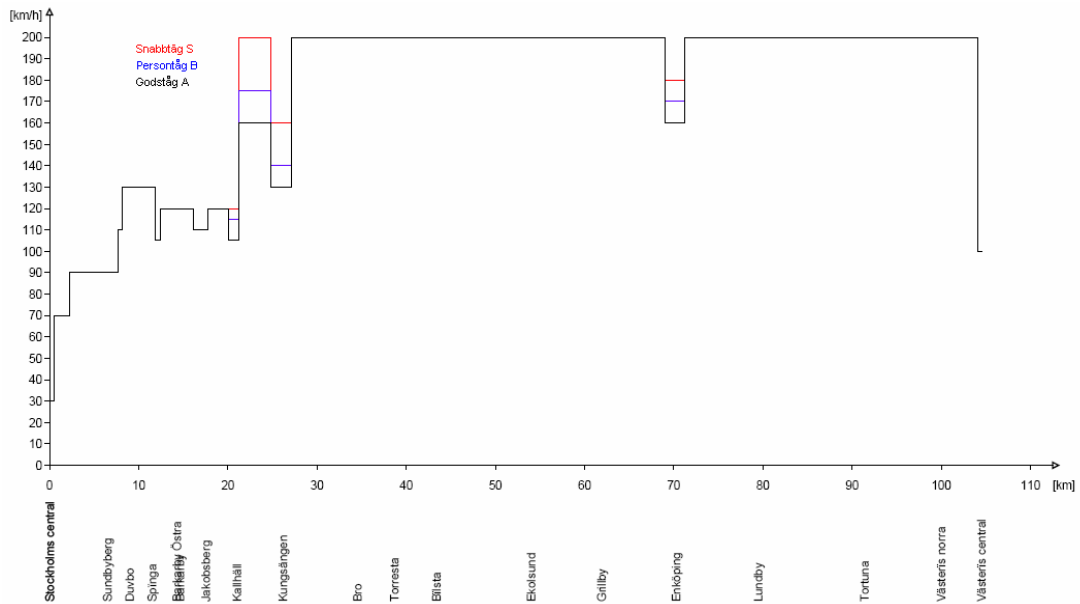


Diagram 1 Hastighetsprofilerna Snabbtåg (S), Persontåg (B) samt Godståg (A) för Dagens hastighetsstandard.

2. Sth 200

Detta alternativ innebär att höja hastigheten på dagens bana till 200 km/h på hela sträckan Sundbyberg - Kallhäll för alla hastighetskategorier. Det vill säga alla kurvor och delsträckor som begränsar hastigheten i dagens bana förbättras genom kurvrätningar och andra åtgärder för att klara en största tillåtna hastighet på 200 km/h. I diagram 2 nedan visas hastighetsprofilen för en bana med 200 km/h.

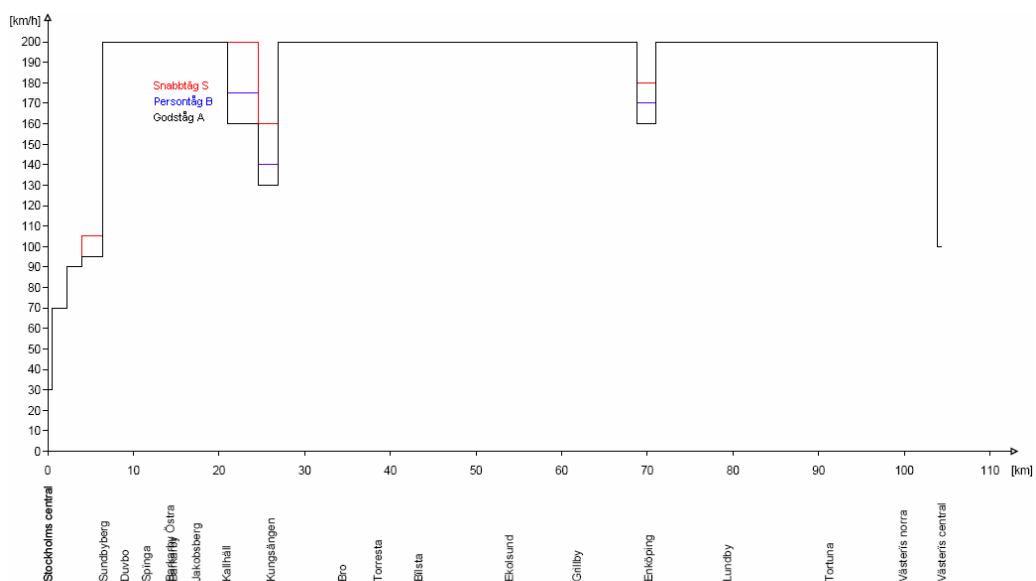


Diagram 2 Hastighetsprofilerna Snabbtåg (S), Persontåg (B) samt Godståg (A) för Sth 200

3. Begränsat intrång

För detta alternativ höjs hastighetsstandarden på delsträckorna mellan de tre kurvorna till 200 km/h för alla hastighetskategorier. Dessutom åtgärdas de begränsande kurvorna, men bara till en grad som påverkar omgivningen i mindre omfattning. Detta innebär att hastigheterna i kurvorna höjs jämfört med dagens hastighet. Hastighetsprofilen för alternativet *Begränsat intrång* kan avläsas nedan i diagram 3.

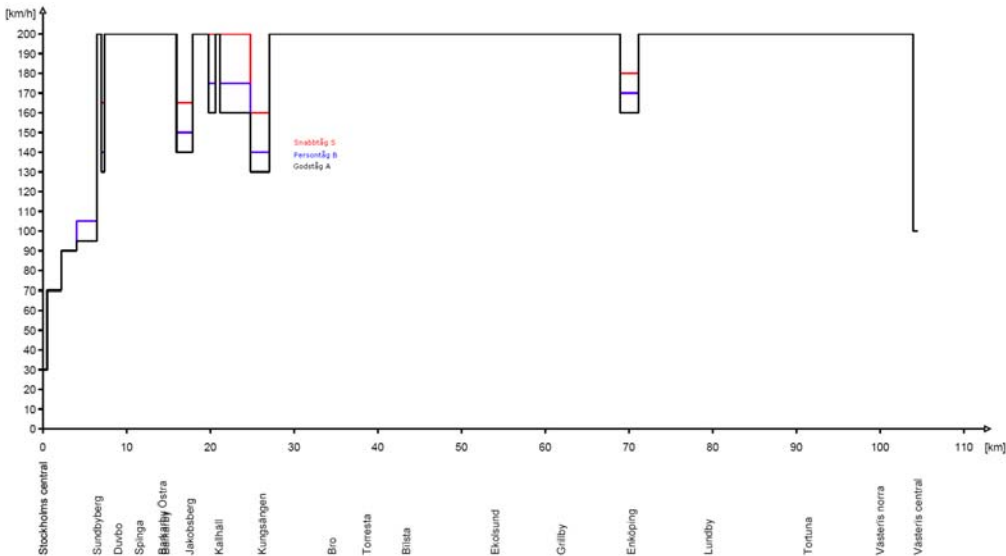


Diagram 3 Hastighetsprofilerna Snabbtåg (S), Persontåg (B) samt Godståg (A) för Begränsat intrång

Varje banalternativ har olika hastighetsprofiler beroende på hastighetskategori. Hastighetsprofilerna för de tre kurvorna i alternativen Sth200, *Begränsat intrång* samt *Dagens hastighetsstandard* är redovisade i Tabell 7 nedan.

	Sth200	Begränsat intrång			Dagens bana		
	A,B,S	A	B	S	A	B	S
Kurva 1	200 km/h	130 km/h	140 km/h	165 km/h	90 km/h	90 km/h	90 km/h
Kurva 2	200 km/h	140 km/h	150 km/h	180 km/h	110 km/h	110 km/h	110 km/h
Kurva 3	200 km/h	160 km/h	175 km/h	200 km/h	105 km/h	115 km/h	120 km/h

Tabell 7 Sth i de tre kurvorna för de olika hastighetskategorierna

Upphållstiderna för de olika tågslagen i gångtidsberäkningarna är redovisade i Tabell 8 nedan.

	Upphållstid	Stationer
Regionaltåg	90s	Ep, Bål, Bkb Ö, Sub
Pendeltåg	60s	Jkb, Bkb Ö, Sub
	42s	Bro, Kån, Khå, Spå
Direktåg	*	*

Tabell 8 Upphållstider

Genomförande

Den metod som användes baseras på simulerade körningar av enstaka tåg på de olika banalternativen i syfte att fastställa aktuella effektiva restider och gångtider för aktuella tågslag. Vid simuleringen av den effektiva restiden användes direkt-, regional- samt pendeltåg. Den effektiva restiden omfattar gångtiden mellan stationerna inklusive uppehållstider vid eventuella stopp. De mer detaljerade resultaten för de olika tågslagen finns redovisade i bilagorna 2-4.

Resultat

Restidsvinsterna avseende de effektiva restiderna sammanfattas i Tabell 9 nedan.

		Dagens Bana	Sth 200	Begränsat intrång
Direkttåg	Cst-Vå	X2	39:54	36:32
	Vå-Cst	X2	39:49	36:22
Regionaltåg	Cst-Vå	X40	51:08	49:14
	Vå-Cst	X40	50:58	48:44
Pendeltåg	Cst-Bål	X60	33:39	32:38
	Bål-Cst	X60	32:50	31:51

[mm:ss]

Tabell 9 Effektiva restider

Med det stoppmönster som gäller här kan konstateras att tidsvinsten för alternativet Begränsat intrång jämfört med dagens bana för direkttåg Stockholm C - Västerås C blir ca tre minuter (X2000), för regionaltåg Stockholm C - Västerås C ca två minuter och slutligen för pendeltåg Stockholm C - Bålsta ca en minut. För alternativet Sth200 blir vinsten något större för direkttågen, medan den blir marginellt större för regional- och pendeltågen.

Vad gäller kurvrätningarna påvisar en direkt jämförelse mellan alternativen Sth200 och Begränsat intrång att de tre kurvorna med begränsat intrång inte påverkar gångtiderna nämnvärt. Om de tre kurvorna studeras var för sig kan konstateras att kurva 1 med Begränsat intrång inte alls påverkar gångtiden. Däremot påverkar alternativet Begränsat intrång kurva 2 något mer, dock utan betydande tidsvinster. För kurva 3 är tidsvinsterna också försumbara. Se Tabell 10 nedan och mer utförligt i bilaga 2-4.

			Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Totalt
Direkttåg	Cst-Vå	X2000	0 s	19 s	0 s	19 s
		X40	0 s	26 s	3 s	29 s
	Vå-Cst	X2000	0 s	17 s	0 s	17 s
		X40	3 s	23 s	6 s	29 s
Regionaltåg						
	Cst-Vå	X40 stopp i Barkarby	0 s	6 s	0 s	6 s
		X40 stopp i Jakobsberg	0 s	7 s	0 s	7 s
	Vå-Cst	X40 stopp i Barkarby	0 s	18 s	1 s	19 s
		X40 stopp i Jakobsberg	0 s	4s	1 s	4 s
Pendeltåg						
	Cst-Vå	X60	0 s	5 s	0 s	5 s
	Vå-Cst	X60	2 s	5 s	0 s	7 s

Tabell 10 Tidsskillnad mellan Sth200 och Begränsat intrång i de tre kurvorna

Kommentarer och slutsatser

En slutsats i denna delstudie är att de tre kurvpartierna på sträckan Sundbyberg – Kallhäll, som idag speciellt begränsar hastighetsstandarden, bör byggas om till en nivå som endast ger ett begränsat intrång. Anledning är att en ökning av hastighetsstandarden till 200 km/h jämfört med ett begränsat intrång endast ger ringa tidsvinster.

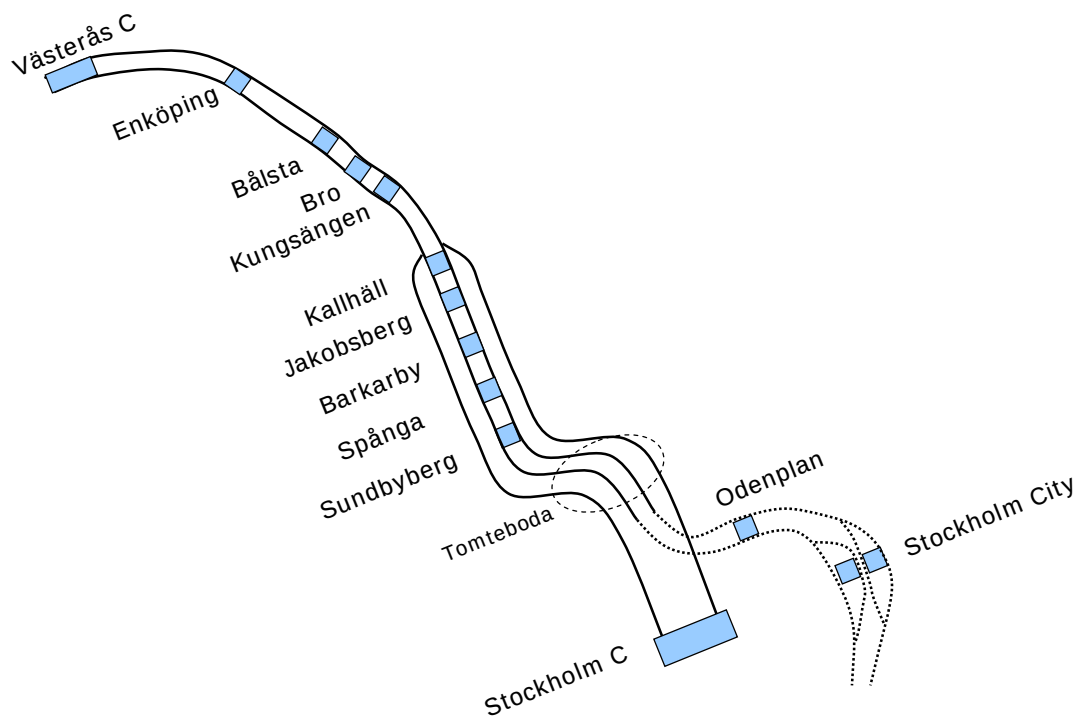
Denna utvärdering av alternativa utformningar av framtida bana resulterade i att Banverket beslutade att gå vidare med varianten Begränsat intrång. Denna utformningsstandard ligger till grund för de olika banalternativ som simulerats i det fortsatta arbetet.

Delstudie 2, Simulering och analys av fyrspårsalternativ i befintlig korridor

Mälarbanan, delen Tomtebodavägen - Kallhäll har idag stora problem att klara av dagens trafik. För att förbättra dagens kapacitet samt klara av den tänkta framtida trafiken har Banverket tagit fram ett fyrspårsalternativ, FA1, med fyra spår på sträckan Tomtebodavägen - Kallhäll samt två förslag till etapputbyggnader, FA2 och FA3, på sträckan inom befintlig korridor.

Syftet med denna studie är att undersöka hur bra fyrspårsalternativet på hela sträckan och de förslag till etapputbyggnader klarar den tänkta framtida trafiken.

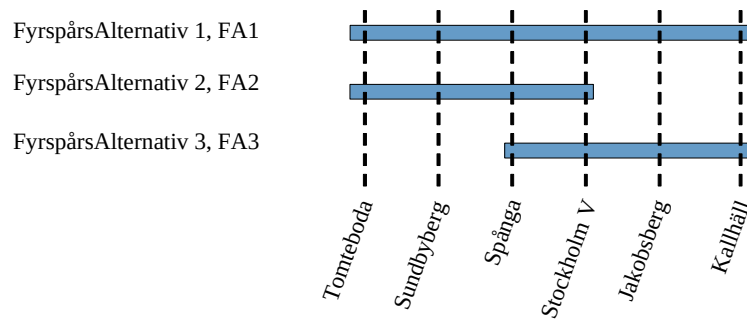
De två förslag till etapputbyggnader som studerats är fyrspår "inifrån och ut" Tomtebodavägen - Barkarby (FA2) samt "fyrspårsön" med ett fyrspår Spånga - Kallhäll (FA3). FA2 och FA3 representerar olika första etapper av FA1.



Figur 9 Skiss över Fyrspårsalternativ, FA1

Preciserad frågeställning

Fyrspårsalternativet på sträckan Tomtebodav – Kallhäll och de två förslagen till etapputbyggnader är beskrivna i Figur 10 nedan. Frågeställningen är hur bra dessa tre alternativ klarar den tänkta framtida trafiken.



Figur 10 Fyrspårsutbyggnaden i de olika alternativen

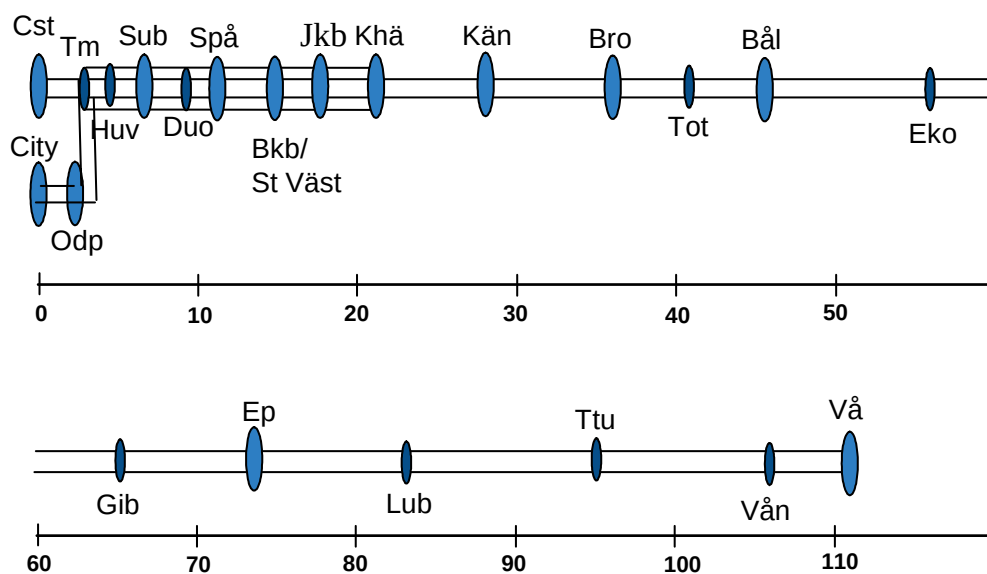
Förutsättningar

För att kunna genomföra denna analys fastställdes ett antal förutsättningar. Dessa var hur trafikeringen skulle se ut, stoppmönster för trafiken, uppehållstider vid stationerna samt banans utformning.

Banalternativen FA1, FA2 och FA3

FA1

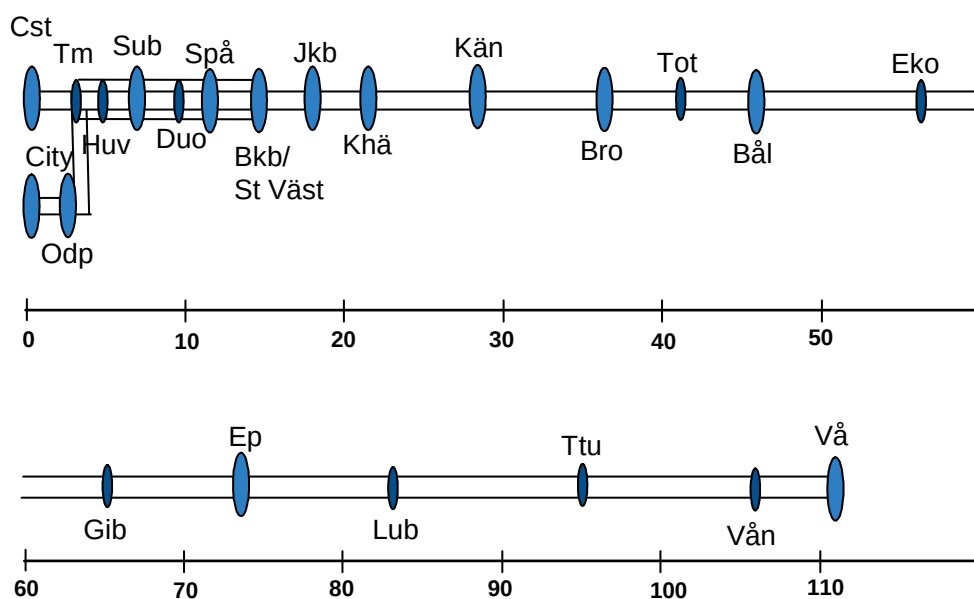
Figur 11 nedan visar antalet spår, stationer med respektive utan trafikutbyte för Bana FA1. De stationer som har trafikutbyte representeras av en större ellips, de övriga stationerna av en mindre. Viktigt att påpeka är att fyrspårssträckan trots allt är förhållandevis ganska kort relativt hela sträckans längd, Tomtebodav – Västerås. I detta alternativ är det fyra spår mellan Tomtebodav och Kallhäll.



Figur 11 Banstruktur FA1

FA2

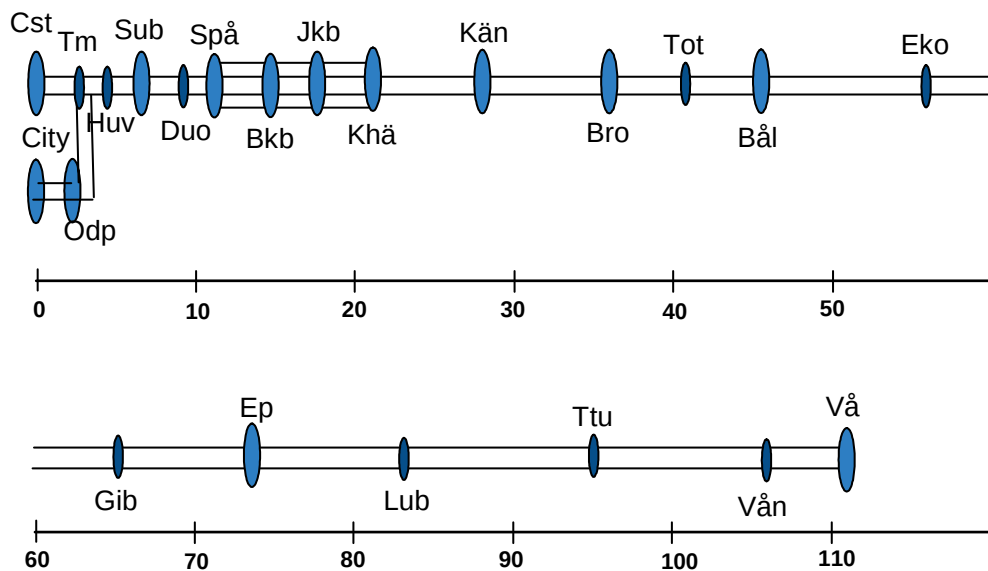
I Figur 12 visas utformningen av bana FA2. Skillnaden gentemot bana FA1 är att i detta alternativ sträcker sig de fyra spåren enbart mellan Tomtebodan och den eventuella framtida stationen Stockholm Väst.



Figur 12 Banstruktur FA2

FA3

I Figur 13 nedan visas hur bana FA3 är uppbyggd. Vad som karakteriserar denna är fyrspårsön, det vill säga att fyrspårssdelen mellan Spånga och Kallhäll ligger som en ö där omgivande delar endast har dubbelspår.



Figur 13 Banstruktur FA3

Trafikering

De uppehållstider som användes i studien är redovisade i Tabell 11 nedan. Uppehållstiderna är i sekunder och gäller alla stationer som de olika tågslagen gör uppehåll vid.

	Uppehållstid
Pendeltåg	42
Snabbpendeltåg	60
Regionaltåg	90
Fjärrtåg	90

Tabell 11 Uppehållstider i sekunder

Den trafikering som användes för respektive fyrspårsalternativ finns beskriven i Tabellerna 13-15 nedan. I dessa tabeller visas vilka tåg som framförs på inner- respektive ytterspår samt vid vilka stationer de gör uppehåll. Också antal tåg per timme för respektive tågslag anges.

FA1

	Tm	-	Sub	-	Spå	-	S väst	-	Jkb	-	Khä	-	Kän	-	Bro	-	Bål	-	Ep	-	Vå
Innerspår		9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	13,5	6	10,5	3	10,5	6	7,5	6	7,5	7,5
Snabbpendeltåg		3	3	3	3	3	3	3	3	3		3		3		3	3	3	3	3	3
Pendeltåg 1		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		3				
Pendeltåg 2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
Regionaltåg												3		3		3		3	3	3	3
Fjärrtåg												1,5		1,5		1,5		1,5		1,5	1,5

Ytterspår		4,5	3	4,5		4,5	4,5	4,5		4,5											
Regionaltåg		3	3	3		3	3	3		3											
Fjärrtåg		1,5		1,5		1,5	1,5	1,5		1,5											

Från Citybanan	9
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Snabbpendeltåg	3

Från Cst	4,5
Regionaltåg	3
Fjärrtåg	1,5

Tabell 12 Trafikering för FA1, [Antal tåg]

Tabell 12 ovan beskriver trafikeringen för FA1. Notera att pendeltågen samt snabbpendeltågen går på innerspår ändå från Tomtebodan till Kallhäll.

FA2

	Tm	-	Sub	-	Spå	-	S Vä	-	Jkb	-	Khä	-	Kän	-	Bro	-	Bål	-	Ep	-	Vå
Innerspår		9	9	9	9	9	9	13,5	11,5	14	6	13,5	6	10,5	3	10,5	6	7,5	6	7,5	7,5
Snabbpendeltåg		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pendeltåg 1		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pendeltåg 2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
Regionaltåg								3		3		3		3		3		3	3	3	3
Fjärrtåg								1,5		1,5		1,5		1,5		1,5		1,5		1,5	1,5

Ytterspår		4,5	3	4,5		4,5	4,5														
Regionaltåg		3	3	3		3	3														
Fjärrtåg		1,5		1,5		1,5	1,5														

Från Citybanan	9
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Snabbpendeltåg	3

Från Cst	4,5
Regionaltåg	3
Fjärrtåg	1,5

Tabell 13 Trafikering för FA2, [Antal Tåg]

Tabell 13 ovan visar trafikeringen för FA2. Observera att pendeltågen och snabbpendeltågen trafikerar innerspårerna på fyrspårssträckan medan övriga tågslag går på ytterspår, precis som för FA1.

FA3

	Tm	-	Sub	-	Spå	-	Bkb	O	-	Jkb	-	Khä	-	Kän	-	Bro	-	Bål	-	Ep	-	Vå
Innerspår		14	11,5	14	9	9	9	9	9	9	6	13,5	6	10,5	3	10,5	6	7,5	6	7,5	7,5	
Snabbpendeltåg		3	3	3	3	3	3	3	3	3		3		3		3	3	3	3	3	3	
Pendeltåg 1		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
Pendeltåg 2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
Regionaltåg		3	3	3								3		3		3		3	3	3	3	
Fjärrtåg		1,5		1,5								1,5		1,5			1,5		1,5		1,5	

Ytterspår			4,5		4,5		4,5	
Regionaltåg			3		3		3	
Fjärrtåg			1,5		1,5		1,5	

Från Citybanan	9
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Snabbpendeltåg	3

Från Cst	4,5
Regionaltåg	3
Fjärrtåg	1,5

Tabell 14 Trafikering för FA3, [Antal tåg]

I Tabell 14 visas hur FA3 trafikeras. I detta alternativ är som tidigare nämnts fyrspårssträckan en ö vilket medför att de tåg som går på ytterspår d v s regional- samt fjärrtåg inte kan ha tidtabellsuppehåll på denna sträcka om de skall hinna köra om pendeltågen. På samma sätt som i de övriga alternativen framförs pendel- och snabbpendeltågen på innerspår.

Genomförande

Denna delstudie genomfördes i tre steg. Det första steget var att ta fram tidtabelltiderna för de olika tågslagen. Det andra var att skapa fungerande tidtabeller. Slutligen gjordes i det tredje steget ett antal simuleringskörningar för att testa de olika banornas robusthet och återställningsförmåga.

Tidtabelltider

För att kunna skapa tidtabeller för de olika alternativen var det första steget att ta fram enskilda tidtabeller för de olika tågslagen. Metoden som användes för att ta fram tidtabelltider är beskriven i avsnittet Tidtabeller under Metoder och modell tidigare i denna rapport. I stora drag innebar detta att tidtabellstiderna för de respektive tågslagen omfattade en total slacktid motsvarande ungefär dagens totala slacktid. När tidtabelltiderna var klara sammanställdes resultaten i tabellform, se avsnittet resultat nedan.

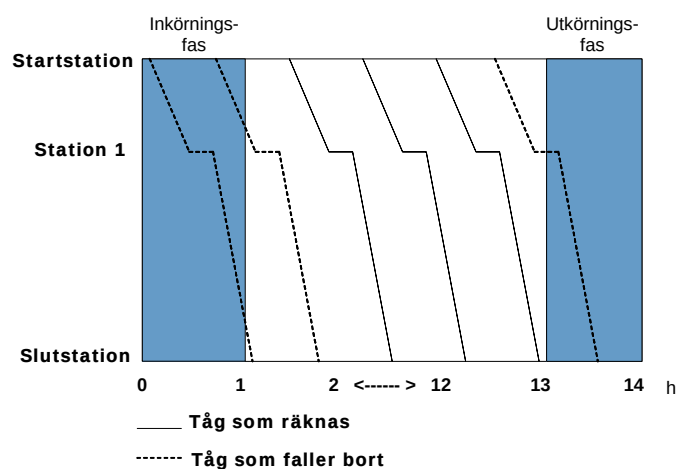
Tidtabellskonstruktion

I steg 2 var det dags att konstruera en fungerande tidtabell för de olika alternativen. Eftersom pendeltågen med sin styva tidtabell är styrande lades Pendeltåg 1 (Kungsängen) och Pendeltåg 2 (Bålsta) in i tidtabellen först. Därefter lades in, i tur och ordning, snabbpendeltåg, regionaltåg samt fjärrtåg. Sedan justerades tidtabellen fram och tillbaka i syfte att få en stabil tidtabell.

Simuleringskörningar

Inledningsvis gjordes för varje alternativ en körning utan pålagd störning. Detta för att verifiera att tidtabellen var stabil och att tågen inte påverkade varandra. För att undersöka stabiliteten hos systemet lades därefter ett störningsmönster på. Störningsmönstret är tidigare beskrivet i avsnittet störningsmönster. För att få ett statistiskt säkrare resultat kördes varje utredningsalternativ fem gånger med olika slumpade störningar.

Vid varje körning simulerades trafiken under en period av 14 timmar med en infasnings- och utfasningsperiod om vardera en timme. Av Figur 14 nedan framgår att resultatsammanställningarna baseras endast på de tåg som avgår från avgångsstationen och ankommer slutstationen inom området 1h-13h. Som ett exempel kan då ett tåg som ska avgå 00:55 och har en införsening på 6 min räknas med eftersom det då avgår vid 01:01.



Figur 14 Område som är med i beräkningarna

Resultat

De resultat som kommer att redovisas i detta avsnitt är tidtabelltider för de olika tågslagen, hur mycket slack som har lagts till de teoretiska gångtiderna samt resultatet av den ostörda respektive de störda simuleringarna.

Restider

En sammanställning av restiden för de olika tågslagen per bana i respektive riktning visas i Tabell 15 nedan. Mer detaljerade data om tidtabellstiderna finns i Bilaga 5.

		Pendeltåg 1	Pendeltåg 2	Snabbpendeltåg	Regionaltåg	Fjärrtåg
Cst-Vå	FA1	35:00	24:00	56:00	48:00	42:00
	FA2	35:00	24:00	56:00	48:00	42:00
	FA3	35:00	24:00	56:00	46:00	40:00
Vå-cst	FA1	35:00	24:00	56:00	48:00	42:00
	FA2	35:00	24:00	56:00	48:00	42:00
	FA3	35:00	24:00	56:00	45:00	40:00

Tabell 15 Sammanställning av restiden inkl. slack för FA1, FA2 samt FA3

[mm:ss]

Slack

Nedan i Tabell 16 visas den resulterande totala slacktiden per tågslag och riktning. Den eftersträlvade slacktiden var ca 2 minuter.

		Pendeltåg 1	Pendeltåg 2	Snabbpendeltåg	Regionaltåg	Fjärrtåg
Cst-Vå	FA1	02:35	01:46	02:40	01:52	01:36
	FA2	02:35	01:46	02:40	01:52	01:36
	FA3	02:35	01:46	02:40	02:14	02:13
Vå-cst	FA1	02:36	01:54	02:08	02:09	01:55
	FA2	02:36	01:54	02:08	02:09	01:55
	FA3	02:36	01:54	02:08	01:42	02:23

Tabell 16 Sammanställning över slack för FA1, FA2 samt FA3

[mm:ss]

Simulering – Ostörd trafik

Resultatet av de ostörda simuleringarna kan avläsas i Tabell 17 nedan. Det kan konstateras att för FA1 är alla tåg i rätt tid till slutstationen vilket betyder att inga tåg stör varandra nämnvärt. För FA2 däremot kommer endast 83 % tåg i rätt tid till slutstationen vilket innebär att tidtabellen i grunden är instabil. Även i FA3 kommer 100 % av tågen i tid. Poängteras bör att i detta alternativ förbrukas i stort sett hela slacktiden.

	Antal tåg	Rätt tid	1-5 min	6-10 min	>10 min
FA1	307	100%	0%	0%	0%
FA2	306	83%	17%	0%	0%
FA3	307	100%	0%	0%	0%

Tabell 17 Sammanställning över ostörd trafik för FA1, FA2, FA3

Simulering – Störd trafik

Resultatet av de störda simuleringsskörningarna presenteras i Tabell 18 nedan. För utförligare resultat av varje delkörning rekommenderas Bilaga 5. FA1 har en genomsnittlig återställningsförmåga på 9 % vilket betyder att tågen (i genomsnitt) klarar av att återhämta de förseningar som introducerats i systemet. FA2 har, vilket kunde förutses, en negativ återställningsförmåga (40 %). Detta innebär att det uppstår ytterligare merförseningar i systemet utöver de som slumpmässigt introducerats. FA3 däremot klarar sig bättre än FA2, men har även den en negativ återställningsförmåga.

				Återställning						
	Antal tåg	Ingång [s]	Utgång [s]	Median	Medel	Rätt tid	1-5 min	6-10 min	>10 min	
FA1	306	19892	17900	9%	9%	78%	16%	4%	3%	
FA2	304,8	20725	28281	-40%	-36%	62%	29%	5%	3%	
FA3	306,2	20385	21413	-9%	-4%	72%	20%	5%	3%	

Tabell 18 Sammanställning över störd trafik för FA1, FA2 samt FA3

Tabellförklaring

Antal tåg – Medelvärde av Antal tåg för 5 körningar

Ingång – Medelvärde av den Totala ingångsförseningen i [s] för 5 körningar

Utgång – Medelvärde av den Totala utgångsförseningen i [s] för 5 körningar

Återställningsförmåga – $(\text{Ingång} - \text{Utgång}) / \text{Ingång}$

Median – Medianvärdet av 5 körningars återställningsförmåga

Medel – Medelvärde av 5 körningars återställningsförmåga

Medelvärde av 5 körningar

Rätt tid – andel tåg i rätt tid

1-5 min – andel tåg med försening mellan 1-5 min

6-10 min – andel tåg med försening mellan 6-10 min

>10 min – andel tåg med försening över 10 min

Kommentarer och slutsatser

För alla fyrspårsalternativen var det mycket svårt att skapa en bra tidtabell med den tänkta framtida trafiken. Pendeltågstrafiken baseras på styva tidtabeller och ger därmed stora begränsningar för den övriga trafiken. Att ha fyra olika tågslag med olika stoppmönster på sträckan Kallhäll - Bålsta gör att en hel del kapacitet förloras. Detta medför att det blir flera olika slags låsningar och att det överhuvudtaget är få tidtabeller som är möjliga för de olika alternativen.

För FA1 kan konstateras att det är sträckan Bålsta - Kallhäll som är den trånga sektorn. Eftersom pendeltåg går med 10-minuters mellanrum från Kungsängen måste de övriga tågen komma in i 10-minutersluckorna. Det finns totalt 6 luckor per timme där övriga tåg skall fasa in. För södergående tåg är infasningspunkterna i Bålsta respektive i Kungsängen och för norrgående i Kallhäll. Det är möjligt att få in alla tåg utan att de stör varandra vid ostörd trafik. Det finns dock många känsliga punkter i denna tidtabell där marginalerna är små. Det kan också konstateras att det inte finns något större utrymme för att lägga till ytterligare tåg.

I FA2 med en etappbyggnad av fyrspåret mellan Tomtebodavägen och en eventuell framtida station Stockholm Väst med lokalisering vid nuvarande station Barkarby var tidtabellskonstruktionen mycket problematisk. De problem som uppstod för FA1 blev ännu tydligare eftersom fyrspåret i detta fall är kortare och möjligheterna att fasa in pendeltågen på innerspår därmed begränsades ytterligare. I detta fall gick det inte att ta fram en "ostörd" tidtabell. D v s i den tidtabell som togs fram påverkade tågen varandra redan vid ostörd trafik. Se också Tabell 18 i resultatavsnittet ovan.

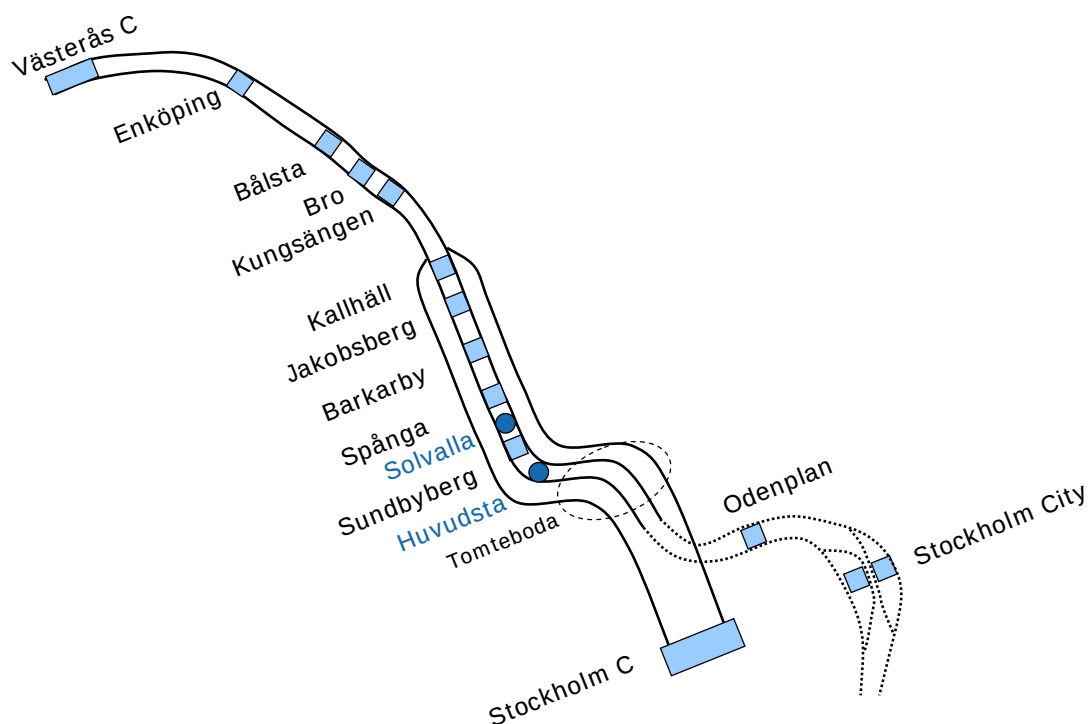
För FA3 med fyrspårssträckan som en ö mellan Spånga och Kallhäll gick det med minsta marginal att skapa en tidtabell som från början var "störningsfri", det vill säga utan förseningar.

Som tidigare nämnts så har för enhetlighetens skull eftersträövats att undvika att införa extra uppehållstider och förbigångar i tidtabellerna. Det är viktigt att poängtera att om det i dessa fall skulle ha skapats stabila tidtabeller med de marginaler som riktiga tidtabeller har, så måste också förbigångar eller extra uppehållstider tillåtas. Därmed hade också längre tidtabelltider erhållits än vad som här är fallet. Detta tillvägagångssätt skulle också ha medfört skillnader i tidtabelltider mellan de olika alternativen.

Delstudie 3, Analys av alternativa stationsplaceringar

Denna delstudie innehåller en analys av två alternativa stationslösningar för banalternativet FA1 i delstudie 2. Det första stationsalternativet, SA1, innebär att det tillkommer två nya stationer på innerspårsträckan av fyrspåret mellan Tomtebodas och Kallhälls. Det andra, SA2, innebär att den eventuella framtida fjärr- och regionaltågsstationen Stockholm Väst placeras i Jakobsberg i stället för i Barkarby.

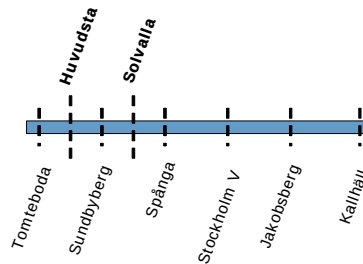
Syftet med denna delstudie är framförallt att jämföra hur de ban- och trafikeringsändringar som görs i SA1 och SA2 påverkar kapaciteten jämfört med i det tidigare alternativet FA1.



Figur 15 Skiss över Stationsalternativ, SA1

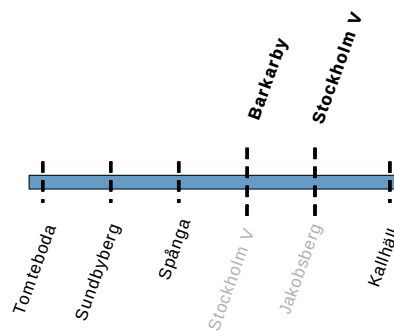
Preciserad frågeställning

De två stationer som tillkommer i SA1 är Huvudsta och Solvalla. Av Figur 16 nedan framgår att Huvudsta station kommer att ligga söder om Sundbyberg och Solvalla norr om. Båda stationerna har byggts med mittplattformar mellan de två innerspåren vilket innebär att endast de tåg som går på innerspår kan göra uppehåll där. I den använda trafikeringen har inte snabbpendeltågen uppehåll här utan endast pendeltågen.



Figur 16 Skiss över stationer på fyrspårssträckan i SA1

I SA2 kommer som tidigare nämnts den eventuella framtida stationen Stockholm Väst att byggas vid nuvarande station i Jakobsberg. Barkarby kommer att ha samma funktion som idag, så att bara tåg på innerspår kan göra uppehåll där. Se också Figur 17 nedan.



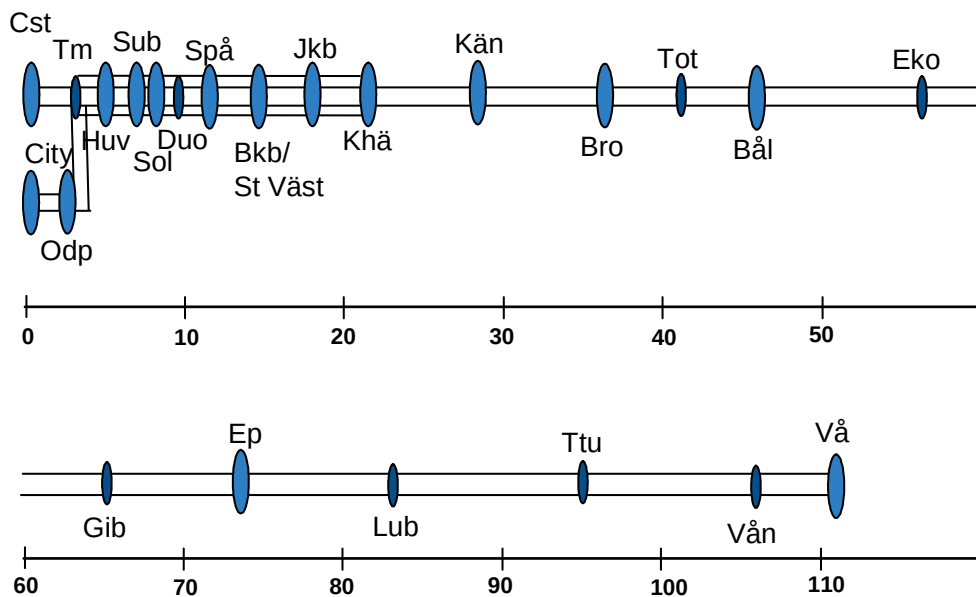
Figur 17 Skiss över stationer på fyrspårssträckan i SA2

Förutsättningar

Under projektets gång bestämdes vilka förutsättningar som skulle gälla vad avser trafikeringen (inklusive stoppmönster och uppehållstider) och banans utformning.

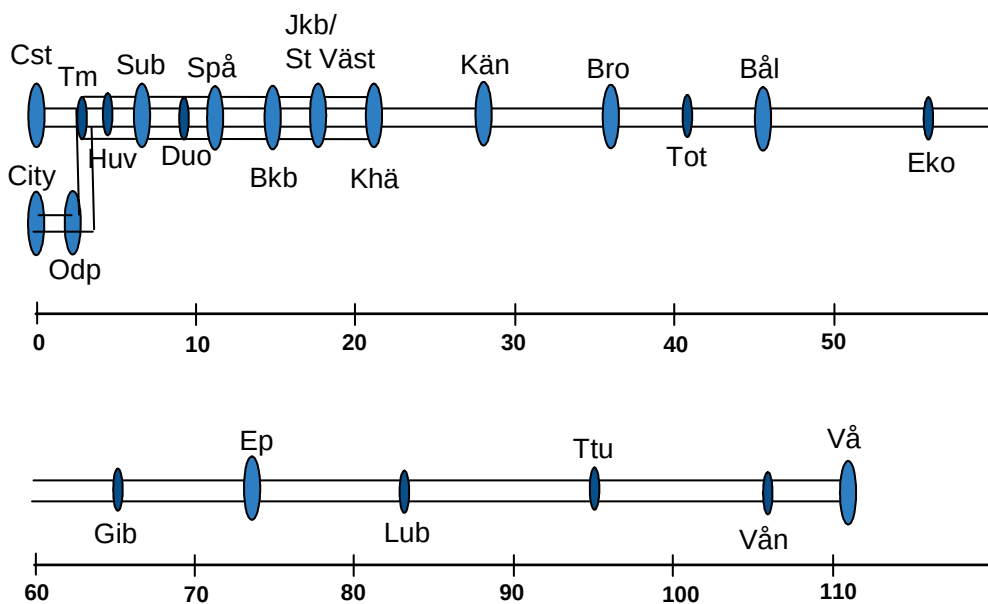
Banor

SA1 bygger på FA1 vilket innebär att det är fyrspår mellan Tomtebodå och Kallhåll. Som framgår av Figur 18 nedan är det de två stationerna Huvudsta och Solvalla som har tillkommit.



Figur 18 Banstruktur SA1

Även SA2 bygger på FA1 vilket innebär att fyrspåret sträcker sig mellan Tomtebodan och Kallhäll vilket kan ses i Figur 19 nedan. Skillnaden gentemot FA1 är att den eventuella framtida stationen Stockholm Väst är placerad i Jakobsberg istället för i Barkarby.



Figur 19 Banstruktur SA2

Trafikering

De uppehållstider för varje tågslag som användes i studien är desamma som i delstudie 2.

Den trafikering som fastställdes för SA1 och SA2 beskrivs i tabellerna 20-21. Skillnaden mellan FA1 och SA1 är att de två nya stationerna Solvalla (Sol) och Huvudsta (Huv) är inlagda före och efter Sundbyberg. Enbart pendeltågen använder dessa stationer.

SA1	
	Tm - Huv - Sub - Sol - Spå - S väst - Jkb - Khä - Kån - Bro - Bål - Ep - Vå
Innerspår	9 6 9 9 6 9 9 9 6 13,5 6 10,5 3 10,5 6 7,5 6 7,5 7,5
Snabbpendeltåg	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Pendeltåg 1	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Pendeltåg 2	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Regionaltåg	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Fjärrtåg	1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5
Ytterspår	4,5 4,5 3 4,5 4,5 4,5 4,5 4,5 4,5 4,5
Regionaltåg	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Fjärrtåg	1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5
Från Citybanan	9
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Snabbpendeltåg	3
Från Cst	4,5
Regionaltåg	3
Fjärrtåg	1,5

Tabell 19 Trafikering för SA1 [Antal tåg]

SA2	
	Tm - Sub - Spå - Bkb Ö - S väst - Khä - Kån - Bro - Bål - Ep - Vå
Innerspår	9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9
Snabbpendeltåg	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Pendeltåg 1	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Pendeltåg 2	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Regionaltåg	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Fjärrtåg	1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5
Ytterspår	4,5 3 4,5 4,5 4,5 4,5 4,5 4,5 4,5
Regionaltåg	3 3 3 3 3 3 3 3 3
Fjärrtåg	1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5
Från Citybanan	9
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Snabbpendeltåg	3
Från Cst	4,5
Regionaltåg	3
Fjärrtåg	1,5

Tabell 20 Trafikering för SA2 [Antal tåg]

I SA2 blir Jakobsberg den framtida station Stockholm Väst och Barkarby station är kvar med samma funktion som den har idag. Detta medför att fjärr- och regionaltågen gör uppehåll i Jakobsberg i stället för i Barkarby.

Snabbpendel- och pendeltågen gör i båda alternativen uppehåll vid de båda stationerna Stockholm Väst och Barkarby. Se Tabell 20 ovan.

Genomförande

Denna delstudie är genomförd på samma sätt som delstudie 2, se avsnittet *Genomförande* i delstudie 2.

Resultat

De resultat som redovisas i detta avsnitt är tidtabelltider för de olika tågslagen, hur mycket slack som har lagts till på gångtiderna samt resultatet av den ostörda och störda simuleringen.

Restider

En sammanställning av restiderna för de olika tågslagen finns i Tabell 21 nedan. Beträffande mer detaljerade data för tidtabelltiderna se sida 2-3 i Bilaga 6.

		Pendeltåg 1	Pendeltåg 2	Snabbpendeltåg	Regionaltåg	Fjärrtåg
Cst-Vå	SA1	38:00	27:00	56:00	48:00	42:00
	SA2	35:00	24:00	56:00	48:00	42:00
Vå-cst	SA1	38:00	27:00	56:00	48:00	42:00
	SA2	35:00	24:00	56:00	48:00	42:00

Tabell 21 Sammanställning Restid för SA1 och SA2 [mm:ss]

Slack

Nedan i Tabell 22 framgår den slack som tidtabellskonstruktionen gav som resultat per alternativ och riktning för respektive tågslag.

		Pendeltåg 1	Pendeltåg 2	Snabbpendeltåg	Regionaltåg	Fjärrtåg
Cst-Vå	SA1	02:29	01:40	02:40	01:52	01:36
	SA2	02:35	01:46	02:40	01:58	01:42
Vå-cst	SA1	02:26	01:53	02:08	02:13	01:55
	SA2	02:36	01:54	02:08	02:33	02:05

Tabell 22 Sammanställning slack för SA1 och SA2 [mm:ss]

Simulering – Ostörd trafik

Resultatet för den ostörda simuleringen, se Tabell 23 nedan, visar att alla tåg kommer i rätt tid till slutstation både för SA1 och SA2. Detta innebär att tågen inte stör varandra och att tidtabellen är stabil vid ostörd trafik.

	Antal tåg	Rätt tid	1-5 min	6-10 min	>10 min
SA1	306	100%	0%	0%	0%
SA2	306	100%	0%	0%	0%

Tabell 23 Ostörd trafik för SA1 och SA2

Simulering – Störd trafik

Resultatet av den störda trafiken presenteras sammanställd i Tabell 24 nedan. För en mer utförlig tabell för varje delkörning rekommenderas Bilaga 6. Av tabellen framgår att både SA1 och SA2 har en positiv genomsnittlig återställningsförmåga på 7 % respektive 9 %, vilket betyder att tågen i de fallen klarar av att återhämta ingångs- och stationsförseningarna.

	Antal tåg	Ingång [s]	Utgång [s]	Återställning		Rätt tid	1-5 min	6-10 min	>10 min
				Median	Medel				
SA1	305,2	21967	20494	5%	7%	76%	17%	3%	4%
SA2	305,6	20791	18798	7%	9%	77%	16%	5%	2%
FA1	306	19892	17900	9%	9%	78%	16%	4%	3%

Tabell 24 Sammanställning störd trafik för SA1 och SA2

Kommentarer och slutsatser

De allmänna slutsatserna i denna delstudie är att de två olika stationsvarianterna som utvärderats inte påverkar kapaciteten på banan nämnvärt. Eftersom det var samma förutsättningar som i delstudie 2 var det även i detta fall svårt att skapa en bra tidtabell.

För SA1 kan konstateras att de två extra stopp som pendeltågen gör kan påverka kapaciteten negativt vid vissa störningar. I detta fall störs t ex snabbpendeltågen lättare genom att de får mindre marginal gentemot sitt framförvarande pendeltåg.

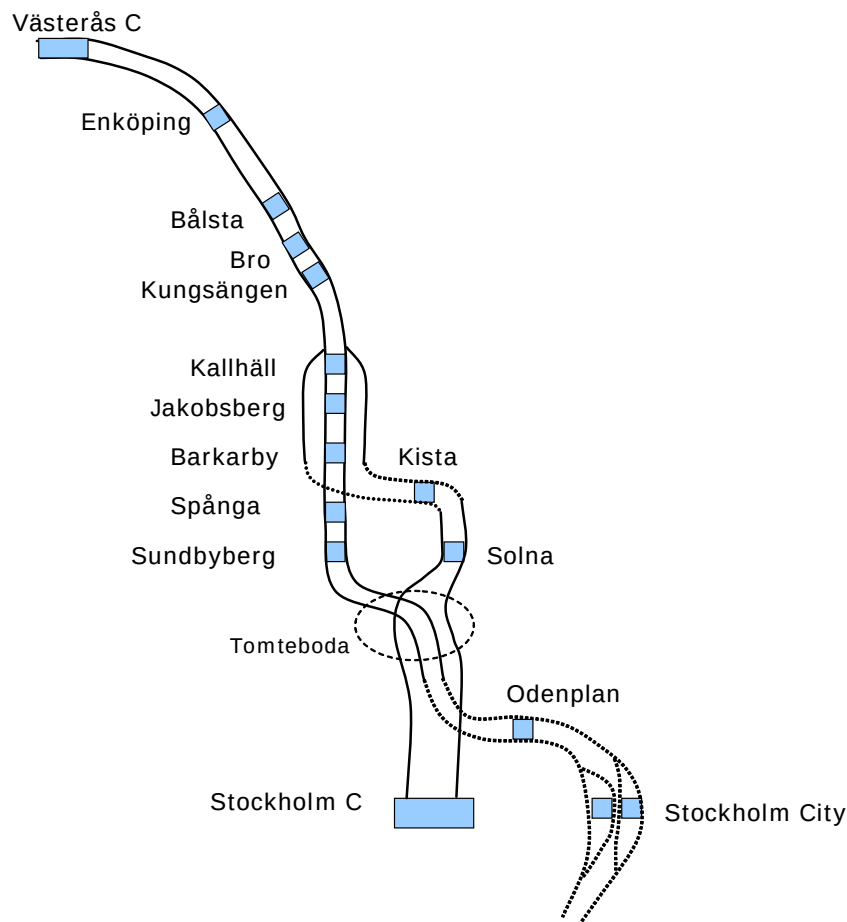
Rent allmänt kan sägas att ett ökat antal stopp på en dubbelspårsträcka med blandad trafik medför en försämrad kapacitet och ökad störningskänslighet. I detta fall är dock påverkan inte så stor eftersom de båda extra stoppen (vid Huvudsta och Solvalla) ligger på innerspåret på fyrspårsdelen.

I SA2 med den eventuella framtida stationen Stockholm Väst i Jakobsberg påverkas inte kapaciteten nämnvärt i jämförelse med FA1. Dock blir restiden 3 minuter längre för pendeltågen.

Delstudie 4, Analys av Kista korridor

Denna delstudie behandlar några olika lösningar baserade på Kista korridor. Tanken är att bygga en helt ny sträckning mellan Barkarby och Ostkustbanan istället för att bredda dagens Mälarbana till fyrspar. I Figur 20 nedan framgår att Kista korridor planeras med en station vid Kista samt att Ostkustbanan kommer att anslutas innan Solna. Därmed kommer även Solna station att kunna användas för resandeutbyte. Ostkust- och Mälarbanan sammanlänkas i Tomtebodas med Citybanan.

Syftet med denna delstudie är att utvärdera Kista korridor.

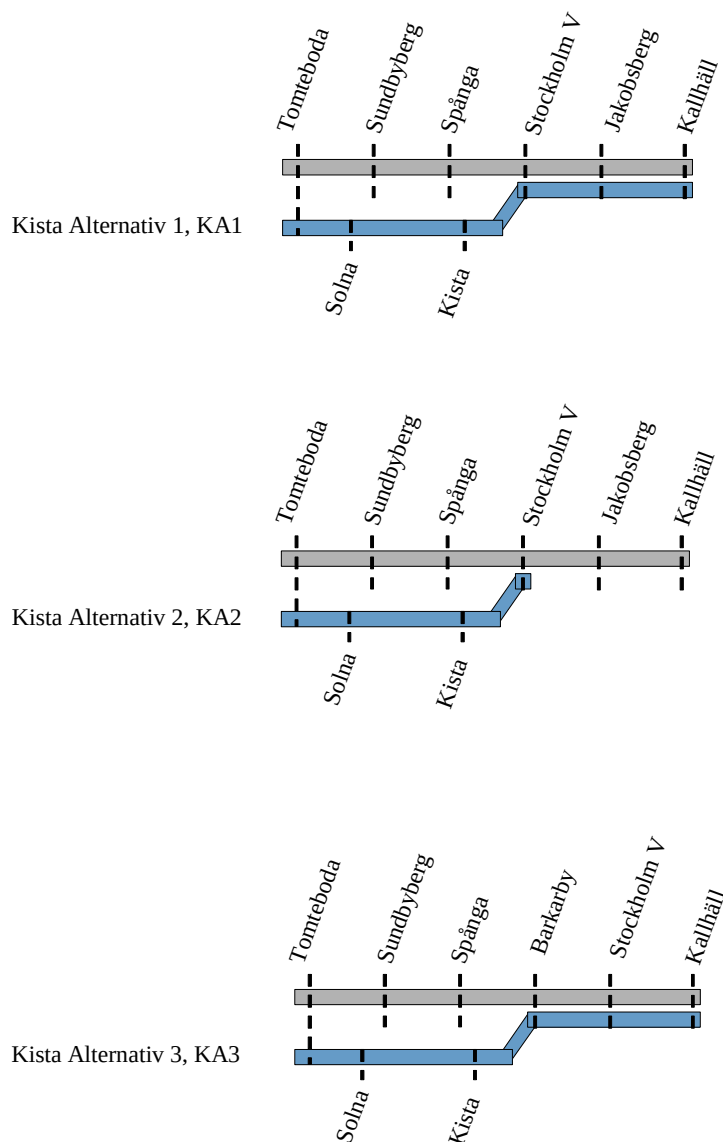


Figur 20 Skiss över Kista korridor, KA1

Preciserad frågeställning

Tre olika alternativa utformningar av Kistakorridoren, KA1, KA2 och KA3, har analyserats i denna delstudie. I Figur 21 nedan är de olika alternativen översiktligt beskrivna.

Frågeställningen är framförallt att undersöka hur dessa alternativ klarar den framtida trafiken, men i viss mån också att få ett jämförande perspektiv för de tidigare analyserade alternativen med en utbyggnad längs Mälarbanans befintliga korridor. Observera att för sträckan Solna – Tomtebodas har modellerats endast för tågen på Mälarbanan och att därmed ingen hänsyn tagits till eventuella infasningsproblem mot övrig trafik på ostkustbanan.

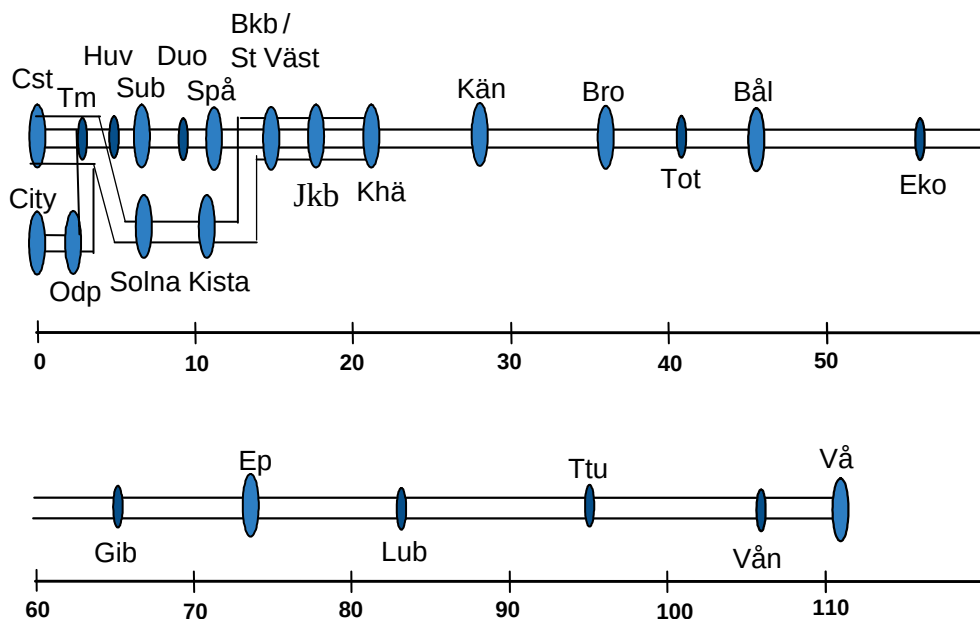


Figur 21 Beskrivning av Kista Alternativen

Förutsättningar

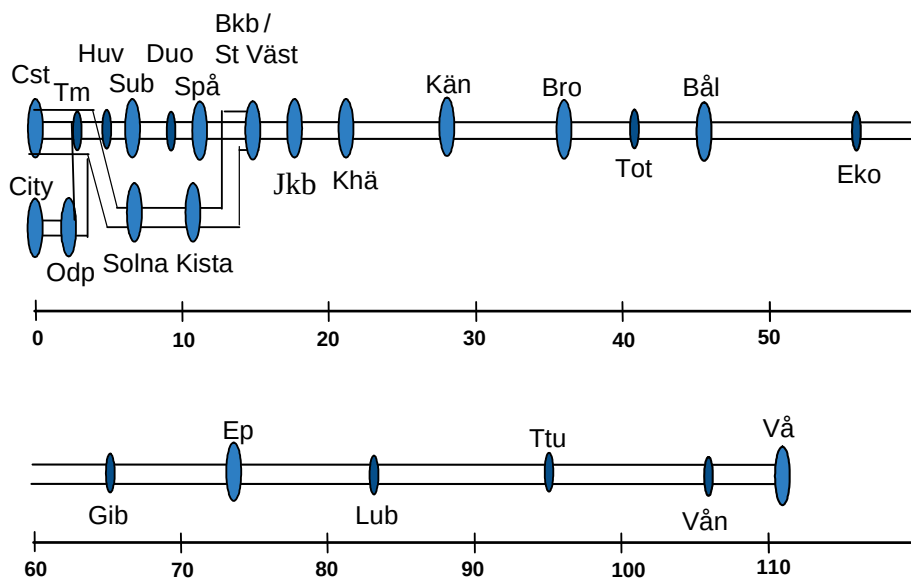
Banalternativen KA1, KA2 och KA3

Det första alternativet, KA1, har en bana enligt Figur 22 nedan. Det vill säga med fyrspåret uppdelat på två dubbelspårssträckor, Tomtebodavägen - Sundbyberg - Barkarby respektive en helt ny sträckning Tomtebodavägen - Solna - Kista - Barkarby och med fyrspår mellan Barkarby och Kallhäll. KA1 kan närmast jämföras med FA1.



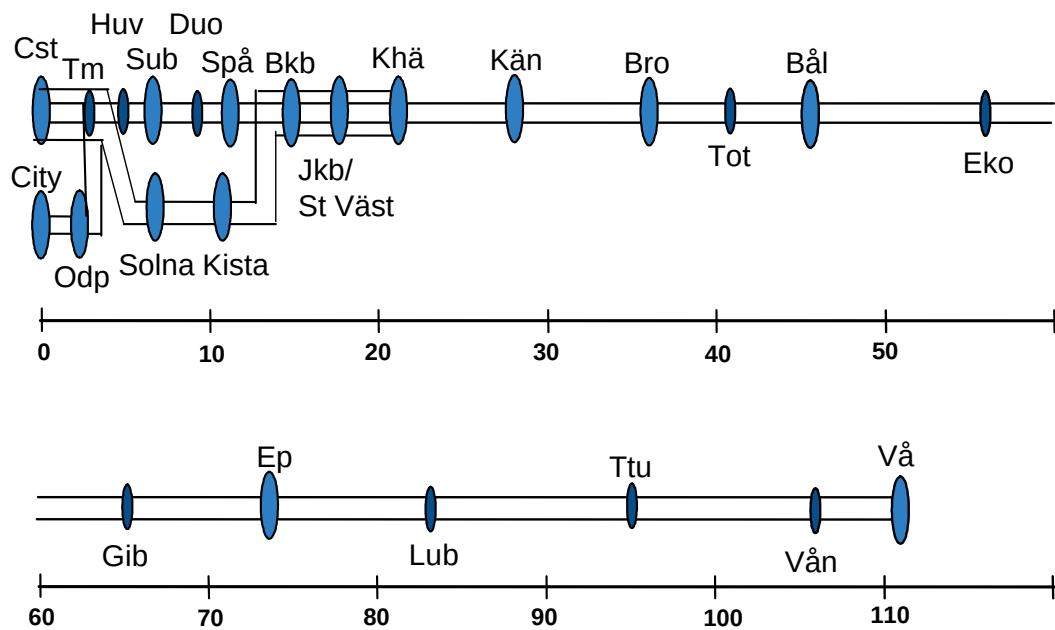
Figur 22 Banstruktur KA1

Alternativet KA2, se Figur 23, har samma omfattning som KA1 med den skillnaden att sträckan Stockholm Väst - Kallhäll endast har dubbelspår. Detta alternativ kan jämföras med FA2.



Figur 23 Banstruktur KA2

KA3, det tredje alternativet, är en variant av KA1 där den enda skillnaden är att Stockholm Väst placeras i Jakobsberg i stället för i Barkarby, vilket innebär förändringar av tågens uppehållsmönster. Se Figur 24 nedan.



Figur 24 Banstruktur KA3

Trafikering KA1, KA2 och KA3

De uppehållstider för varje tågslag som användes i studien är desamma som i delstudie 2.

Trafikeringen för de varianter som studerats i Kista korridor visas i tabellerna nedan.

KA1

	Tm	-	Sub	-	Spå	-	S väst	-	Jkb	-	Khä	-	Kän	-	Bro	-	Bål	-	Ep	-	Vå
Innerspår		7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	9	9	9	6	13,5	6	10,5	3	10,5	6	7,5	6	7,5	7,5
Snabbpendeltåg		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	3		3		3		3	3	3	3	3	3
Pendeltåg 1		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
Pendeltåg 2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
Regionaltåg												3		3		3		3	3	3	3
Fjärrtåg												1,5		1,5		1,5		1,5		1,5	1,5

	Tm	-	So	-	Kista	S väst	Jkb	Khä
Kistakorridoren		6	4,5	6	4,5	6	4,5	4,5
Snabbpendeltåg		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		
Regionaltåg		3	3	3	3	3	3	3
Fjärrtåg		1,5		1,5		1,5	1,5	1,5

Från Citybanan	9
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Snabbpendeltåg	3

Från Cst	4,5
Regionaltåg	3
Fjärrtåg	1,5

Tabell 25 Trafikering för KA1 [Antal tåg]

I Tabell 25 ovan visas trafikeringen för KA1. Av denna framgår att pendeltågerna och hälften av snabbpendeltågerna går på innerspår. Fjärr- och regionaltågerna samt hälften av snabbpendeltågerna går via den nya sträckningen förbi Solna och Kista.

KA2

	Tm	-	Sub	-	Spå	-	S väst	-	Jkb	-	Khä	-	Kän	-	Bro	-	Bål	-	Ep	-	Vå
Innerspår		7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	14	9	14	6	13,5	6	10,5	3	10,5	6	7,5	6	7,5	7,5
Snabbpendeltåg		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	3		3		3		3	3	3	3	3	3
Pendeltåg 1		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
Pendeltåg 2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
Regionaltåg								3		3		3		3		3		3	3	3	3
Fjärrtåg								1,5		1,5		1,5		1,5		1,5		1,5		1,5	1,5

	Tm	-	So	-	Kista	S väst
Kistakorridoren		6	4,5	6	4,5	6
Snabbpendeltåg		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Regionaltåg		3	3	3	3	3
Fjärrtåg		1,5		1,5		1,5

Från Citybanan	9
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Snabbpendeltåg	3

Från Cst	4,5
Regionaltåg	3
Fjärrtåg	1,5

Tabell 26 Trafikering för KA2 [Antal tåg]

I Tabell 26 på föregående sida visas trafikeringen för KA2. På samma sätt som för KA1 går hälften av snabbpendeltågen via innerspår i Befintlig korridor och hälften via Kista korridor. Pendeltågen går på innerspår till Stockholm Väst där fyrspåret slutar. Fjärr- och regionaltågen går via Kista. Stoppmönstret för Kistakorridoren innebär att både regional- och snabbpendeltågen gör uppehåll vid både Solna och Kista, vilket däremot inte fjärrtågen gör.

KA3

	Tm	-	Sub	-	Spå	-	Bkb Ö	-	S väst	-	Khä	-	Kän	-	Bro	-	Bål	-	Ep	-	Vä
Innerspår		7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	6	13,5	6	10,5	3	10,5	6	7,5	6	7,5	7,5
Snabbpendeltåg		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		3		3		3	3	3	3	3	3
Pendeltåg 1		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
Pendeltåg 2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
Regionaltåg												3		3		3		3	3	3	3
Fjärrtåg												1,5		1,5		1,5		1,5		1,5	1,5

	Tm	-	So	-	Kista		Bkb Ö		S väst		Khä
Kista korridoren		6	4,5	6	4,5	6		6	6	6	
Snabbpendeltåg		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		1,5	1,5	1,5	
Regionaltåg		3	3	3	3	3		3	3	3	
Fjärrtåg		1,5		1,5		1,5		1,5	1,5	1,5	

Från Citybanan	9
Pendeltåg 1	3
Pendeltåg 2	3
Snabbpendeltåg	3

Från Cst	4,5
Regionaltåg	3
Fjärrtåg	1,5

Tabell 27 Trafikering för KA3 [Antal tåg]

Av Tabell 27 ovan framgår att i KA3 så läggs Stockholm Väst i Jakobsberg vilket medför att endast de tåg som går på innerspår har stopp i Barkarby. På samma sätt som för KA1 framförs fjärr-, regional- och hälften av snabbtågen via Kista. Pendeltågen och den andra hälften av snabbpendeltågen går via Sundbyberg på dubbelspåret.

Genomförande

Denna delstudie är genomförd på samma sätt som delstudie 2, se avsnittet *Genomförande* i delstudie 2.

Resultat

De resultat som redovisas i detta avsnitt är restider (baserade på tidtabelltiderna) för de olika tågslagen, hur mycket slack som har lagts till på gångtiderna i tidtabelltiderna samt resultatet av den ostörda respektive störda simuleringen.

Restider

En sammanställning för restiden för de olika tågslagen per bana i respektive riktning kan ses i Tabell 28 nedan. För mer detaljerad data för tidtabelltiderna, se Bilaga 7. Notera att för snabbpendeltågen, varav hälften går via Kista och hälften via Sundbyberg, är restiden densamma förutom i KA3, där de snabbpendeltåg som går via Kista korridor inte gör uppehåll i Barkarby och därmed får en kortare restid.

		Pendeltåg 1	Pendeltåg 2	Snabbpendeltåg	Regionaltåg	Fjärrtåg
Cst-Vå	KA1	35:00	24:00	56:00	51:00	42:00
	KA2	35:00	24:00	56:00	51:00	42:00
	KA3	35:00	24:00	54:00;56:00	51:00	42:00
Vå-Cst	KA1	35:00	24:00	56:00	51:00	42:00
	KA2	35:00	24:00	56:00	51:00	42:00
	KA3	35:00	24:00	54:00;56:00	51:00	42:00

Tabell 28 Sammanställning av restiden för KA1, KA2 och KA3

[mm:ss]

Slack

Nedan i Tabell 29 visas den resulterande totala slacktiden för tidtabellen i respektive alternativ per tågslag och riktning. Den eftersträlvade slacktiden var ca 2 minuter.

		Pendeltåg 1	Pendeltåg 2	Snabbpendeltåg	Regionaltåg	Fjärrtåg
Cst-Vå	KA1	02:35	01:46	02:17	01:44	01:53
	KA2	02:35	01:46	02:17	01:44	01:53
	KA3	02:35	01:46	02:40;02:17	01:41	01:57
Vå-Cst	KA1	02:36	01:54	01:56	02:12	02:05
	KA2	02:36	01:54	01:56	02:12	02:05
	KA3	02:36	01:54	02:19;01:56	01:46	02:04

Tabell 29 Sammanställning av slacktiden för KA1, KA2 och KA3

[mm:ss]

Simulering – Ostörd trafik

Resultatet av de ostörda simuleringarna, se Tabell 30 nedan, visar att för KA1 är alla tåg i rätt tid vilket betyder att tågen inte påverkar varandra. I KA2 var det inte möjligt att skapa en störningsfri tidtabell vilket tar sig uttryck i att 11 % av tågen inte kommer i rätt tid. Också i KA3 är tidtabellen stabil.

	Antal tåg	Rätt tid	1-5 min	6-10 min	>10 min
KA1	308	100%	0%	0%	0%
KA2	308	89%	11%	0%	0%
KA3	308	100%	0%	0%	0%

Tabell 30 Sammanställning ostörd trafik

Simulering – Störd trafik

Resultatet av de störda simuleringskörningarna presenteras i Tabell 31 nedan. För utförligare resultat för varje delkörning rekommenderas Bilaga 7. Återställningsförmågan för KA1 är något negativ vilket innebär att systemet inte riktigt klarar av att återhämta sig. För KA2 gäller att återställningsförmågan är hela -56 % vilket kan sammanfattas med att systemet inte klarar en "normalförsenad" trafik. KA3 har den bästa återställningsförmågan av dessa tre.

				Återställning		Rätt tid	1-5 min	6-10 min	>10 min
	Antal tåg	Ingång [s]	Utgång [s]	Median	Medel				
KA1	306,2	20771	21409	-3%	-4%	73%	21%	4%	3%
KA2	306	20766	32245	-54%	-56%	57%	32%	5%	5%
KA3	307,4	21434	20255	5%	5%	72%	21%	5%	2%

Tabell 31 Sammanställning störd trafik

Kommentarer och slutsatser

För Kistakorridoren var det på samma sätt som i de tidigare delstudierna problem med tidtabellskonstruktionen. För KA1-KA3 var det från början tänkt att framföra alla snabbpendeltågen via Kista korridor, men det visade sig inte vara möjligt eftersom fjärrtågen behöver utnyttja en omkörning av snabbpendeltågen på sträckan mellan Kallhäll-Tomtebodan. En lösning på detta problem blev att framföra varannat snabbpendeltåg via Sundbyberg i stället. Det blev då möjligt att konstruera en störningsfri tidtabell. Det bör dock poängteras att marginalerna i denna är små och att den därför är störningskänslig. Det stora antalet lösningar av olika slag som finns medför också att möjligheterna att förändra tidtabellen är begränsade.

I jämförelse med FA1 var återställningsförmågan för KA1 något sämre. Detta beror troligtvis på att hälften av snabbpendeltågen går via Kista och att ytterspårarna därför har fått mer trafik i KA1 än i FA1.

För KA2, där sträckan Stockholm Väst - Kallhäll endast har dubbelspår, är det inte lika lätt att skapa en fungerande tidtabell. Liksom för FA2 krävs det att omkörningssträckan påbörjas någonstans mellan Kallhäll och Barkarby för tåg i riktning mot Stockholm och det omöjliggörs av att det endast är dubbelspår där. Återställningsförmågan för KA2 är också något sämre än för FA2 vilket även i detta fall troligen beror på att hälften av snabbpendeltågen förts över till ytterspårarna.

I KA3, med Stockholm Väst placerad i Jakobsberg i stället för i Barkarby och i övrigt med samma utformning av banan som i KA1, påverkas inte kapaciteten nämnvärt i jämförelse med KA1. Dock är återställningsförmågan något bättre för KA3 vilket kan förklaras av att det är ett stopp mindre i jämförelse med KA1. Återställningsförmågan för KA3 är av samma skäl som nämnts ovan något sämre än för SA2.

För alternativen i Kista korridor gäller generellt att dessa trafikmässigt fungerar något sämre än motsvarande alternativ i befintlig korridor. Det beror framförallt på en något annorlunda användning av de s k snabbpendeltågen, vilka här i större utsträckning blandas med fjärr- och regionalståg. Till viss del kan det också bero på att sträckan är något längre, har en högre sth och att regionalstågen har ett extra stopp jämfört med i befintlig korridor.

För alternativen i Kista korridor gäller att den vid lokala störningar, t ex stopp på ett pendeltågsspår, inte är flexibel på samma sätt som ett sammanhållet fyrspår är. Med ett sammanhållet fyrspår kan ytterspåren i krislägen även användas av pendeltågen och vice versa. Vid ”större” störningar däremot, som t ex urspårade gasolvagnar eller dylikt, är det en fördel med ett uppdelat fyrspår eftersom trafiken då kan fortsätta om än i begränsad omfattning.

Naturligtvis finns också andra positiva faktorer med Kistakorridoren, som t ex att Stor-Stockholms trafiknät utvidgas och får fler förbindelser till viktiga områden. Dessa fördelar ligger dock på ett annat plan än de som detta arbete omfattar.

Fortsatt arbete

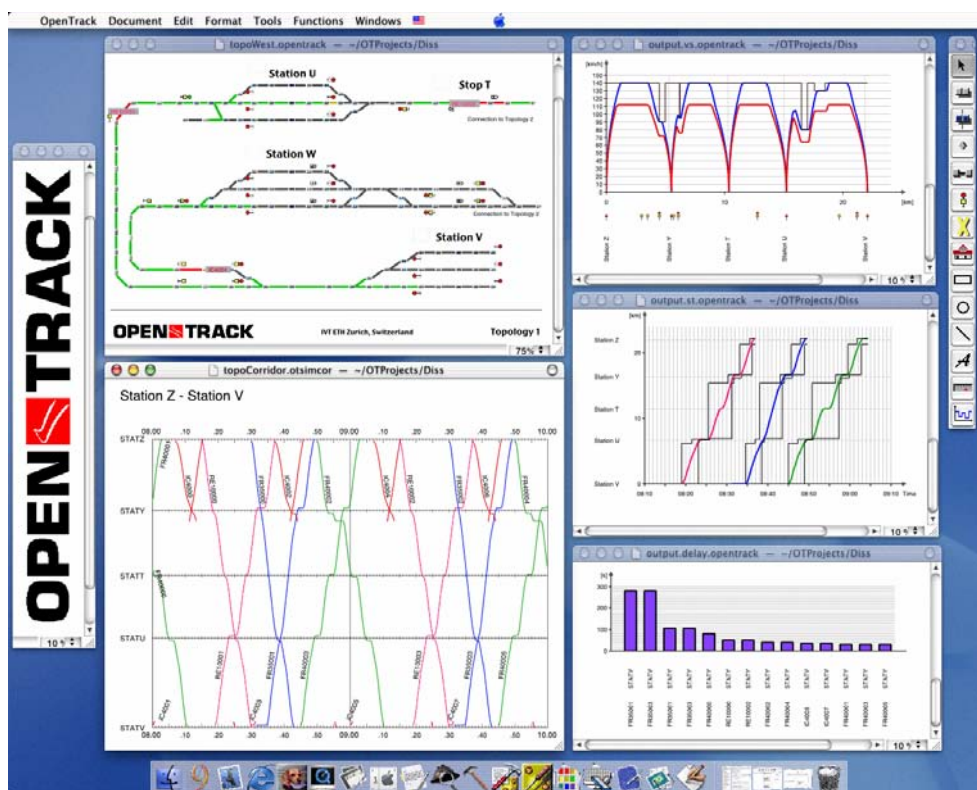
Under arbetets gång med förstudien och kapacitetsutredningen har konstaterats att det finns ytterligare alternativ som kan vara intressanta att studera vidare i kommande utredningar.

- ❖ Ytterligare varianter av trafikupplägg bör studeras, d.v.s. förändringar i den framtida trafikeringen görs medan de fysiska utbyggnadsalternativen kvarstår oförändrade.
 - o En variant är att samtliga föreslagna pendeltåg (stommen) enbart går till Kungsängen eller Kallhäll och vänder där istället för i Bålsta. Detta innebär att övriga tågslag, framförallt regionaltåg och snabbpendeltåg (i rusningen), får i uppgift att sköta resandet för både Bro och Bålsta.
 - o Det föreslagna trafikupplägget innehåller många lösningar med varierande tågtyper, största tillåtna hastighet, uppehållsbild etc. I det fortsatta arbetet bör alternativa trafikeringsupplägg med färre antal tågslag prövas, speciellt på sträckan Kallhäll - Bålsta. Går det att renodla och få en mer homogen trafikering? Kan exempelvis snabbpendeltågen utgå och ersättas av regionaltåg? Kan snabbtågen köras som regionaltåg på den aktuella sträckan Västerås – Stockholm?
- ❖ Vilka systemeffekter får en framtida Mälarbana? Hur påverkas pendeltågstrafiken till Västerhaninge och Nynäshamn? Uppstår problem på Ostkustbanan med Kista korridor? Stor-Stockholms trafiksystem består av många samverkande delar och bör naturligtvis studeras ytterligare utifrån detta perspektiv.
- ❖ En annan viktig fråga som bör belysas är godstrafikens möjlighet att trafikera Mälarbanan. Vilka åtgärder behöver genomföras för att godstrafik skall kunna bedrivas utanför rusningstid? Behövs utrymme för godståg även under rusningstid som kan medföra ett behov av kompletterande förbigångsspår etc.?
- ❖ I det fortsatta arbetet är det även viktigt att studera hur tågtrafiken på Mälarbanan kan klaras under en byggnadstid. I vilken omfattning och under vilka tider på dygnet måste tågtrafiken kunna framföras? Vilka provisoriska åtgärder behöver vidtas i järnvägssystemet?

Simuleringsverktyget OpenTrack

OpenTrack är ett nytt, modernt verktyg för tågtrafiksimulering som utvecklats vid ETH i Schweiz. Banverket Projektering införskaffade OpenTrack under 2004 och programmet har använts i ett antal projekt. Användningsområdena för programmet är att kunna simulera både hela linjesträckor med olika trafikupplägg t ex i tidiga skeden och bangårdar med detaljerade avbildningar av ban- och signalsystem.

Utdata från verktyget OpenTrack presenteras på ett enkelt och lättförståeligt sätt med hjälp av illustrativa diagram. Se Figur 25 nedan.



Figur 25 Simuleringsverktyget OpenTrack

ATC2 kan redan idag avbildas i OpenTrack med en rimlig noggrannhet vad gäller dubbel- och flerspår. I OpenTrack kan man redan nu också avbilda det framtida signalsystem inom ramen för ETCS/ERTMS. Både tågrörelser samt växlingsrörelser kan simuleras vilket är en styrka vid i arbetet med stationsområden.