

Kapacitetsanalys för Södertunneln år 2020 samt HH- scenario



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Teknik och samhälle

Examensarbete:
Cane Alwén
Goran Djuric

© Copyright Cane Alwén, Goran Djuric

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTHSchool of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2011

Sammanfattning

För att kunna uppnå miljö kvalitetsmålen så krävs det att utsläppen minskar, framförallt koldioxidutsläppen från vägtrafiken. Ett steg i rätt riktning, sett ur ett miljöperspektiv, är att öka användningen av eldriven järnvägstrafik. Det innebär att det krävs ett väl utbyggt samt fungerande järnvägsnät som är anpassat efter dem Europiska normerna. Det behövs för att kunna motivera samt klara av ökat tågresa. Utbyggnaden av Södertunneln är just ett sådant projekt.

Det betyder att man vill på ett tämligen enkelt sett snabbt och effektivt kunna utföra någon form av kapacitetsanalys för att kunna bedöma effekten av en infrastrukturåtgärd. Ett program som klarar av en sådan uppgift är simuleringsverktyget OpenTrack, med vars hjälp man kan få ut många olika svar rörande järnvägstrafik. Därav har OpenTrack varit det mest värdefulla hjälpmedlet (utöver den mänskliga faktorn förstås) för att kunna utföra beräkningar rörande kapacitet.

Processen i OpenTrack. Först behövs indata av olika slag, som till exempel tågtyper och infrastruktur. Därefter kan man utföra simuleringar och få fram utdata i form av diagram och tabeller.

Denna studie har utrett hur kapaciteten kommer att påverkas för år 2020 samt översiktligt analyserat kapaciteten för ett HH – scenario. Utöver det har vi även översiktligt skrivit om ett byggtidsscenario samt ett framtidsscenario. Prioritering har framförallt legat på att få fram belägningsgraden inne på Helsingborgs driftplats samt systemets återställningsförmåga under högtrafiken. Anledningen är att om systemet fungerar under högtrafik kommer det även att fungera dem övriga timmarna, om inte något exceptionellt oväntat inträffar. Tidtabellupplägget vi har utgått ifrån är hämtat från Skånetrafiken.

Tidtabellen för år 2020 medför att man får en extremt hög belägningsgrad, över 90% på tre av spåren inne på Helsingborgs driftplats. Det gäller under högtrafik. Det innebär att en omfördelning av tågtrafiken till andra spår på grund av uppkomna förseningar inte är möjlig. Uppstår det konsekvenser i ett sådant scenario kan det komma att resultera i stora samhällsekonomiska kostnader. Återställningsförmågan för tidtabellen gällande år 2020, i högtrafik, är negativ vilket innebär att förseningar inte kommer att kunna tas igen, utan kommer istället att sprida sig vidare i nätet. Den sämre återhämtningsförmågan år 2020 beror framförallt på ökad tågtrafik norr om Helsingborg C.

Tidtabellen för HH-scenariot innebär att belägningsgraden kommer att vara under 80%, även under högtrafik. Det gäller *endast* om de antagna infrastrukturåtgärderna är färdigställda.

Nyckelord: OpenTrack, kapacitet, analys, belägningsgrad, återställningsförmåga och tidtabell.

Abstract

In order to achieve the environmental quality goals it is required to reduce emissions, particularly carbon dioxide emissions from road transport. A step in the right direction, from an environmental perspective, is to increase the use of electric railway. This means that a well-developed and functioning network that is customized to the European standards is required in order to motivate and manage increased travels by train. The expansion of Södertunneln is precisely such a project.

This means that you want, in a practically easy way, to quickly and efficiently carry out some form of capacity analysis to determine the effect of an infrastructure measure. A program that can handle such a task is the simulation tool OpenTrack, with the help of which you can get many different answers on rail trafficking. That is why OpenTrack has been the most valuable means (in addition to the human factor, of course) to perform calculations regarding capacity.

The process of OpenTrack. First of you will need input of various kinds, such as types of train and infrastructure. Then one can perform simulations and produce output in the form of graphs and tables.

This study has investigated how the capacity will be affected for the year 2020 and briefly analyzed the capacity of a HH-case scenario. In addition, we also briefly wrote on a construction time scenario and a scenario of the future. Priority has mainly been on obtaining the occupancy inside the Helsingborg station, and the system recovery capability during peak traffic hours. The reason is that if the system is functioning at peak traffic hours, it will also be able to functioning the other hours, if not an exceptional unexpected thing occur. The timetable set-up we have emanated from is taken from Skånetrafiken.

The schedule for year 2020 means that you get an extremely high occupancy rate, over 90% on three of the tracks included in Helsingborg station, particularly during peak traffic hours. This means that the redistribution of trains to other tracks because of resulting delays is not possible. If it emerges consequences in such a scenario, it might result in large national economic costs. For the schedule in force year 2020 the recovery ability, at peak traffic hours, is negative, which means that delays will not be caught up, but will instead be spread further in the network. The lower recovery ability in year 2020 is primarily due to increased train traffic north of Helsingborg C.

The timetable for the HH-case scenario means that the occupancy rate will be

below 80%, even during peak traffic hours. This applies only if the adopted infrastructure measures are completed.

Keywords: OpenTrack, capacity, analysis, occupancy, recovery ability and timetable.

Förord

Denna studie är ett examensarbete som avslutar en treårig ingenjörsutbildning med inriktning mot järnvägsteknik på Lunds Tekniska Högskola. Vi har gemensamt skrivit och redigerat allt material till vårt arbete.

Detta arbete har utförts i samarbete med Tyréns i Kristianstad och Malmö.

Vi vill varmt tacka Peter Andersson och Martin Jiwestam som har fungerat som våra tekniska handledare samt alla andra som har bidragit med hjälp och idéer.

Vi vill också tacka vår examinator Thomas Jonsson.

Innehållsförteckning

1 Definitioner av termer	1
2 Inledning	4
2.1 Bakgrund	4
2.1.1 Fyrstegsprincipen	6
2.1.2 Södertunneln	6
2.1.3 HH – förbindelsen	7
2.2 Syfte	7
2.3 Metodik	8
2.4 Avgränsningar	8
3 Förutsättningar	10
3.1 Infrastruktur	10
3.1.1 Västkustbanan.....	11
3.1.2 Helsingborg C.....	12
3.1.3 Skånebanan.....	12
3.1.4 Rååbanan	13
3.1.5 Godsstråket genom Skåne.....	14
3.2 Förutsättningar och alternativ för den framtida HH – förbindelsen	14
3.2.1 HH – förbindelsen	15
3.2.2 HH 1.....	15
3.2.3 HH 2.....	16
3.2.4 HH 3.....	17
3.2.5 HH 4.....	18
4 Metod	19
4.1 Simuleringsverktyget OpenTrack	19
4.2 Kapacitetsberäkningar	20
4.3 Trafikverkets matematiska beräkningsmodell	22
4.4 Arbetsmetodik och olika data som kan fås med OpenTrack	24
4.4.1 OpenTracks styrkor och svagheter för vår analys	31
4.5 Uppbyggnad av Helsingborgs driftplats	31
4.6 Uppbyggnad av Greve driftplats	34
5 Analys för de olika framtidsplanerna	35
5.1 Tågtyper	36
5.2 Tidtabeller och uppehållstider	37
5.3 Trafikscenarion	37
5.3.1 Byggtidsscenario	38
5.3.2 Basscenario	39
5.3.3 HH – scenario	40

5.3.4 Framtidsscenario	41
6 Kapacitetsanalys basscenario 2020 och resultat	43
6.1 Tidtabell	43
6.1.1 Fördelar och nackdelar	46
6.2 Resultat och åtgärder	47
6.2.1 Återställningsförmåga	49
6.2.2 Godsstråket genom Skåne	50
7 Kapacitetsanalys HH – scenario.....	51
7.1 Tid och trafik.....	51
7.2 Belägningsgraden för ett HH – scenario.....	52
7.3 Jämförelse mellan de olika HH – alternativen	53
8 Förslag på åtgärder	55
8.1 Steg 1	55
8.2 Steg 2	55
8.3 Steg 3	55
8.4 Steg 4	56
8.4.1 Åtgärder på Skånebanan	56
8.4.2 Dubbelspår norr om Helsingborg C	56
8.4.3 Åtgärder vid Ramlösa driftplats.....	56
8.4.4 Förbigångsspår på Västkustbanan	57
8.4.5 Maria – Helsingborg C	58
9 Slutsats.....	59
10 Källförteckning	60
11 Bilagor	62
11.1 Bilaga 1 – Arbetsgång för simulering i OpenTrack	62
11.2 Bilaga 2 – Exempel på tågdata i OpenTrack.....	63
11.3 Bilaga 3 – Bandata i Excel (från BIS) innan bearbetning ...	64
11.4 Bilaga 4 – Bandata i Excel efter bearbetning (för inläsning i OpenTrack).....	65
11.5 Bilaga 5 – Tidtabell i OpenTrack	66
11.6 Bilaga 6 – Förarbete i Excel gällande plattformsutnyttjande	67
11.7 Bilaga 7 – Instruktionsritning över Helsingborgs driftplats för år 2020.....	68

1 Definitioner av termer

BIS:

BIS (BanInformationsSystem) är Trafikverkets datasystem för att lagra och hämta information om banrelaterade anläggningar och händelser.

Course:

En course består av en eller flera itineraries där man kan ange prioriteringsgraden. Anledningen till att man kan ha flera itineraries är för att tåget ska ha möjlighet att välja andra färdalternativ ifall det har uppstått ett problem som omöjliggör att tåget ska färdas i den tänkta riktningen. Exempel på en itinerary är Helsingborg – Grevie.

Driftplats:

Trafikverkets nya definition utav station.

Dubbelbemanning:

Innebär att man har en lokförare i vardera änden av tåget så att man kan korta ner tiden det tar för att byta körriktning.

Edge:

Edgen är linjen mellan noderna och kan ses som sektioner av järnvägsspåret. I edgesen anger man egenskaper som avstånd, lutning och kurvradie.

Europabanan:

En planerad järnvägsförbindelse för höghastighetståg mellan Stockholm och Hamburg.

Fjärrblockering:

Fjärrblockering innebär att den automatiska linjeblockeringen fjärrstyrs.

HH:

En planerad förbindelse mellan Helsingborg – Helsingör.

Itinerary:

Itineraries bildar man genom att ”koppla ihop paths”. En itinerary är också en tågväg men inte den tågväg som läggs utav tåget, utan man kan säga att det är hela tågresan, alltså från start till slut. Itineraries används för att kunna skapa courses.

Kryssväxel:

En kryssväxel utgör en korsande förbindelse mellan två parallella spår.

Linjeblockering:

Är ett säkerhetssystem för järnvägar och innebär att om ett tåg befinner sig på en spårsträcka, så blockeras andra tåg från att komma in på samma sträcka.

Nod (Vertex):

En nod innehåller information om banan där åtminstone en banegenskap ändras, exempelvis lutning, hastighet och kurvradie. Noderna kan även representera enskilda objekt så som signaler och baliser. Varje nod har information om dess position, alltså kilometerangivelse.

Path:

En path bildar man med hjälp av att ”sätta ihop” routes. Pathen kan man enklast beskriva som en tågväg, det vill säga det tåget lägger medan den kör. En path kan vara lika kort som en route men kan även göras hur lång som helst. Dock måste man se upp med att göra den allt för lång eftersom den tågvägen då kan blockera andra tågvägar i simuleringen och hindra dem från att ankomma i rätt tid.

Pågatåg:

Är lokaltågen inom Region Skåne. Finns en äldre och en nyare version. Båda är lilafärgade.

Ramplutning:

Kan ses som *vridningen*. Är en spårdel där den anordnade rälsförhöjningen kontinuerligt ökar eller minskar.

Route:

En route är en sträcka som läggs från en signal till en annan signal. I routes kan man ange olika inställningar, exempelvis att man tillåter att ett tåg får köra in i en belagd blocksträcka. Det är en väsentlig inställning som används för driftplatser.

Station vertex:

Station vertex är en nod som är avsedd för driftplatser. Den måste ha en tydligt markerad referenspunkt eftersom programmet skall känna av när tåget kommer in och avgår. Syftet med att ha station vertices är att tiden för en course registreras och kommer med i simuleringen, vilket innebär att en course måste passera minst en station vertex. De skall finnas på varje driftplats, minst ett styck per spår.

Sth:

Förkortning för största tillåtna hastighet.

UIC:

Internationella Järnvägsunionen. Är en sammanslutning för järnvägsoperatörer främst i Europa.

Västkustbanan (Vkb):

Järnvägsförbindelse mellan Lund och Göteborg.

Öresundståg:

Är ett nät av regional tågtrafik i Öresundsregionen. Är gråfärgade.

Övergångskurva:

På linjen och i huvudtågspår skall övergångskurva anordnas där cirkulär kurva ansluter till rakspår eller till annan cirkulärkurva.

2 Inledning

Järnvägen är ett väldigt säkert och miljövänligt transportsätt. Det är med andra ord ett transportsätt som hjälper till att bidra till en mer hållbar utveckling för kommande generationer. I dagsläget är många av de svenska spåren i dåligt skick eftersom underhållet på dem är eftersatt. Samtidigt ökar efterfrågan för både person- och godstrafik. Det innebär att man måste rusta upp och underhålla de äldre spåren samtidigt som investeringar måste göras på att bygga nya spår. Detta kan dock vara svårt att motivera för de politiska ledarna. Därför måste man på ett lättbegripligt och övertygande sätt kunna redovisa att ett projekt blir samhällsekonomiskt och finansiellt hållbart. Det kan göras till exempel med hjälp av olika simuleringsverktyg.

Vi har tittat närmare på projektet Södertunneln och plattformsutnyttjandet på Helsingborgs driftplats. Det planerade tidtabellsupplägget som Skånetrafiken lagt fram måste undersökas. Anledningen är att tidtabellen med största sannolikhet kommer att innebära platsbrist för tågtrafiken inne på Helsingborgs driftplats. Det blir ju fler tåg som kommer att konkurrera om plats på driftplatsen när projektet är färdigställt. Uppstår det platsbrist inne på driftplatsen kan det medföra många förseningsminuter för tågtrafiken och därmed inte anses vara samhällsekonomiskt hållbart. Vi har använt oss av simuleringsverktyget OpenTrack för att se över om Skånetrafikens tidtabellsupplägg är möjligt att genomföra.

2.1 Bakgrund

Idag transporterar vi varor mer än någonsin. Detta påverkar miljön negativt på grund av utsläpp i form av föroreningar så som koldioxid samt andra växthusgaser och anses som ett av mänsklighetens största globala hot idag samt i framtiden. För att minska transportsektorns utsläpp av växthusgaser, framförallt koldioxid, bör man satsa på transportmedel som kan uppfylla de kraven. I dagens läge är det just det eldrivna tåget som är det ledande transportmedlet när det gäller minsta möjliga utsläpp av växthusgaser, vilket kan ses i figur 1.

Transportslag	CO ₂ gram/ personkm
Buss diesel ny (medelbeläggning 30%)	75
Eldrivet Lokaltåg (medelbeläggning 50%)	0,0071
Personbil bensin MK2005 (medelbeläggning 2 pers)	104
Personbil diesel 2005 (medelbeläggning 2 pers)	84

Figur 1: Koldioxidutsläpp för olika transportslag. Lagg framförallt märke till det eldrivna lokaltågets låga koldioxidutsläpp. Informationen är hämtad från Nätverket för Transporter och Miljön (NTM).

Omkring 85 procent av den totala inhemska godstransportvolymen transporteras med lastbil. Man kan förbättra dagens godstransport med lastbilar genom att öka fordonens fyllningsgrad och på så sätt förbättra energieffektiviteten. Ett annat alternativ och betydligt bättre är att föra över mer gods från väg till järnväg.

Valet av transportalternativ är bland annat beroende på infrastrukturens kapacitet. Vi måste därför satsa på järnvägen för att den skall ha någon chans att konkurrera med vägtransporter.

Efterfrågan på järnvägskapacitet har ökat mycket för både gods och persontrafik vilket är väldigt positivt. Därför finns det nu en stor möjlighet att göra en omställning av vårt transportsystem mot en mer hållbar riktning samtidigt som tillväxten gynnas.

Infrastrukturen skall planeras och byggas enligt den så kallade ”Fyrstegsprincipen” som beskrivs utförligare under nästa rubrik. Fyrstegsprincipens andra steg handlar om åtgärder som ger effektivare utnyttjande av befintligt infrastruktur och fordon. En utmaning i branschen är därför att hitta verktyg och metoder för att kunna föreslå åtgärder inom befintlig infrastruktur.

Användandet av simulering som analytiskt verktyg får allt större utbredningsområde i takt med att möjligheterna att avbilda verkliga tekniska system blir allt större. I tekniska system finns det ofta behov av att studera konsekvensen av föreslagna åtgärder och systemlösningar innan de genomförs. Programmet OpenTrack är ett simuleringsverktyg som kan användas i just sådana syften.

Genom att utreda bästa möjliga sätt att utnyttja den befintliga järnvägen och dess kapacitet går det att göra värderingar över var investeringar gör mest nytta.

2.1.1 Fyrstegsprincipen

Fyrstegsprincipen är en planeringsmetod för att hushålla med resurser och minska vägtransportsystemets miljöpåverkan men bör ses som ett allmänt förhållningssätt i åtgärdsanalyser. Fyrstegsprincipen kan alltså även användas för järnvägstrafik. De fyra stegen innebär att åtgärder ska analyseras i följande ordning:

1. Åtgärder som kan påverka transportbehovet och val av transportsätt. Detta innebär planering, styrning, reglering och information i syfte att minska transportefterfrågan eller föra över trafik till mindre utrymmeskrävande, säkrare eller miljövänligare transportsystem.
2. Åtgärder som ger effektivare utnyttjande av befintligt järnvägsnät och fordon. Omfattar insatser inom planering, styrning, reglering, påverkan och information riktade till järnvägstransportsystemets komponenter i syfte att kunna nyttja den befintliga infrastrukturen mer effektivt.
3. Begränsade ombyggnadsåtgärder. Rymmer investeringar i till exempel signalsystem eller i banunderbyggnad för att nå en bättre punktlighet.
4. Nyinvesteringar och större ombyggnadsåtgärder. Innebär större investeringar exempelvis utbyggnader från dubbelspår till fyrspår, nya mötesdriftplatser etcetera. Normalt krävs åtgärder från flera av stegen för att lösa ett problem.

Normalt krävs åtgärder från flera av stegen för att lösa ett problem (Vägverket).

2.1.2 Södertunneln

Helsingborgs stad växer och behöver byggas ut samt även upprustas och förnyas. Ett projekt för att åstadkomma en stadsförnyelse av Helsingborgs stad är H+. Idag går både en järnväg och en väg genom södra stadsdelen som utgör en barriär till havet. Helsingborgs stad vill sänka ner järnvägen i en tunnel (vilket då blir Södertunneln) och leda om vägen för att binda ihop centrum med de södra stadsdelarna. Då kan man skapa en sammanhållen stad eftersom

det blir möjligt att binda ihop stadsdelen Söder, dagens centrum och det nya området H+. Järnvägsprojektet Södertunneln kommer att bli 1,3 kilometer lång från Helsingborgs C Knutpunkten (som redan är under mark) till strax norr om Helsingborgs godsbangård.

Man räknar med att få ökad tågtrafik i framtiden till följd av H+ projektet. Därav är analysen av stort intresse då det ger en mycket god uppfattning om hur kapaciteten kommer att påverkas för Södertunneln (Trafikverket 1).

2.1.3 HH – förbindelsen

HH – projektet drivs av Skånetrafiken och innebär en fast förbindelse mellan Helsingborg och Helsingör. Öresundsbron (Malmö – Köpenhamn) har snart nått sin kapacitetsgräns gällande tågtrafiken, dessutom förväntas ännu mer trafik i framtiden. När Fehmarn – Bält bron mellan Tyskland och Danmark är klar år 2018 kommer det krävas betydligt mer kapacitet på järnvägen. Därför blir HH – förbindelsen en väldigt bra lösning som kommer att säkerställa snabba och säkra transporter. Därtill blir det mer attraktivt för både person- och godstransporter på järnvägen vilket främjar miljön och samhället. För att projektet ska anses lyckat i framtiden får det inte uppstå kapacitetsbrist inne på Helsingborgs driftplats. Ett lyckat projekt kommer även att gynna hela Öresundsregionen och dess tillväxt (Region Skåne).

2.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att utföra en kapacitetsanalys för Södertunneln i Helsingborg C år 2020 då anläggningen ska vara färdigställd. Det i sin tur innebär att vi kommer att arbeta fram uppgifter för beläggingsgrad samt även kontrollera systemets återställningsförmåga för olika förseningsscenarioer.

Stor del av arbetet kommer att utföras med hjälp av simuleringsverktyget OpenTrack. Därav ska vi även finna nya metoder för att underlätta arbetsgången vid användandet av OpenTrack.

Beläggingsgraden samt systemets återställningsförmåga kommer även att användas för att göra en tidtabellsanalys på Skånetrafikens tidtabellläggning. Vi kommer då att identifiera vilka problem som uppstår och då komma med förslag på hur man skulle kunna förbättra tidtabellsupplägget.

Vi kommer också att göra en kortare översiktlig kapacitetsanalys på ett HH – scenario (Helsingborg – Helsingör förbindelsen år 2030) där vi beräknar fram beläggningsgraden.

Utifrån kapacitetsberäkningarna och tidtabellsstudierna kommer eventuella brister att bedömas utifrån fyrstegsprincipen och resultera i ett åtgärdsförslag där respektive steg i fyrstegsprincipen värderas.

2.3 Metodik

Kapacitetsanalysen kommer till stor del att genomföras med simuleringsverktyget OpenTrack men också med hjälp av tidtabellsstudier. För kapacitetsanalysen kommer olika scenarier att byggas upp med infrastruktur och tidtabeller. De olika scenarierna kommer att utgå från Skånetrafikens förslag på infrastruktur och tidtabeller som finns angivet i Tågstrategi 2037 (2007).

På kritiska sträckor kommer simuleringsmodellen detaljeras för att till exempel kunna identifiera flaskhalsar och hårt belastade noder. Dessa kritiska punkter kan till exempel vara Västkustbanan genom Helsingborg inklusive eventuella depårörelser vid Ramlösa och Raus.

Utförda beräkningar med programmet kommer även att jämföras med aktuella teoretiska UIC-modeller (Internationella Järnvägsunionen) vilket också inkluderar Trafikverkets beräkningsmodeller.

De simulerade tidtabellsuppläggen kommer att stämmas av mot BVH 706 (Banverkets beräkningshandledning för samhällsekonomiska kalkyler) och dagens grafiska tidtabeller.

2.4 Avgränsningar

Eftersom inlärningsprocessen för OpenTrack tar lång tid samt att arbetsprocessen för att få fram resultat är krävande har vi begränsat omfattningen av arbetet.

En viktig aspekt för allt arbete rörande plattformsutnyttjande, matematiska beräkningar samt simuleringar i OpenTrack är att vi inte tagit hänsyn till varken fjärrtåg eller godståg.

Resultaten som fås fram för beläggningsgraden och återställningsförmågan kommer endast vara baserad på trafiken under högtrafik eftersom det är då systemet är som mest störningskänsligt.

Att utreda alternativa åtgärder för steg ett i fyrstegsprincipen kommer inte att studeras i analysen.

Vi kommer inte att beräkna återställningsförmågan för HH – scenariot eftersom det inte finns tillräckligt med tid att utföra en sådan beräkning.

Vi kommer endast att göra en väldigt kort beskrivning av ett framtidsscenario år 2037 men någon djupare analys kommer inte att göras.

3 Förutsättningar

Den regionala persontågstrafiken har utvecklats mycket starkt i nordvästra Skåne de senaste 20 åren men det har skett etappvis. Första steget togs när Pågatågstrafiken mellan Helsingborg och Malmö inleddes under 80-talet. Pågatågssystemet har därefter byggts ut successivt med nya linjer till Ängelholm, Åstorp, Teckomatorp och Hässleholm. En viktig del för denna utveckling var byggandet av Knutpunkten som möjliggjorde en rationell tågtrafik genom Helsingborg.

Nästa steg i utvecklingen var utbyggnaden av Väst kustbanan via Landskrona och införandet av Öresundstågen.

Den långväga tågtrafiken mot Göteborg har inte utvecklats på samma sätt som den regionala trafiken. Främst orsaken till detta är den, i förhållande till vägtrafiken, långa restiden som i sin tur beror på brister i infrastrukturen.

Skånetrafiken, som är trafik huvudman för den regionala tågtrafiken i Skåne, har tagit fram ett förslag till tågstrategin fram till år 2037. I tågstrategin bedömer Skånetrafiken att det regionala resandet kommer att vara sex gånger så stort år 2037 som idag.

3.1 Infrastruktur

Helsingborg C ingår i Väst kustbanan men det finns även en del andra banor som påverkar kapaciteten på Helsingborgs driftplats. Det är Skånebanan, Rååbanan och godsstråket genom Skåne. De flesta banor är äldre och behöver uppgraderas för att på så vis hjälpa till med en stabilare och säkrare framkomlighet.

3.1.1 Väst kustbanan

Väst kustbanan är huvudjärnvägen för tågtrafiken i nordvästra Skåne. Utbyggnaden av Väst kustbanan till dubbelspår, mellan Göteborg och Lund, har pågått sedan 1990-talet. Figur 18 till höger visar dagens (våren 2011) Väst kustbana med utbyggda delar (blått), pågående utbyggnader (grönt) och kvarstående enkelspår (rött).

För närvarande pågår byggnationen av dubbelspårstunneln genom Hallandsås och dubbelspårutbyggnaden norr om Ängelholm. Den senaste tidplanen från Hallandsåsprojektet redovisar att tunneln kommer vara klar år 2015.

Dubbelspårssträckan mellan Hallandsås och Ängelholm beräknas vara helt klar år 2011.

Järnvägsutredningar har genomförts för både dubbelspåret genom Varberg och för sträckan Ängelholm – Maria och byggnationen planeras att påbörja under perioden 2012 – 2015.

Järnvägsutredning för dubbelspåret Ängelholm – Maria ska tillåtlighetsprövas och beslut väntas. Projektet finns inte med i Trafikverkets reviderade framtidsplan år 2004 - 2015.

För den sista enkelspårsträckan Maria – Helsingborgs C pågår arbetet med förstudie men projektet finns ännu inte med i Trafikverkets planeringsunderlag (2 Andersson & Jiwestam, 2009)(Trafikverket 3).



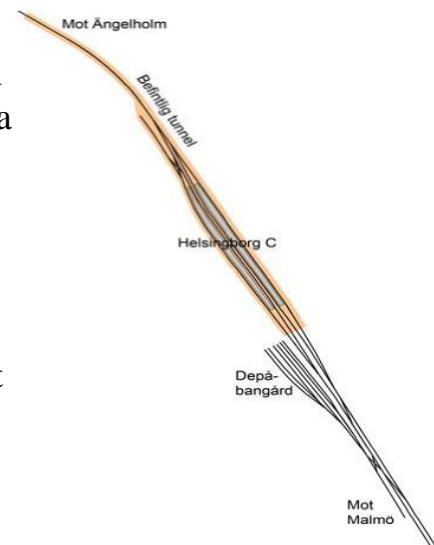
Figur 2: Dagens Väst kustbana (blå färg) med pågående utbyggnationer (grön färg) samt enkelspårsträckor (röd färg).

3.1.2 Helsingborg C

Helsingborg C är knutpunkten för all tågtrafik i nordvästra Skåne. Driftplatsen består av fyra spår med två mellanplattformar. Plattformarna är ca 330 m långa vilket medger att tågset med maximalt tre sammankopplade enheter av typen Öresundståg angör plattformen samtidigt.

I samband med byggnationen av Södertunneln planeras en förlängning av befintliga plattformar så att fyra tågset kan angöra varje plattform samtidigt.

Dagens depåverksamhet flyttas till Raus.



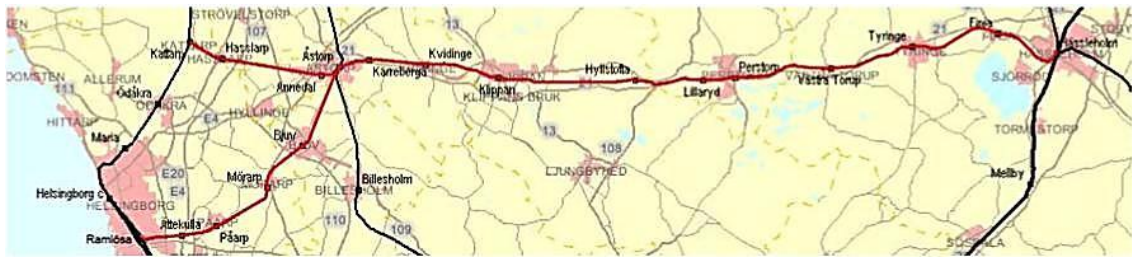
Figur 3: Bild över Helsingborg C med den nuvarande depåbangården precis söder om, vilken kommer att flyttas ännu längre söderut .

3.1.3 Skånebanan

Skånebanan mellan Hässleholm och Ramlösa/Kattarp är enkelspårig, elektrifierad och har fjärrblockering. Mötesdriftplatser finns i Finja, Tyringe, Västra Torup, Perstorp, Hyllstofta, Klippan, Kvidinge, Kärreberga, Åstorp, Bjuv, Mörarp och Påarp. Kvidinge och Åstorp har endast korta mötesspår som inte tillåter möte mellan två långa godståg. Idag finns uppehåll för resandeutbyte i Tyringe, Perstorp, Klippan, Åstorp, Bjuv, Mörarp och Påarp.

Sträckan Åstorp – Kattarp – (Helsingborg C/Ängelholm) används idag endast som alternativ väg vid störningar.

En förstudie har genomförts för upprustning av banan så att hastigheten kan höjas till 160 km/h men projektet finns inte med i Trafikverkets reviderade Framtidsplan år 2004 – 2015 (2 Andersson & Jiwestam, 2009)(Trafikverket 3).



Figur 4: Skånebanan mellan Hässleholm och Ramlösa/Kattarp är markerat med röd färg på kartan.

3.1.4 Rååbanan

Rååbanan mellan Ramlösa och Eslöv är enkelspårig med mötesdriftplatser i Gantofta, Vallåkra, Tågarp, Billeberga och Teckomatorp. Största tillåtna hastighet på banan mellan Ramlösa och Teckomatorp är 140 km/h. Sträckan Teckomatorp – Eslöv är i stort behov av upprustning och här är största tillåtna hastighet endast 120 km/h.

Upprustningen av sträckan Teckomatorp – Eslöv finns inte med i Trafikverkets reviderade Framtidsplan år 2004 – 2015 (2 Andersson & Jiwestam, 2009)(Trafikverket 3).



Figur 5: Rååbanan, Ramlösa – Eslöv är markerat med röd färg på kartan.

3.1.5 Godsstråket genom Skåne

Godsstråket genom Skåne mellan Ängelholm och Malmö, via Åstorp, Teckomatorp, Kävlinge och Lomma trafikeras idag endast av godståg. Banan är enkelspårig men med mötesdriftplatser i Åstorp, Billesholm, Teckomatorp, Kävlinge och Flädie. Sträckan Åstorp – Teckomatorp saknar fjärrblockering. I samband med Hallandsåstunnelns öppnande planeras införande av persontrafik på delen söder om Åstorp. För att klara införande av persontrafik och den ökade godstrafiken som kommer när Hallandsåstunneln är klar krävs upprustning av signalsystem, spår och kontaktledning. Projektet finns inte med i Trafikverkets reviderade Framtidsplan år 2004 – 2015 men planeras genomföras innan år 2019 (2 Andersson & Jiwestam, 2009)(Trafikverket 3).



Figur 6: Godsstråket genom Skåne, Ängelholm – Malmö är markerat med röd färg på kartan.

3.2 Förutsättningar och alternativ för den framtida HH – förbindelsen

Det finns planer på framtida projekt och ett av dem är HH – förbindelsen. Detta betyder bland annat att Södertunneln är färdigbyggd men även att andra projekt som påverkar tågtrafiken på Helsingborgs driftplats skall vara klara. En annan plan för just Helsingborg C är Tågaborgstunneln. Den ska byggas i norra delen av Helsingborg för att undvika spårets närhet till bostadshusen som den gör idag. Det finns många olika alternativ på hur Helsingborgs driftplats ska se ut vid en HH – förbindelse. Alla alternativen har sina för- och nackdelar.

De olika etappsteg för utbyggnaden av infrastrukturen som studeras eller som har påverkan på tågtrafiken vid en HH – förbindelse är:

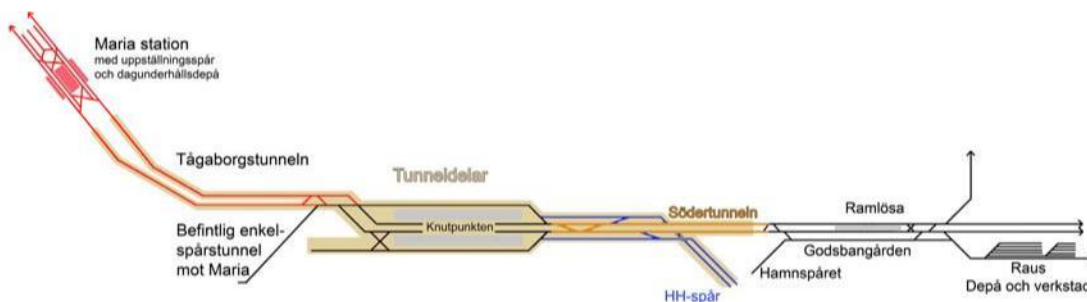
- Dubbelspår på Väst kustbanan norr om Ängelholm.
- Citytunneln i Malmö.
- Fyra spår mellan Lund (Flackarp) och Malmö.
- Södertunneln i Helsingborg.
- Hallandsåstunneln.
- Dubbelspår på Väst kustbanan mellan Ängelholm och Maria.
- Dubbelspår på Väst kustbanan mellan Maria och Helsingborg C (Tågaborgstunneln) .
- Partiellt fyrspår på delar av Väst kustbanan.
- Dubbelspår på Skånebanan mellan Åstorp och Ramlösa.
- Dubbelspår på Skånebanan mellan Hässleholm och Åstorp.
- Europabanan.

3.2.1 HH – förbindelsen

I analysen har fyra olika huvudalternativ för anslutning av en framtida fast HH – förbindelse till Väst kustbanan och Helsingborg C tagits fram. Bakgrunden till detta är att det bedömts att kapaciteten på Helsingborg C i framtiden inte kommer att vara tillräcklig, vilket innebär att det kommer att krävas fler än dagens fyra plattformsspår.

3.2.2 HH 1

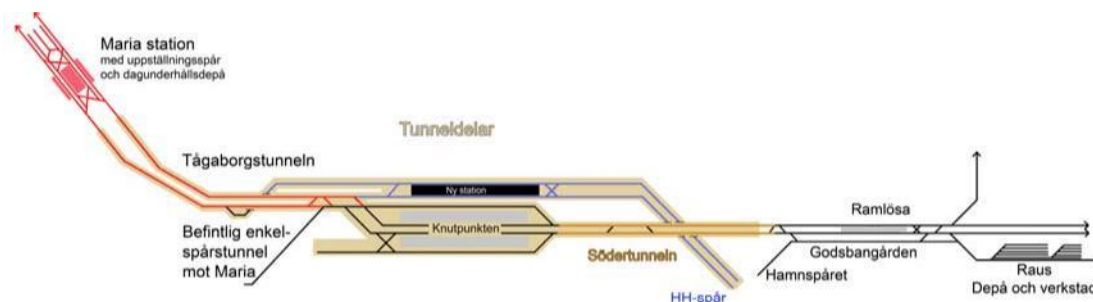
Alternativ HH 1 är i princip det ursprungliga alternativet som fanns med i idéstudien för Södertunneln från år 2006. Skillnaden mot idéstudien är att det i HH 1 är möjligt att nå samtliga plattformsspår från både HH – tunneln och Väst kustbanan.



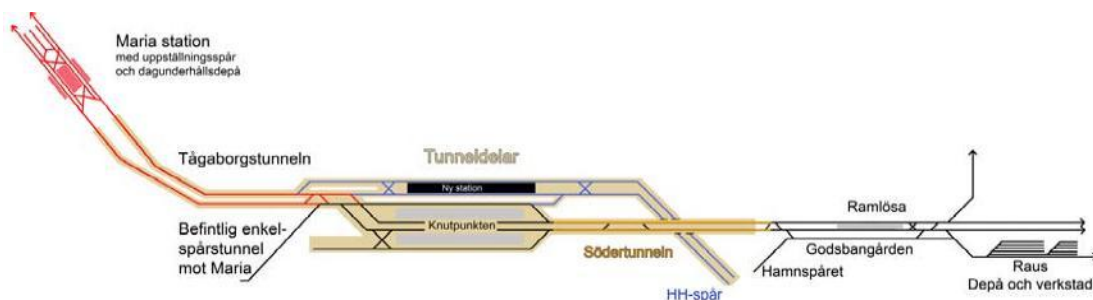
Figur 7: Alternativ HH 1 - anslutning av en fast HH – förbindelse till Västkustbanan och Helsingborg C.

3.2.3 HH 2

Alternativ HH 2 innebär att det byggs en helt ny driftplatsdel med två plattformsspår i anslutning till Helsingborg C. Den nya driftplatsdelen kommer i detta alternativ endast att anslutas till HH – förbindelsens spår. Liksom för alla andra HH – alternativ finns det också för HH 2 olika varianter av underalternativ. Nedan redovisas två av dessa, ett med och ett utan höger – vänsterväxel. Alternativ utan höger – vänsterväxel har också ett förbindelsespår in till spår 1 på Helsingborg C.



Figur 8: Alternativ HH 2 för anslutning av en fast HH – förbindelse med höger – vänsterväxel till Västkustbanan och Helsingborg C.

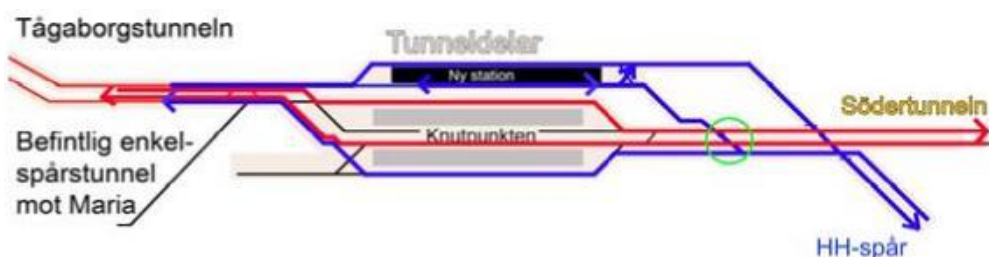


Figur 9: Alternativ utformning av HH 2 utan planskild höger – vänsterväxel mellan HH – förbindelsen och Västkustbanan.

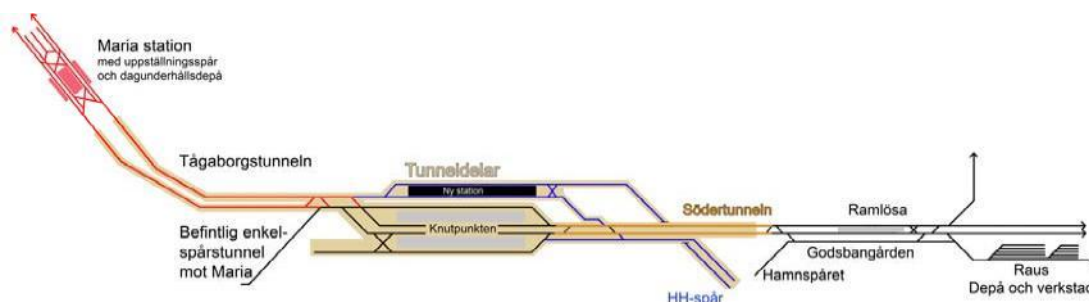
3.2.4 HH 3

Alternativ HH 3 innebär att det byggs en helt ny driftplatsdel med två plattformsspår i anslutning till Helsingborg C. Om den nya driftplatsdelen placeras öster om nuvarande driftplats (se figur 10) får driftplattsspåren direktanslutning till HH – förbindelsens och Västkustbanans nedspår. Via växelförbindelser går det också att angöra driftplatsen från respektive uppspår. Om den nya driftplatsdelen placeras väster om nuvarande driftplats blir anslutningspunkterna omvända, det vill säga direktanslutning till respektive uppspår.

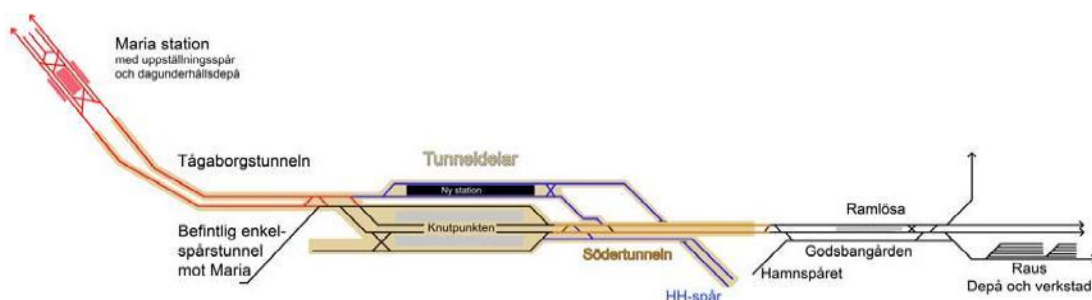
Alternativet som redovisas i figur 11 innehåller växelförbindelser över Västkustbanan för att möjliggöra för vändande HH – tåg på Helsingborg C. Denna lösning medför att hela anslutningspunkten mellan Västkustbanan och HH – förbindelsen blir utdragen på en lång sträcka. I figur 12 visas ett alternativ utan denna korsningsmöjlighet. För att ändå erbjuda en flexibel spårutformning har en extra mellanspårsförbindelse lagts till mellan Västkustbanans båda spår.



Figur 11: Vaxelförbindelse över Västkustbanan för att möjliggöra för vändande HH – tåg, inringad med ljusblå färg.

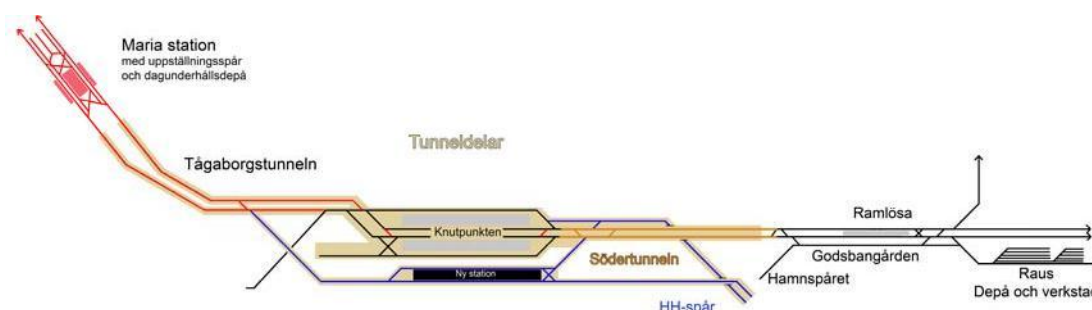


Figur 10: Alternativ HH 3 Öst, för anslutning av en fast HH – förbindelse till Västkustbanan och Helsingborg C.



Figur 12: Alternativ utformning av HH 3 Öst utan möjlighet för HH – tåg att vända på Helsingborg C.

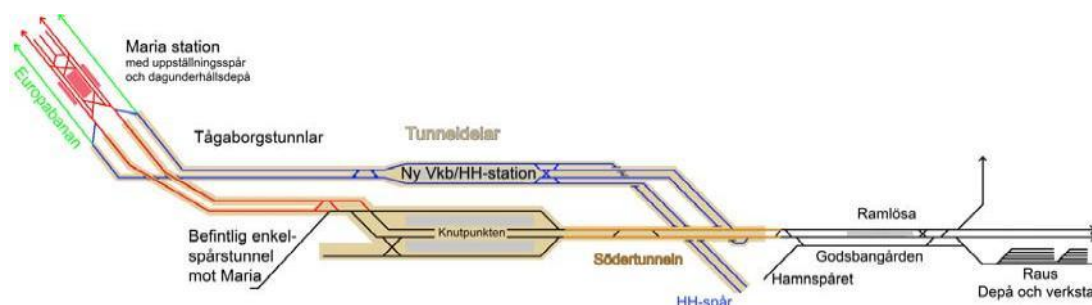
En ny driftplatsdel väster om nuvarande Helsingborg C ger andra möjligheter för anslutningar och växelförbindelser. Nedanstående figur visar ett utformningsförslag.



Figur 13: Alternativ HH 3 Väst, för anslutning av en fast HH – förbindelse till Västkustbanan och Helsingborg C.

3.2.5 HH 4

Alternativ HH 4 innebär att det byggs en helt ny driftplatsdel med fyra plattformsspår i anslutning till Helsingborg C. Den nya driftplatsdelen får direktanslutning till HH – förbindelsen, Västkustbanan och Europabanan. I detta alternativ samordnas HH – förbindelsen och en ny driftplatsdel med byggandet av Europabanan.



Figur 14: Alternativ HH 4 - anslutning av en fast HH – förbindelse till Västkustbanan och Helsingborg C.

4 Metod

I detta kapitel presenterar vi hur man använder sig av simuleringsverktyget OpenTrack och de olika problem som vi ställts inför. Vi kommer även att beskriva hur vi byggde upp Heslingborgs- och Grevies driftplats i OpenTrack.

4.1 Simuleringsverktyget OpenTrack

OpenTrack är ett simuleringsverktyg för järnvägstrafik som har utvecklats vid ”Swiss Federal Institute of Technology Institute for Transport Planning and Systems (ETH IVT)” i Zürich.

Simuleringsprogrammet är ganska användarvänligt och kan användas på ett stort antal olika dataplattformar för att ge svar på många frågor gällande järnväg.

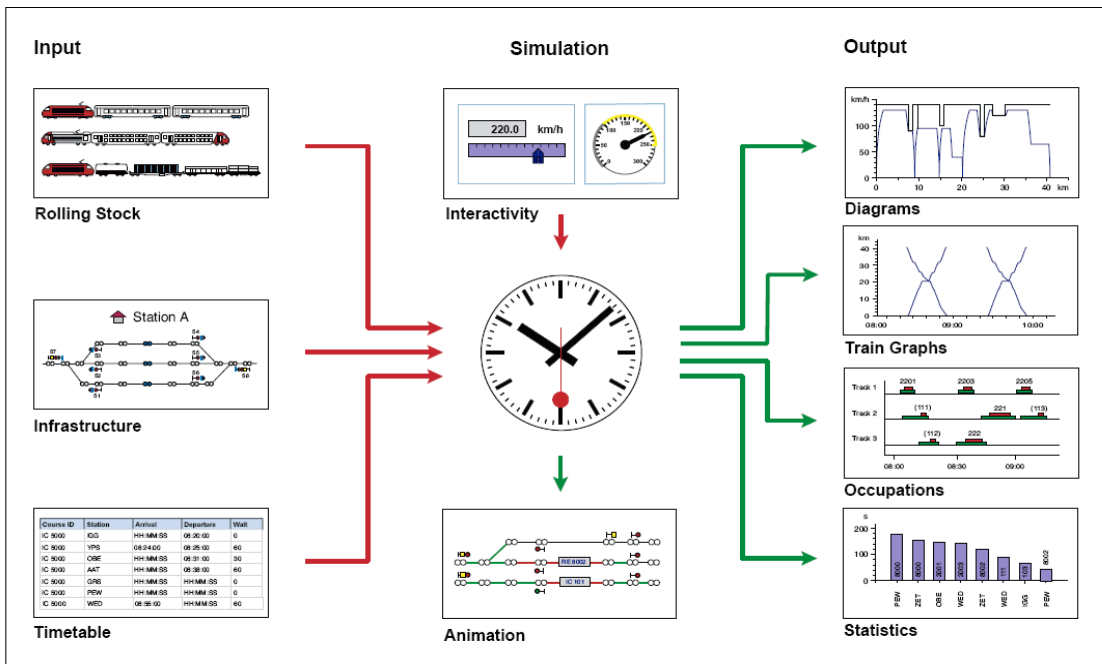
För att kunna utföra simuleringarna behövs indata av olika slag (se Bilaga 1 för detaljerad arbetsgång):

- Tågtyper (teknisk specifikation av tågen och deras prestanda).
- Tidtabeller (data om tågens rörelser, bland annat avgångs- och ankomsttider samt uppehållstider vid driftplatserna).
- Infrastruktur (bandata med järnvägssträckor, signaler och driftplatser).

Den befintliga infrastrukturen byggs upp från uppgifter i Trafikverkets BanInformationsSystem (BIS) och/eller projekterad bana.

- Simuleringsparametrar (bland annat antal repeterade simuleringar och störningsmönster).

Med hjälp av indata går det att simulera olika modeller och få fram utdata i form av diagram och grafer, se figur 15 (OpenTrack).



Figur 15: Processen i OpenTrack. Först behövs indata av olika slag, som till exempel tågtyper och infrastruktur. Därefter kan man utföra simuleringar och få fram utdata i form av diagram och tabeller.

4.2 Kapacitetsberäkningar

Kapacitetsutnyttjandet visas genom att jämföra trafikflödet med den teoretiskt maximala kapaciteten på en bana. Den teoretiska kapaciteten kan beräknas om alla tågs tidsmarginaler sätts till noll, det vill säga om tågen pressas in så tätt som det är tekniskt möjligt och att det inte finns någon marginal för återhämtning vid eventuella störningar.

En konsumerad dygnskapacitet på 0-60 %, visar att det råder balans i systemet. Ett kapacitetsutnyttjande som överstiger 60 % ger ofta problem med återhämtningen i ett tågsystem och det blir även problem med att utföra banunderhåll. Med utnyttjandegrad på 81-100 % existerar ingen ledig kapacitet, störningskänsligheten är hög och det blir stora problem med att utföra banunderhåll.

Beträffande de två maxtimmarna anses däremot balans råda även vid 61-80 % konsumerad kapacitet, se tabell 1.

Kapacitetsutnyttjande	Indikering	Kommentar
0 – 60 %	Grön	Ledig kapacitet föreligger
61 – 80 %	Gul	Balans råder mellan kvantitet och kvalitet
81 – 100 %	Röd	Kapacitetsbrist

Tabell 1: Kapacitetsutnyttjande under de två maxtimmarna. Under de två maxtimmarna råder balans även vid 61-80 % konsumerad kapacitet.

Den konsumerade kapaciteten visar hur stor del av tiden som en given järnvägssträcka är belastad, det vill säga hur tät en trafikering kan vara på en given järnvägssträckning. Om en bana utnyttjas hårt i förhållande till maximala antalet tåg som kan trafikera sträckan kan en uppkommen försening lätt sprida sig till andra tåg. Om utnyttjandegraden är låg kommer en liten försening på ett tåg inte nödvändigtvis att påverka de andra tågen. Hur mycket trafiksystemet kan belastas beror på de krav på tillförlitlighet och punktlighet som ställs på systemet. Den maximala kapaciteten i ett trafiksystem uppnås då den snabbare trafiken avskiljs från den långsammare genom att de olika tågslagen framförs på skilda spår.

Tiden det tar för ett trafiksystem att återställa en försening beror på hur nära den teoretiska kapacitetsgränsen antalet faktiska tåg per tidsenhet ligger. Ju närmare den teoretiska kapacitetsgränsen, desto längre tid för återhämtning. En hög återställningsförmåga är önskvärd. Ibland kan dock återställningsförmågan vara negativ. Det kan bero på att kapacitetsbelastningen är för hög.

Ett sätt att beräkna tågsystemets återställningsförmåga är att simulera ett visst antal tåg, som vid en viss tidpunkt kommer in i ett system med en ingångsförsening. Under trafikeringens gång kan förseningarna helt eller delvis återställas. Vid någon vald tidpunkt slutar simuleringen. Då registreras en slutförsening, totalt eller i medeltal per tåg (Andersson & Jiwestam, 2009).

Vid trafikering med tågslag med stora hastighetsskillnader och olika uppehållsmönster går det inte att ha konstanta tidsavstånd mellan tågen. Hur många tåg som får plats i ett dylikt trafiksystem beror på hur mycket det skiljer i gångtider mellan de olika tågslagen. Det skapas så kallade skugglägen i tidtabellen som kan vara svåra att utnyttja vid styva tidtabellsupplägg. Det går dock att i dessa skugglägen placera insatståg som avlastar ordinarie tåg

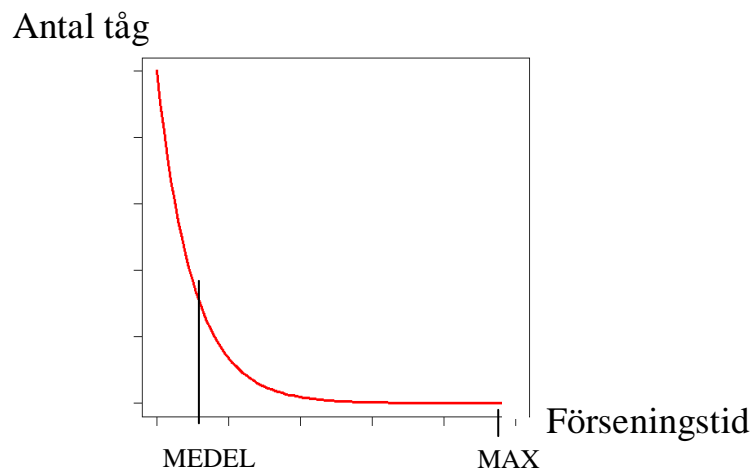
längs en del av sträckan vid de tillfällen då det är många resande (1 Andersson & Jiwestam, 2009).

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

$\text{Återställningsförmåga} \geq 0$ (Positiv återställningsförmåga)

$\text{Återställningsförmåga} < 0$ (Negativ återställningsförmåga)

OpenTrack väljer slumpmässigt ut vilka tåg som blir försenade efter ett visst störningsmönster. Störningsmönstret appliceras enligt en negativ exponentiell kurva där medel- och maxförsening har angetts.



Figur 16: Fördelningskurva över försenade tåg med antal tåg på y-axeln och förseningstiden på x-axeln.

4.3 Trafikverkets matematiska beräkningsmodell

För att få en enhetlig och jämförbar bild över infrastrukturens belastning, görs teoretiska beräkningar av den konsumerade bankapaciteten med hjälp av Trafikverkets matematiska kapacitetsberäkning.

De faktorer som påverkar den konsumerade kapaciteten på enkelspår är gångtiden mellan mötesdriftplatserna, mötesdriftplatsernas spårlängd, fordonens accelerations- och retardationsprestanda, antal tåg, om driftplatserna har samtidig infart samt vilket trafiklednings- och signalsystem som finns på aktuell sträcka.

Gångtiden är den tid ett tåg kan klara att köra en sträcka på utan hänsyn till andra tåg och utan hänsyn till störningar som kan uppkomma längs vägen.

Gångtidsberäkningarna är grunddata för att kunna utföra matematiska kapacitetsberäkningar. Även vid tågtrafiksimuleringar är gångtidsberäkning viktigt och ingår därför som en del i simuleringsprogrammet (Trafikverket 2).

Belagd tid, enkelspår

$$T(\text{min}) = \sum_{k=1}^{k=n} (T_{\text{gång}} + (T_{\text{möte}} + T_{\text{inf}} + T_{\text{fjb}}))$$

T: belagd tid, minuter, under dimensionerande tidsperiod, enkelspår

$T_{\text{gång}}$: teoretisk gångtid, dimensionerande driftplatssträcka, $T_{\text{gång}} \geq 4$ min

$T_{\text{möte}}$: tidstillägg för tåg som har möte, innefattar acceleration, retardation och trafik kvalitet

T_{inf} : tidstillägg vid ej samtidig infart, 2 minuter

T_{fjb} : tidstillägg vid ej fjärrblockering, 1 minut

n: antal tåg under dimensionerande tidsperiod

k: tågets ordningstal

För dubbelspår beror belastningen i första hand på skillnaden i hastighet mellan tågen, avståndet mellan driftplatser med förbigångsmöjlighet, fordonens prestanda, signalsystemets uppbyggnad och trafikledningssystemet.

Belagd tid, dubbelspår

$$T(\text{min}) = \sum_{k=1}^{k=n} (T_{\text{hom}} + T_{\text{konf}})$$

T: belagd tid, minuter, under dimensionerande tidsperiod, dubbelspår

T_{hom} : minsta tidsavstånd mellan tåg, homogen trafik

T_{konf} : tidstillägg om ett tåg följs av ett tåg med kortare gångtid.

n: antal tåg under dimensionerande tidsperiod

k: tågets ordningstal

För att beräkna den konsumerade kapaciteten summeras den tid som tågen enligt tidtabellen belägger banan. Detta tal divideras sedan med den tidsperiod som skall analyseras, t ex en 2-timmars period. Vid beräkning för dygnet räknas normalt två timmar bort på grund av beaktande av banarbeten (UIC CODE 406).

4.4 Arbetsmetodik och olika data som kan fås med OpenTrack

OpenTracks huvudsakliga ändamål är att låta oss kunna simulera vad störningar i trafiken skapar för effekter samt hur stor belastningen blir på spåren. För att kunna simulera fram detta krävs en viss arbetsmetodik samt en hel del data.

För att kunna utföra simuleringar behövs bland annat data om olika tågtyper och deras prestanda. En stor del av dessa data finns i litteratur om tåg. Vi har använt oss av boken ”Svenska lok och motorvagnar” (Diehl och Nilsson, 2003) som innehåller den data som behövs för simuleringarna.

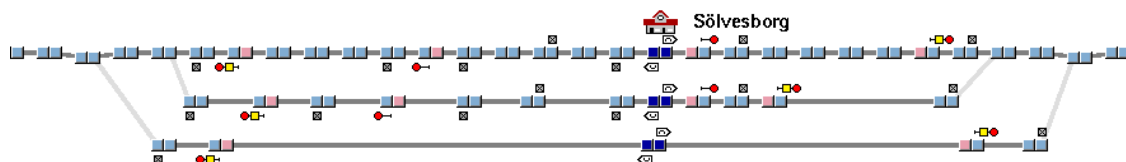
Tågdata består av tågens dragkraftskurvor (effekt), gångmotstånd, acceleration, retardation, längd, vikt, adhesionsvikt och maximal hastighet (se Bilaga 2).

Bandata är däremot specifik för respektive bana och är mer tidskrävande att skriva in direkt i programmet. Därför har vi valt en metod att läsa in bandata via programmet Excel.

I Trafikverkets Baninformationssystem (BIS) går det att söka ut information om en aktuell sträcka med bland annat driftplatsgränser, växlar, plattformar, platsmitt, lutningar, vertikalkurvor, cirkulärkurvor, signaler, baliser och sth (största tillåtna hastighet). Resultatet som söks ut visas i en textfil. För att kunna läsa in dessa data i OpenTrack behöver filen bearbetas. Bearbetning av bandatan har tidigare inneburit att man har varit tvungen att utföra ett flertal manuella operationer i Excel för att få indata i rätt format och tabellstruktur, vilket har varit mycket tidskrävande. För att kunna korta ner processen har Tyréns sedan tidigare framtagit ett program för att underlätta arbetet. Programmet, den så kallade ”tvättmaskinen”, läser av data från BIS och utför ett antal operationer för att få fram ett Excelblad som kan läsas in i OpenTrack (se Bilaga 3 och 4)(1 Andersson & Jiwestam, 2009).

I nuläget kan programmet hantera en stor variation av data, bland annat olika signaltyper, och utföra konvertering på mycket kort tid (ca 1 minut).

Efter inläsning av bandatan i OpenTrack behövs en komplettering av vissa objekt, bland annat driftplatsutformningen vid större driftplatser med flera spår. Detta byggs delvis upp manuellt i OpenTrack vilket kan ge följande utseende:



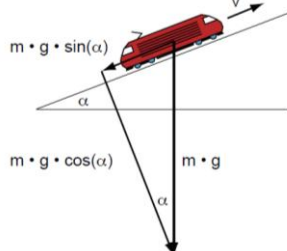
Figur 17: Exempel på uppbyggnad av en större driftplats i OpenTrack. Det man ser i figuren är en driftplats med tre olika spår.

Varje nod innehåller information om banan, t ex lutning, hastighetsändring eller spårväxel.

För att kunna utföra simuleringar behövs även data över tidtabeller för att kunna ange avgångs- och ankomsttider för tågen samt hur långa uppehåll som tågen ska ha på driftplatserna (se Bilaga 5).

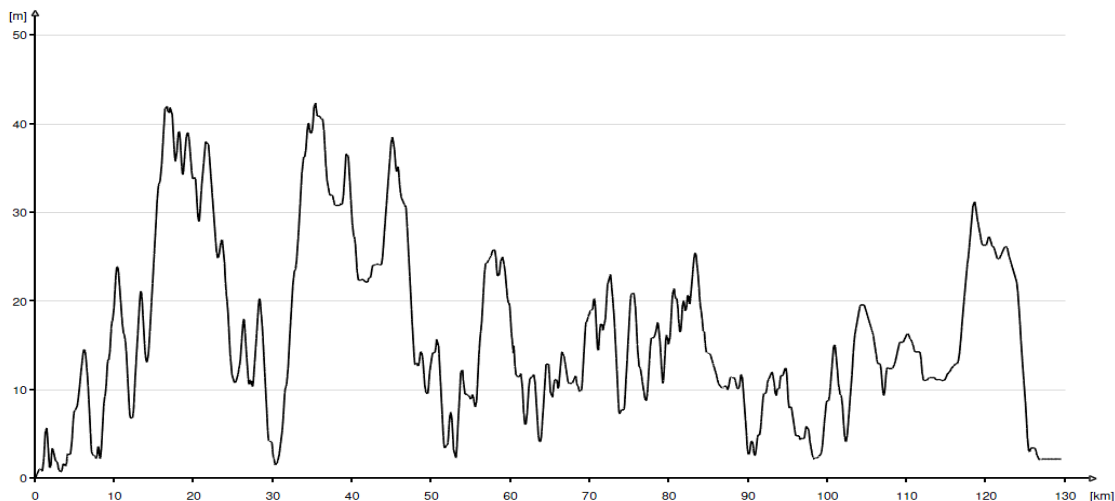
Efter att all bandata, tågdataba och tidtabeller har blivit inlagda i programmet går det att starta simuleringarna. För simuleringen bestäms ett antal parametrar till exempel väderförhållanden, förarbeteende samt även eventuella förseningar.

Under simuleringen utför programmet kontinuerligt en mängd med beräkningar, till exempel hur mycket tåget kan accelerera i förhållande till banans lutningar och kurvor eller när tåget måste bromsa in för att kunna stanna innan en stoppsignal.



Figur 18: I figuren kan vi se metod och dem formler som OpenTrack använder sig av för att utföra en lutningsberäkning.

Efter simuleringarna går det att få fram en mängd data i form av grafer, diagram och tabeller. Diagrammen kan till exempel visa lutningar, kurvor, energiåtgång, acceleration, höjddangivelser och förseningsdata över en viss sträcka.

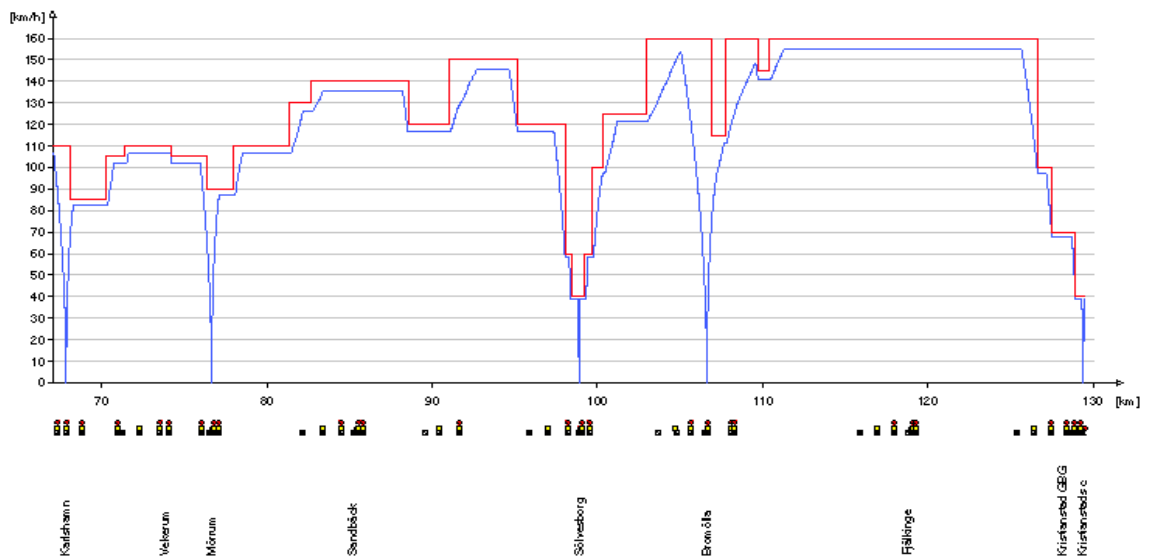


Figur 19: Exempeldiagram över höjdangivelser på en bana med höjden på y-axeln och kilometeravstånd på x-axeln.

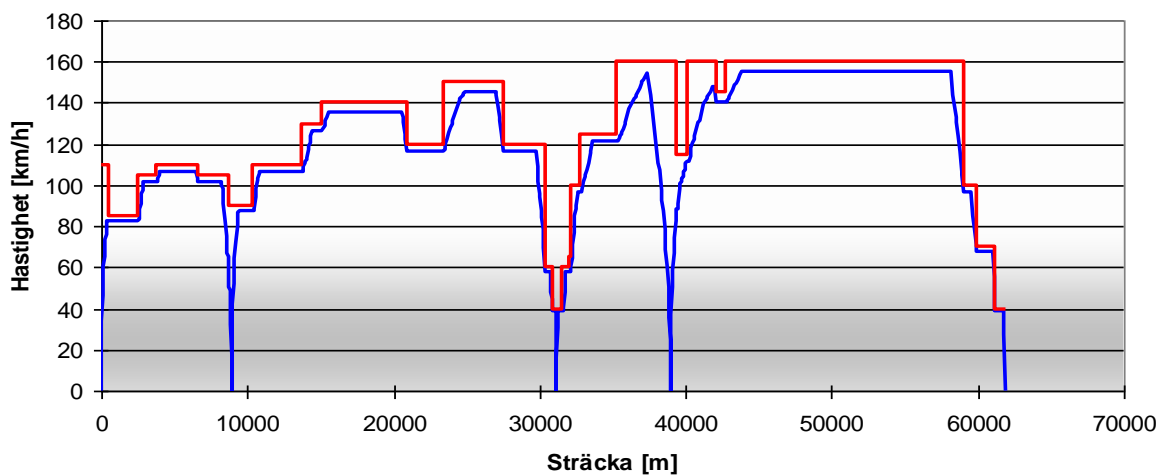
En viktig funktion är att få fram tågens gångtider mellan två driftplatser. Gångtiderna kan bland annat användas för att utföra kapacitetsberäkningar och tester av tidtabellsupplägg.

Olika testkörningar visade att gångtiderna matchade till stor del Trafikverkets gångtidsprogram vilket är viktigt för att kunna validera den data som vi får fram. Våra värden var till en början något för positiva, d v s för korta gångtider. Detta kunde vi härleda till en för hög nivå på tågens retardation (bromskraft). När vi sänkte nivån från 0.8 m/s^2 till 0.6 m/s^2 fick vi fram mycket snarlika gångtider.

En viktig parameter som vi jämförde var huruvida tågens accelerations- och retardationskurvor överensstämde på en given sträcka. Sträckan som vi jämförde var mellan Karlshamn och Kristianstad, eftersom den går längs Skånebanan och påverkar därmed trafiken vid Södertunneln. Nedanstående grafer visar hastigheten i förhållande till sträckan. Figur 20 visar hastighetsdiagram från OpenTrack medan figur 21 visar ett hastighetsdiagram från Trafikverkets gångtidsprogram. Efter våra justeringar fick vi hastighetsdiagrammen att överensstämma väl vilket även kan ses i figurerna då resultaten blir densamma i de båda hastighetsdiagrammen.

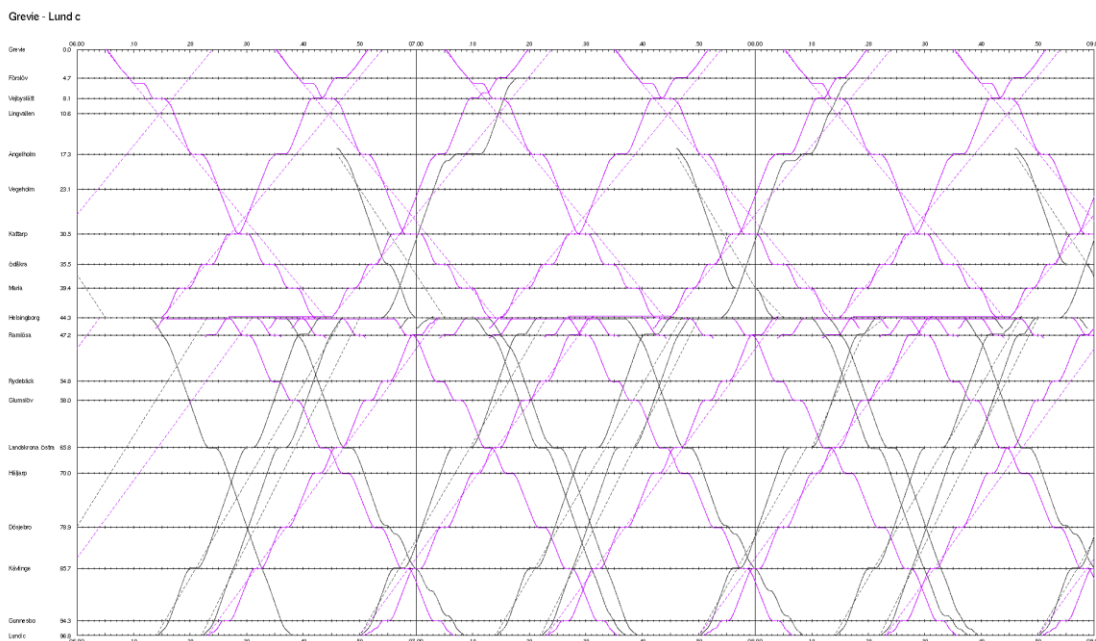


Figur 20: Hastighetsdiagram från OpenTrack (Röd = angiven hastighet på banan, Blå = tågets simulerade hastighet).



Figur 21: Hastighetsdiagram från Trafikverkets gångtidsprogram (Röd = angiven hastighet på banan, Blå = tågets simulerade hastighet).

Vid simuleringarna är det möjligt att få fram grafiska tidtabeller. Dessa visar respektive tåg som en linje med tiden på ena axeln och driftplatssträckor på andra axeln. Vid en störningsfri simulering avgår och ankommer samtliga tåg i rätt tid, se figur 22. Graferna redovisar såväl planerad tidtabell som simulerad körning.



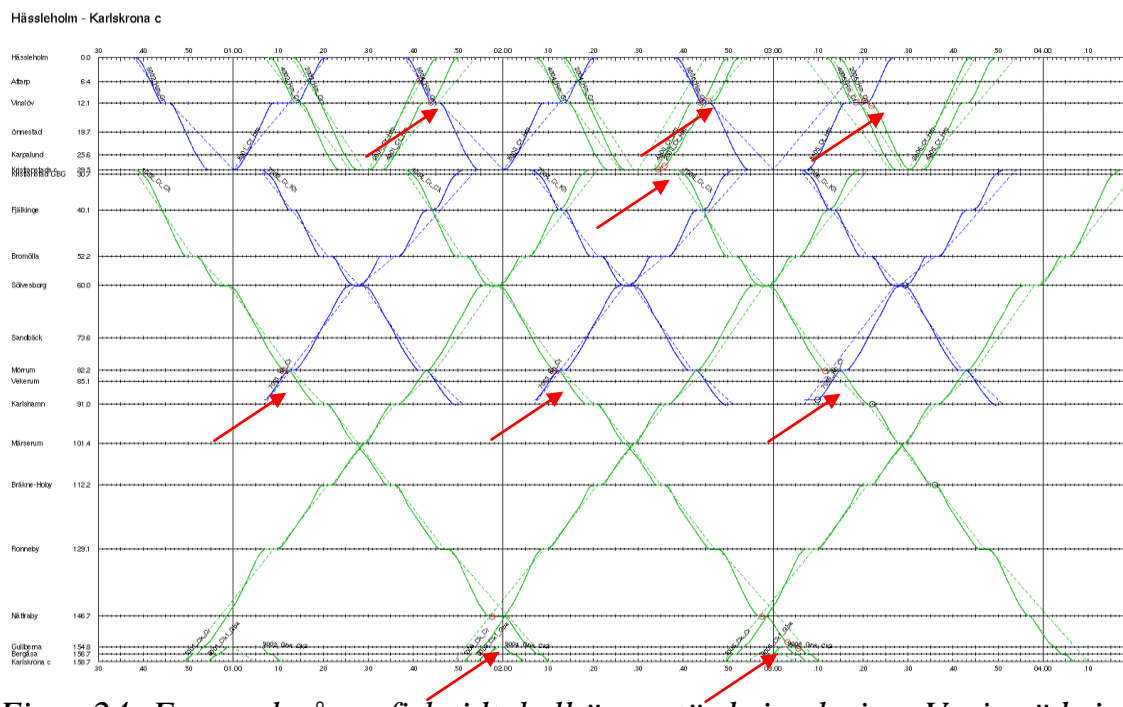
Figur 22: Exempel på en grafisk tidtabell över en ostörd simulering. Det vill säga inga konflikter uppstår för tågtrafiken.

För att testa ett systems återställningsförmåga läggs störningar in i form av exempelvis ingångsförseningar. Detta innebär att tågen har en försening när de startar från första driftplatsen. Därigenom går det att få fram hur störningskänsligt systemet är, det vill säga om förseningar kan hämtas in eller om de sprids ytterligare. Vid en störd simulering väljer programmet slumpmässigt ut olika scenarier och vilka tåg som ska vara försenade. Därefter räknas medianen ut för samtliga simuleringsomgångar (1 Andersson & Jiwestam, 2009).

Norrgåendetåg	Startförsening (sek)	Slutförsening (sek)	Återställningsförmåga (%)
Simuleringsomgång 1	479	1476	-208%
Simuleringsomgång 2	717	1574	-120%
Simuleringsomgång 3	1469	2721	-85%
Simuleringsomgång 4	1114	550	51%
Simuleringsomgång 5	2733	3293	-20%
Simuleringsomgång 6	2134	1935	9%
Simuleringsomgång 7	1943	1768	9%
Simuleringsomgång 8	1846	3238	-75%
Simuleringsomgång 9	1748	2973	-70%
Simuleringsomgång 10	2393	1609	33%
			Median: -45%

Figur 23: Exempel på beräkning av återställningsförmåga, i detta fall ett negativt resultat. Det innebär att förseningar sprider sig i nätet och inte går att hämta in.

Ett exempel på störd simulering kan se ut enligt nedan där varje ring symboliserar att en konflikt har uppstått, till exempel att ett tåg får göra en extra inbromsning.



Figur 24: Exempel på grafisk tidtabell över störd simulering. Varje röd ring (där pilarna pekar) symboliserar att en konflikt har uppstått. Det kan till exempel innebära en extra inbromsning av tåget.

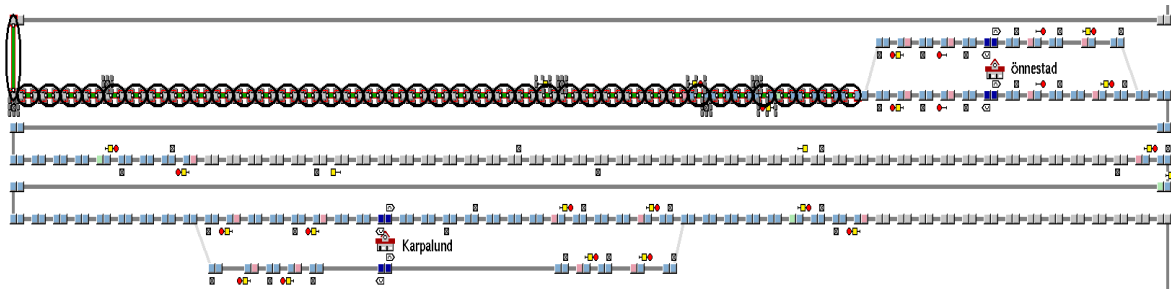
Testsimuleringar visar att med OpenTrack är det enkelt att få fram återställningsförmågan för ett antal tåg som följer en viss tidtabell. Det är även lätt att justera tider i tidtabellen för att testa olika scenarier.

Återställningsförmågan är ett mått på banans kapacitet. Orsaken till en negativ återställningsförmåga beror ofta på att banan är hårt belastad.

Den konsumerade kapaciteten visar hur hög belastning en bana har. För att kunna få fram den konsumerade kapaciteten på en sträcka har vi hittills varit tvungna att göra manuella beräkningar efter Trafikverkets matematiska beräkningsmodeller. Med hjälp av OpenTrack går det att få fram hur lång tid som en sträcka är belagd med tåg (den belagda tiden är en parameter för att beräkna den konsumerade kapaciteten).

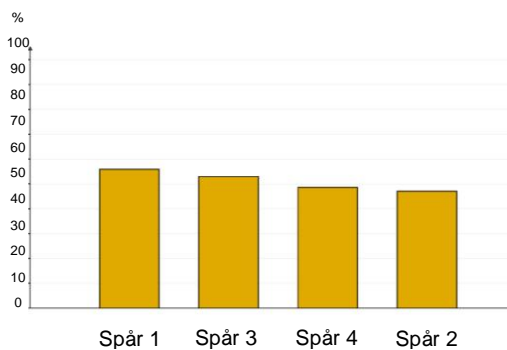
För att få fram hur hårt en sträcka mellan två driftplatser är belastad markeras sträckan med ett markeringsverktyg innan simuleringen. Efter simuleringen redovisas hur lång tid som sträckan har varit trafikerad. Även om värdena ej

överensstämmer exakt med den matematiska beräkningen ger metoden en snabb fingervisning över beläggningen på banan.

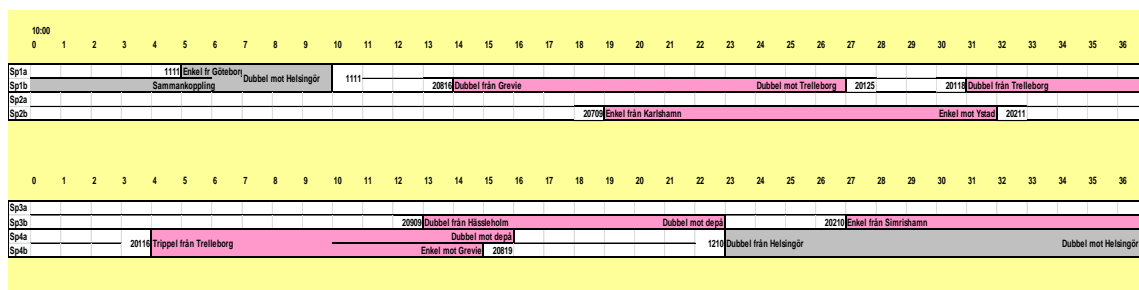


Figur 25: Markering av noder för att få fram beläggningsgrad. Beläggningsgraden fås endast ut för de noder som är markerade med en svart ring.

Genom samma metod går det även att få fram värden över hur mycket plattformsspår vid driftplatserna är belastade. Med det höga kapacitetsutnyttjandet som finns på vissa driftplatser idag, är detta användbart för att optimera fördelningen av trafikeringen på driftplatserna.



Figur 26: Exempel på beläggningsgrad för olika plattformsspår. Kan till exempel användas för att få en optimerad trafikfördelning.



Figur 27: Fördelning av tåg per plattformsspår och timme. Den färgade markeringen visar hur länge ett tåg står inne på driftplatsen.

Ovanstående metod bygger på trafikering av enkelspår. För trafik på dubbelspår är metoden något annorlunda. Eftersom tågen oftast färdas i samma riktning på dubbelspår är det istället hur tätt tågen kan köra som främst dimensionerar kapaciteten på en sträcka. Avståndet mellan signaler i kombination med tågens retardationsegenskaper bestämmer minsta möjliga tidsavstånd mellan tågen. Vi har kunnat visa att simuleringar med OpenTrack är mycket användbart för att få fram detta värde, så kallad "Headway". Metoden bygger på att tågen packas ihop så tätt att konflikt uppstår för att sedan dras isär tills konflikten upphör. Därigenom har vi fått fram det minsta tidsavståndet mellan tågen vilket styr den konsumerade kapaciteten på dubbelspår.

4.4.1 OpenTracks styrkor och svagheter för vår analys

OpenTrack är mycket användbart för att beräkna återställningsförmågan på en sträcka mellan två driftplatser. Detta ger ett bra mått på hur belastad en bana är.

För att kunna värdera kapaciteten på en bana krävs även att den så kallade konsumerade kapaciteten (belägningsgraden) redovisas. Den konsumerade kapaciteten bygger på hur lång tid som banan är belastad av tåg samt hur tätt det går att packa ihop tågen vid körningar på dubbelspår.

OpenTrack är i nuläget fullt användbart för att kunna få fram likvärdiga kapacitetsvärden som ges vid manuella beräkningar enligt Banverkets beräkningsmetoder.

Svagheten är ju att det är svårt att få fram ett simuleringsverktyg som klarar av att skildra alla verklighetsförankrade scenarion som kan tänkas uppstå.

4.5 Uppbyggnad av Helsingborgs driftplats

Bandatan som hämtats från BIS gällande Helsingborgs driftplats överensstämmer inte med dem nya parametrarna som ska gälla för 2020 vilket inneburit att vi inte har kunnat använda oss utav den befintliga bandatan. Därav har vi fått bygga upp Helsingborgs driftplats från grunden i OpenTrack. Den stora skillnaden mellan dagsläget och 2020 är ju att driftplatsen ska vara anpassad efter de europeiska normerna som finns angivna i TSD (Tekniska specifikationer för driftskompatibilitet). I TSD:erna finns det en enorm mängd väsentliga skillnader jämfört med dem svenska normerna.

För vår del, gällande uppbyggnaden av driftplatsen i OpenTrack, är det framförallt följande parametrar som har haft stor betydelse:

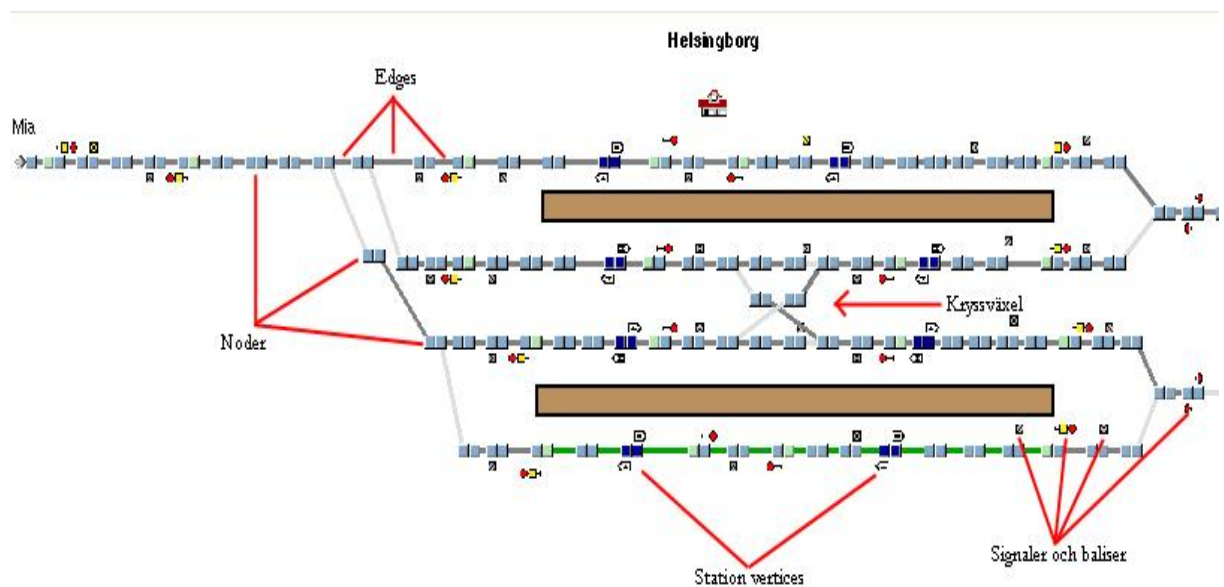
- Placeringen av signalerna. Informationen har hämtats från en instruktionsritning (kallas även för signalritning) utförd av Rejlers. Instruktionsritningen kan ses i bilaga 7. Det vi tittar på då är kilometerangivelserna för vart signalerna ska placeras samt även vilken typ av signal det rör sig om.
- Ändringar i spårgeometrin, vilket innebär ändrade lutningsförhållanden, ändrade radier för cirkelkurvor, ändrade längder för övergångskurvor samt ändrade ramplutningar. Informationen angående de ändrade förhållandena för spårgeometrin har hämtats från en mängdförteckning som utförts av Tyréns.
- Placering av en kryssväxel mellan spår två och tre. Kryssväxeln stora fördel är att man kan köra fordon från ett spår till ett annat. Ett exempel är att det står en X31 dubbel (Öresundståg) på norra delen av driftplatsen, vilket egentligen innebär att ett fordon på södra delen av driftplatsen inte skulle kunna köra norrut. Men tack vare kryssväxeln kan tåget göra en växlingsrörelse mot det spår som är ledigt och på så sätt fortsätta, i detta exempel, norrut. Detta inkluderar även fordonsrörelser gällande på- och avkoppling.
- Ändrade förhållande på växlar söder mot Ramlösa. Information för detta har hämtats från en spårplan samt en signalritning utförd av Tyréns.

Det vi inte har tagit hänsyn till vid konstruktionen av Helsingborgs driftplats är kryssväxeln som är placerad längst ner till vänster på spår fyra i instruktionsritningen. Anledningen är att den specifika kryssväxeln inte fyller någon funktion som på något sätt skulle kunna påverka resultaten.

I dagsläget består Helsingborgs driftplats av fyra spår som är uppdelade i två lägen kallade a (norra delen) och b (södra delen). Problemet med den befintliga anläggningen är att två dubbla fordonsset inte kan stå inne på ett och samma spår, utan det får endast plats tre fordonsset (trippel eller en dubbel plus en enkel). Med de nya parametrarna kommer den färdiga anläggningen 2020 att kunna erbjuda ytterligare utrymme. Det innebär att vi kommer att kunna få plats med två dubbla fordonsset, alltså ett extra fordonsset.

Vid konstruerandet av Helsingborgs driftplats i OpenTrack stötte vi på otaliga problem. Det största hindret vi blev tvungna att överkomma var att kunna placera två så kallade station vertices på vardera spåret inne på driftplatsområdet. Tidigare när man gjort simuleringar har endast en station vertex använts eftersom det inte fungerat att använda två stycken.

Syftet med att ha station vertices är att tiden för en course registreras och kommer med i simuleringen, vilket innebär att en course måste passera minst en station vertex. Problemet på Helsingborgs driftplats är ju att vi fick två lägen varifrån man kan starta, eller tvärtom göra uppehåll. Därav behövs två station vertices, alltså ett för vardera läge (a och b). Uppgiften löstes genom att vi systematiskt testade oss framåt med olika inställningar i programmet tills vi slutligen hittade en lösning som innebar att vi kunde placera två station vertices utan att det uppstod problem. Utöver vissa tekniska inställningar så placerade vi ut station heads vid de specifika station vertices. Tidigare hade man använt sig av station center, men det fungerade ej.



Figur 28: Färdigkonstruerad anläggning av Helsingborgs driftplats för år 2020 i OpenTrack.

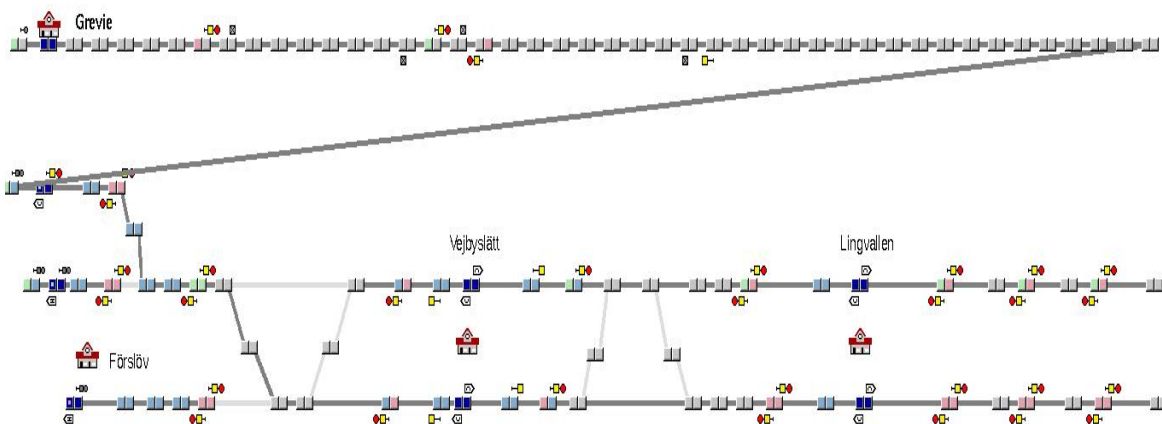


Figur 29: Växlar söder om Helsingborgs driftplats för år 2020 i OpenTrack.

4.6 Uppbyggnad av Grevie driftplats

Utöver Helsingborgs driftplats har vi konstruerat Grevie driftplats och även här fick vi göra det helt från grunden. Det innebär att arbetsmetodiken var densamma som för Helsingborgs driftplats gällande instruktionsritning och mängdförteckning.

När driftplatsen var färdigkonstruerad gjorde vi en gångtidsberäkning för att se hur lång tid det tar från Grevie till Förslöv. Syftet med att göra en gångtidsberäkning är för att man senare ska kunna utföra kapacitetsberäkningar och tester av tidtabellsupplägg. Resultat blev fem minuter. Tiden som vi fick ut adderades till gångtiden mellan Förslöv och Ängelholm. Vi hade redan tiden mellan Förslöv och Ängelholm sedan tidigare från Skånetrafikens Tågstrategi 2037 (2007) men tiden till Grevie fanns inte med. Därav behövdes gångtidsberäkningen mellan Förslöv och Grevie, just för att få den sammanlagda tiden som det tar att åka från Ängelholm till Grevie.



Figur 30: Grevie driftplats inklusive Förslövs driftplats för år 2020 i OpenTrack.

5 Tåg- och trafikeringsmängder för de olika framtidsplanerna

Det är viktigt att titta på framtida planer eftersom den ena projektet är beroende av det andra. Ju längre in i framtiden man analyserar desto mindre fel och överraskningar får man i sina projekt. Om basscenariot blir bra och väl förberett slipper man förhoppningsvis bygga om det till nästa projekt (HH – förbindelsen). Det sparar både tid och pengar.

I analysen studeras ett antal trafikeringsscenarier med olika förutsättningar avseende trafik och infrastruktur. Tågtrafiken i de olika scenarierna bygger till stor del på uppgifter i Skånetrafikens remissversion av Tågstrategi 2037 (2007) samt kompletteras informationen avseende snabbtågs- och godstrafik från Trafikverket. Skånetrafiken har ansatt tre olika tidsscenarier i tågstrategin:

- År 2020, fördubblat tågresande jämfört med idag.
- År 2030, fyra gånger fler tågresor jämfört med idag.
- År 2037, sex gånger fler tågresor jämfört med idag.

I analysen har nedanstående huvudscenarier och tillhörande underscenarier studerats:

Byggtidsscenario

Trafikeringsscenario för byggstart år 2012 med endast 3 plattformsspår tillgängliga på Helsingborg C och med största tillåtna hastighet 40 km/h längs hela Södertunnelbyggprojektet.

Basscenario

Trafikeringsscenario för år 2020 utan HH – förbindelse och Tågaborgstunnel men med dubbelspår på Västkustbanan, Ängelholm – Maria.

HH – scenario

Trafikeringsscenario med HH – förbindelse och Tågaborgstunnel. Trafikeringen i scenariot bygger på Skånetrafikens 2030-scenario. HH – scenariot bygger på alla de olika HH – alternativen som tidigare nämnts.

Framtidsscenario

Trafikeringsscenario med HH – förbindelse, Tågaborgstunnel och Europabanan. Trafikeringen i scenariot bygger på Skånetrafikens 2037-scenario.

Tabell 2: Sammanfattning avseende järnvägstrafikmängder i de olika scenarierna vid Helsingborg C.

Scenario	Antal tåg per riktning och timme i högtrafik			
	Vkb norr om Helsingborg C	Vid Helsingborg C	Vkb söder om Helsingborg C	Därav vändande tåg Helsingborg C
Byggtidsscenario	4	10	10	6
Basscenario	5	10	10	5
HH – scenario	18	18	14	0
Framtidsscenario	26	26	18	0

5.1 Tågtyper

För att kunna utföra simulering i OpenTrack behöver data angående tågtyper föras in i systemet. Detta gäller till exempel tågens uppbyggnad med dess längd, vikt och dess prestanda vad gäller acceleration, retardation, gångmotstånd samt maximal hastighet.

Tabell 3 visar de tågtyper som har använts i simuleringarna. När det gäller Öresundstågen(X31) och Pågatågen (X61) har dessa vid vissa turer körts med både dubbel och trippelkopplade tågset.

Tabell 3: Egenskaper för tågtyper som använts i simuleringarna.

Tågtyp	Tågslag	Längd(m)	Vikt(t)	Maxhastighet (km/h)	Färg i graf
X31	Öresundståg	79	184	180	Svart
X61	Pågatåg	74	183	160	Lila

Tågtyperna har delats in i kategorierna A, B och S där A motsvarar godståg, B motsvarar vanliga persontåg och S motsvarar snabbtåg med vagnkorgslutning. Indelningen i olika kategorier medför att tågen får olika egenskaper för t.ex. förseningsdata och gångmotstånd (Trafikverket 4).

I simuleringarna har samtliga tåg använts med 97 % utnyttjande av, dels största tillåtna hastighet och dels den specificerade dragkraften och retardationen. Avsikten är att ge de simulerade tågen en liknande gångtid

mellan driftplatserna som de verkliga tågen körda av förare med individuella körstilar skulle ha.

Funktionerna är i grunden utformade så att tåget alltid utnyttjar största, möjliga acceleration och retardation för att alltid köra så fort som möjligt. Förarens beteende är svårare att avbilda i ett simuleringsverktyg. En riktig förare kommer till exempel inte att accelerera maximalt om hon/han vet att hon/han om några hundra meter måste börja bromsa.

Tabell 4: Olika störningsmönster som använts vid simuleringarna.

Tågtyp	Medelförsening (min)	Maxförsening (min)	Andel försenade tåg (%)
Öresundståg	3,5	15	35
Pågatåg	3	15	20

5.2 Tidtabeller och uppehållstider

Tidtabellerna för Västkustbanan och Skånebanan styrs bland annat av tillgängliga tidtabellslägen i Göteborg (ett läge var 15:e minut), tidslägen för Öresundstågstrafiken och bytesrelationer i Hässleholm. De styrda tidtabellslägena i Västkustbanans båda ändar medför att förbättringar i Västkustbanans infrastruktur endast kan tillgodogöras när den samlade restiden kan minskas med 15 minuter.

Tidtabellerna i analysen baseras på Skånetrafikens tidtabell för år 2020.

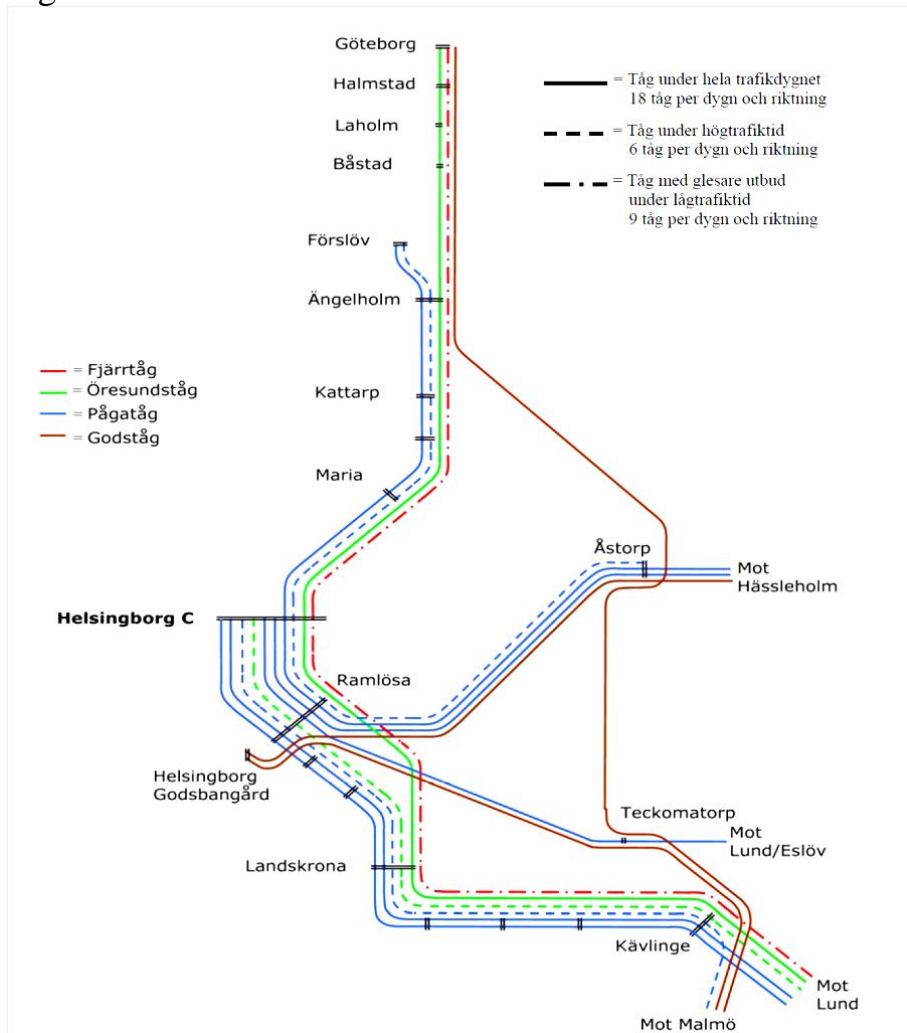
Vid simuleringen har tågen tilldelats en minsta uppehållstid som garanteras vid varje driftplats där stopp sker. Uppehållstiden motsvarar den tid som tåget står stilla vid plattformen för passagerarutbyte. I simuleringarna har uppehållstiden vid Helsingborg C satts till den Skånetrafikens bestämda uppehållstid 240 sekunder. Vid övriga driftplatser varierar uppehållstiden mellan 45 till 240 sekunder.

5.3 Trafikscenarion

I detta kapitel kommer vi att presentera olika trafikscenarion. Infrastrukturen för de olika trafikscenarierna kommer att beskrivas samt att det kommer att finnas en trafikskarta för varje scenario. Trafikkartorna bygger på Skånetrafikens Tågstrategi 2037 (2007).

5.3.1 Byggtidsscenario

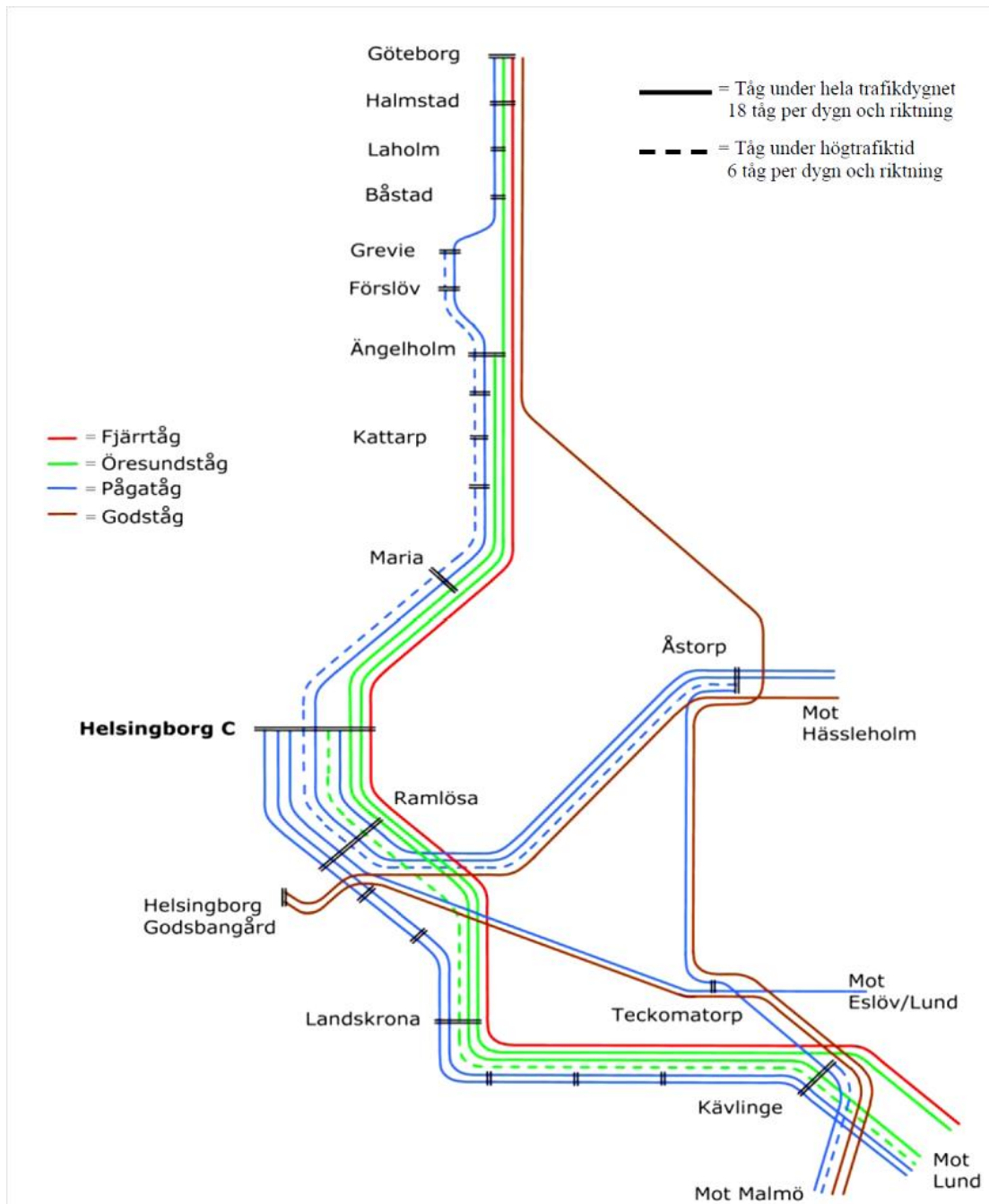
Jämfört med dagens infrastruktur antas att Hallandsåstunneln, Citytunneln och dubbelspåret norr om Ängelholm är eller blir klart under byggtiden. När Södertunneln byggs förutsätts att endast 3 spår med vardera minst 250 m plattformslängd finns tillgängliga under byggtiden. Största tillåtna hastighet på Västkustbanan ca 2 km söder om Helsingborg C antas underbyggtiden vara begränsad till 40km/h.



Figur 31: Trafikkarta för Byggscenariot år 2012. Varje heldragen linje motsvarar ett tåg per timme i vardera riktningen. Varje streckad linje motsvarar ett tåg per timme i högtrafik i vardera riktningen. Linje med prick och långt streck representerar tågtrafik med glesare utbud, färre än ett tåg per timme och riktning, under högtrafik.

5.3.2 Basscenario

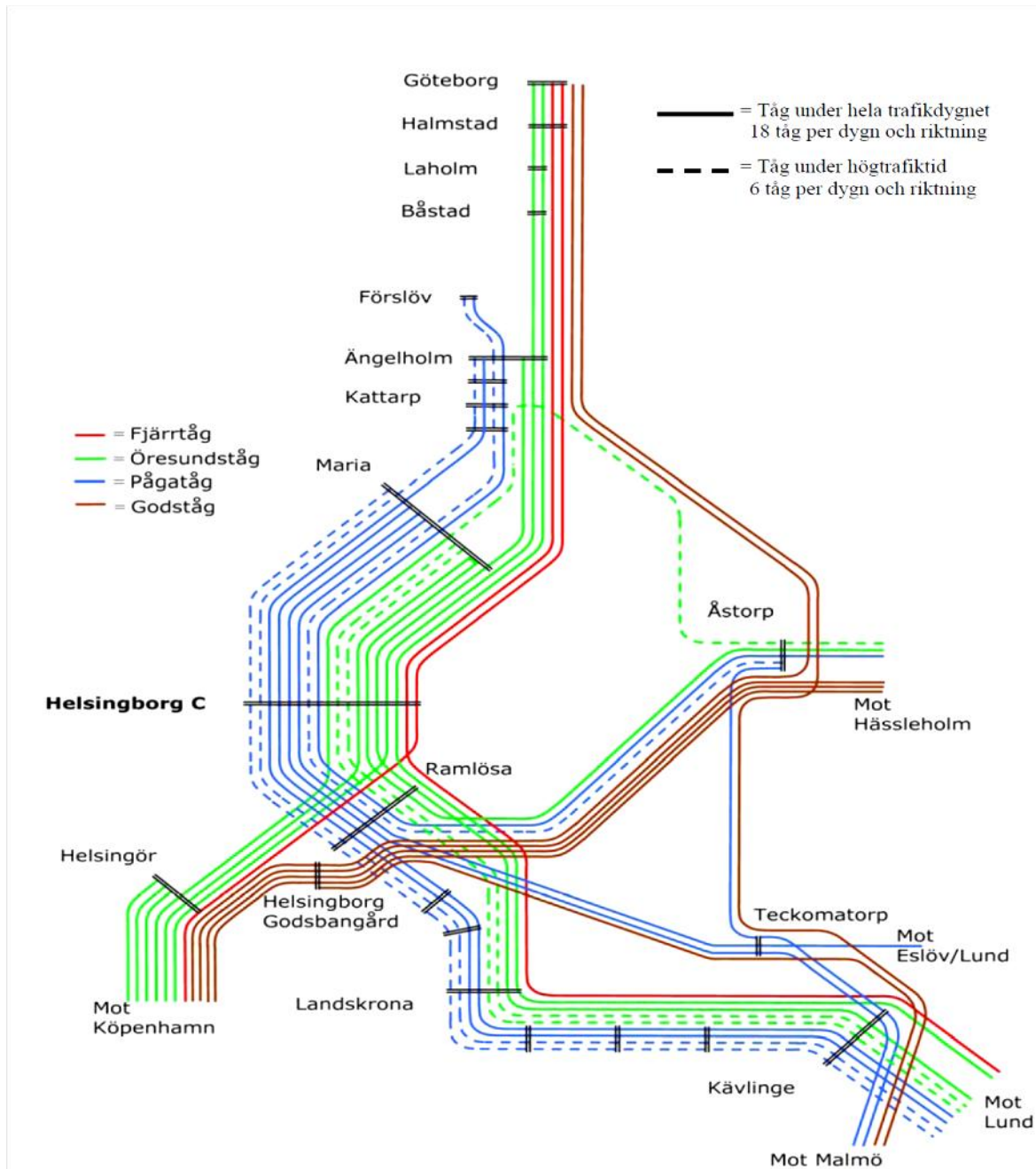
Trafikeringsscenario för år 2020 utan HH – förbindelse och Tågborgstunnel men med Hallandsåstunneln, Citytunneln och dubbelspår norr om Maria. Avsaknaden av Tågborgstunnel innebär att stor del av kapaciteten på Helsingborg C upptas av vändande tåg.



Figur 32: Trafikkarta för Basscenariot år 2020. Varje heldragen linje motsvarar ett tåg per timme i vardera riktningen. Varje streckad linje motsvarar ett tåg per timme i högtafiktid i vardera riktningen.

5.3.3 HH – scenario

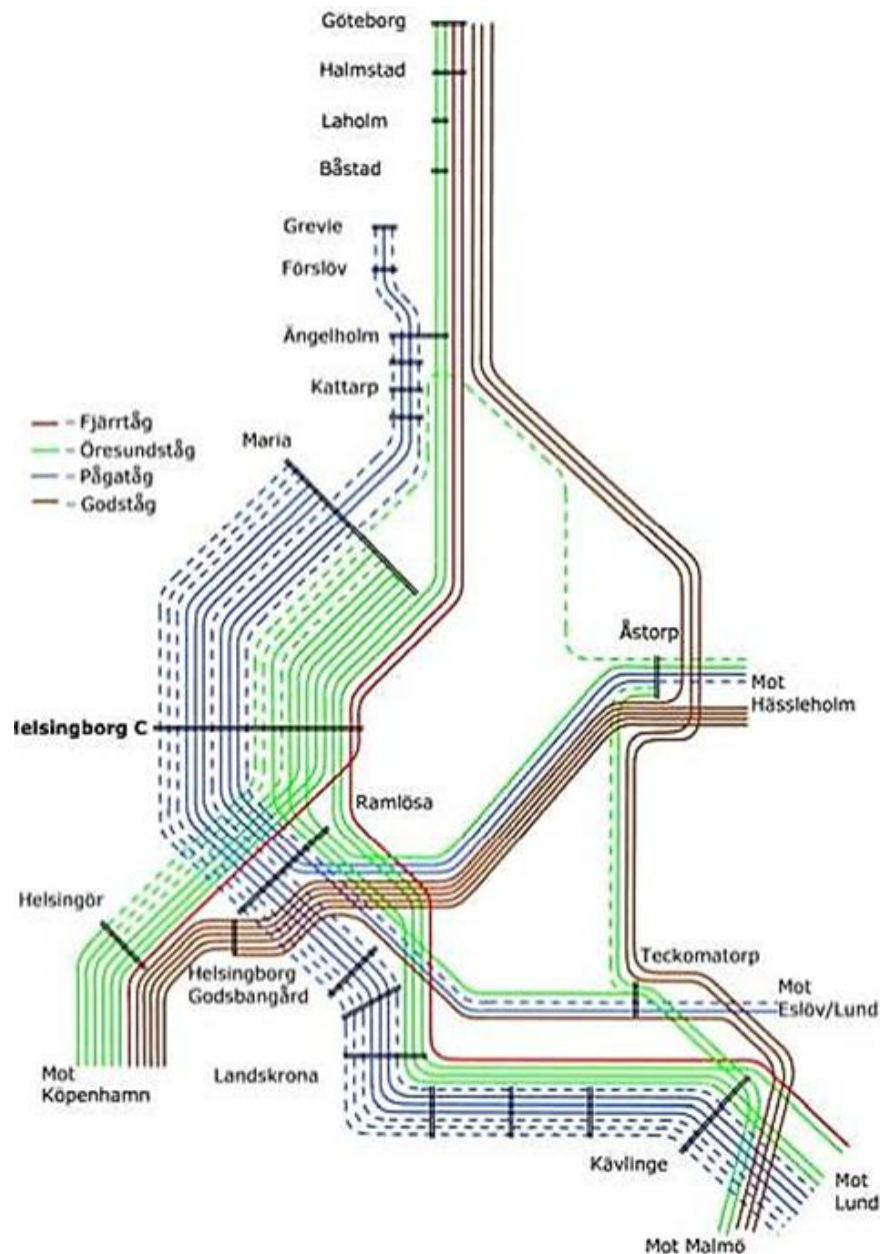
Infrastruktur som Basscenariot men med HH – förbindelse, dubbelspår mellan Maria och Helsingborg C samt depå i Maria för tillfällig uppställning av tåg.



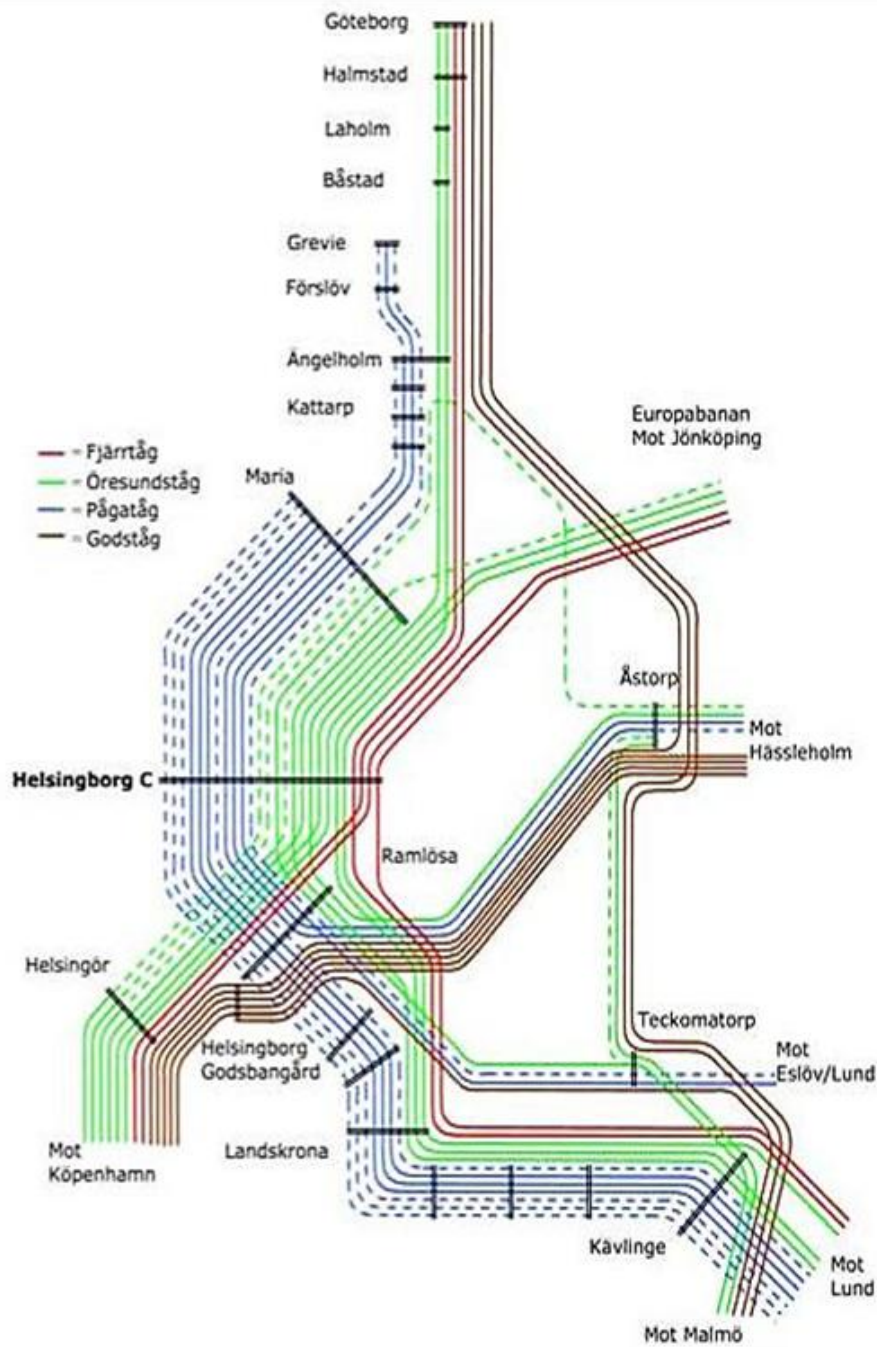
Figur 33: Trafikkarta för HH – scenariot år 2030. Varje heldragen linje motsvarar ett tåg per timme i vardera riktningen. Varje streckad linje motsvarar ett tåg per timme i högtrafik i vardera riktningen.

5.3.4 Framtidsscenario

Framtidsscenariot innehåller, förutom HH – scenariots infrastruktur, även Europabanan. I figurerna nedan redovisas två alternativ för framtidsscenariot, ett med Europabanan och ett utan. Europabanan tillkommande trafik utgörs i princip av snabbtåg. Övriga tåg antar man kopplas samman med andra tåglinjer som i annat fall haft Maria som slutdriftplats.



Figur 34: Trafikeringsprincip för framtidsscenariot utan Europabanan. Varje heldragen linje motsvarar ett tåg per timme i vardera riktningen. Varje streckad linje motsvarar ett tåg per timme i högtrafik i vardera riktningen.



Figur 35: Trafikeringsprincip för framtidsscenarioet med Europabanan. Varje heldragen linje motsvarar ett tåg per timme i vardera riktningen. Varje streckad linje motsvarar ett tåg per timme i högtrafik i vardera riktningen.

6 Kapacitetsanalys basscenario 2020 och resultat

I detta kapitel kommer vi att ta upp för- och nackdelar med trafikupplägget för år 2020. Både trafikupplägg 2016 och 2020 är hämtade från Skånetrafikens Tågstrategi 2037 (2007). Vi kommer även att presentera våra resultat av kapacitetsberäkningarna. Det är då resultatet som fås ut med OpenTrack samt resultatet som fås med hjälp av den teoretiska beräkningsmetoden. Vi kommer också att förklara varför vi får olika värden.

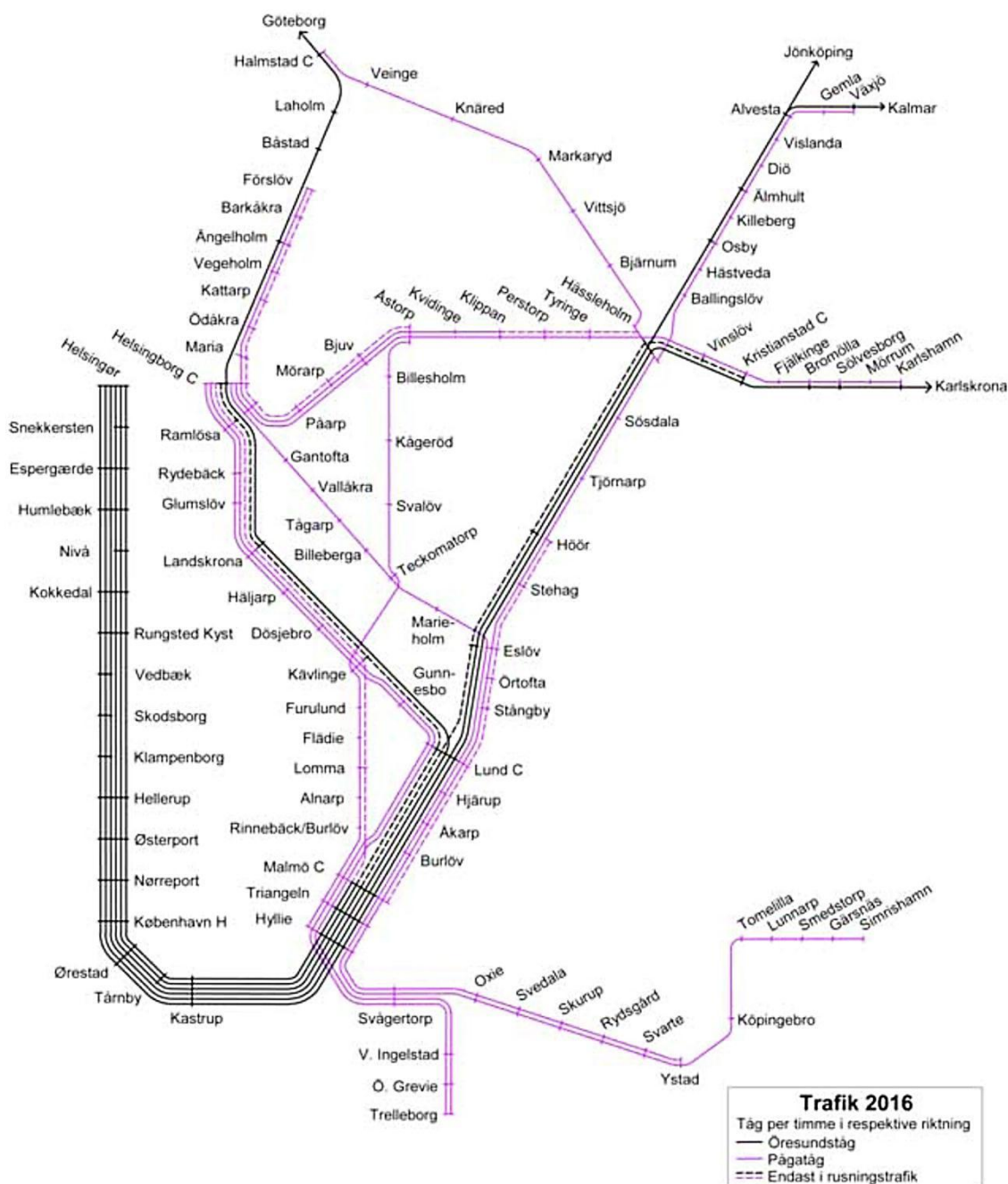
Även återställningsförmågan kommer att beräknas fram utifrån olika störningsmönster.

6.1 Tidtabell

Tidtabelläggningsen för år 2020 skiljer sig till stor del jämfört med tidtabelläggningsen för år 2016 (vilket i stort sett kan jämföras med den tidtabell som återfinns idag). Väsentliga skillnader är följande:

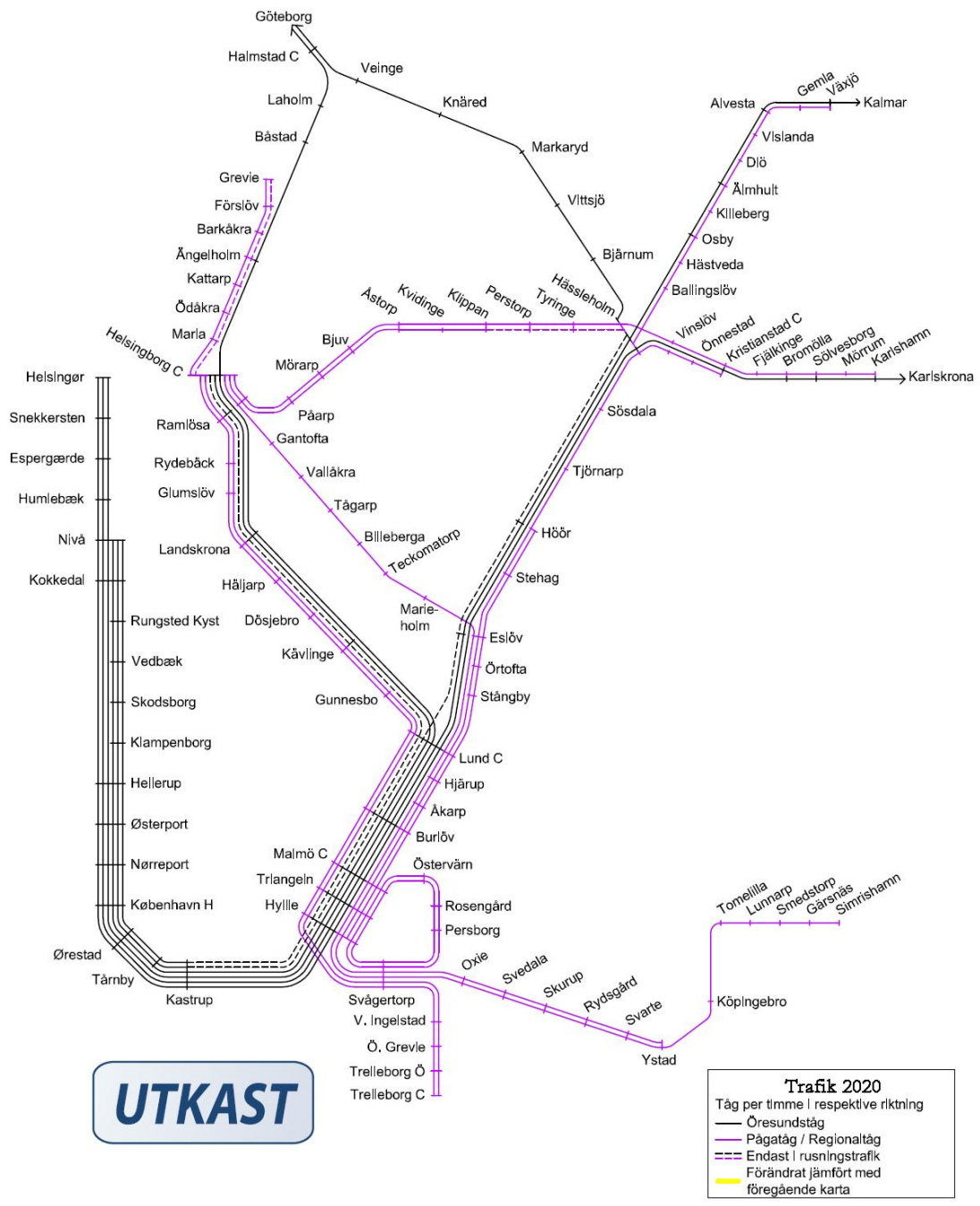
- Ny pågatågslinje mellan Helsingborg och Grevie, vilket även är ett så kallat vändande tåg.
- Tåg från Hässleholm blir vändande tåg. Tidigare var dessa genomgående tåg som fortsatte till Förslöv.
- Tåg avgår från Klippan istället för Åstorp och även dessa tåg blir vändande. Tidigare (Åstorp) var dessa genomgående tåg som fortsatte till Förslöv.
- En tidigare pågatågslinje ersätts med en Öresundstågslinje.
- Öresundstågslinje som tidigare endast gick i rusningstrafik går nu varje timme istället.

Trafikupplägg 2016



Karta: Trafikupplägg år 2016.

Figur 36: Trafikupplägg år 2016. Varje heldragen linje motsvarar ett tåg per timme i vardera riktningen. Varje streckad linje motsvarar ett tåg per timme i högtrafik i vardera riktningen. Hämtad från Skånetrafikens Tågstrategi 2037 (2007).



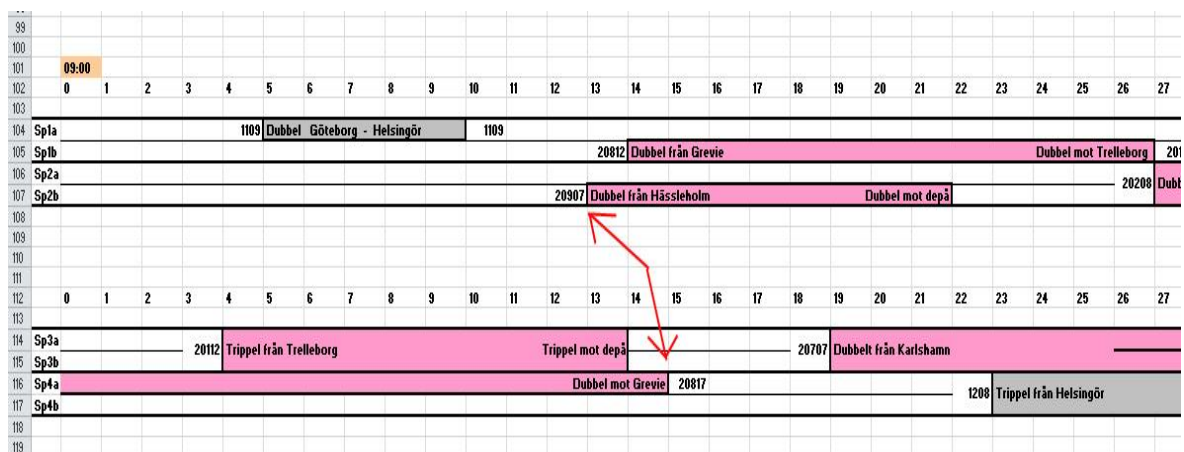
Figur 37: Trafikupplägg år 2020. Varje heldragen linje motsvarar ett tåg per timme i vardera riktningen. Varje streckad linje motsvarar ett tåg per timme i högtrafik i vardera riktningen. Hämtad från Skånetrafikens Tågstrategi 2037 (2007).

Den nya tidtabellsläggningen innebär att vi kommer att få lite fler tåg på spåren eftersom det år 2020 (från Helsingör – Helsingborg) endast är en linje som bara går i rusningstrafik vilket ju innebär att man nu har två linjer som går varje timme, jämfört med tidigare då man endast hade en.

6.1.1 Fördelar och nackdelar

Fördelen med att bryta upp de genomgående linjerna från Hässleholm och Klippan (mot Grevie) är om det skulle uppstå störningar som i sin tur orsakar förseningar. Störningarna som uppstår kommer ju inte att spridas vidare i nätet utan blir istället koncentrerade för de specifika linjerna.

Här nedan visas ett exempel på beläggning av Helsingborgs driftplats. Rosa är Pågatåg och grått är Öresundståg. Siffrorna är tid i minuter (till exempel på spår 2b står ett dubbeltåg från klockan 09:13 till 09:22 på driftplatsen).



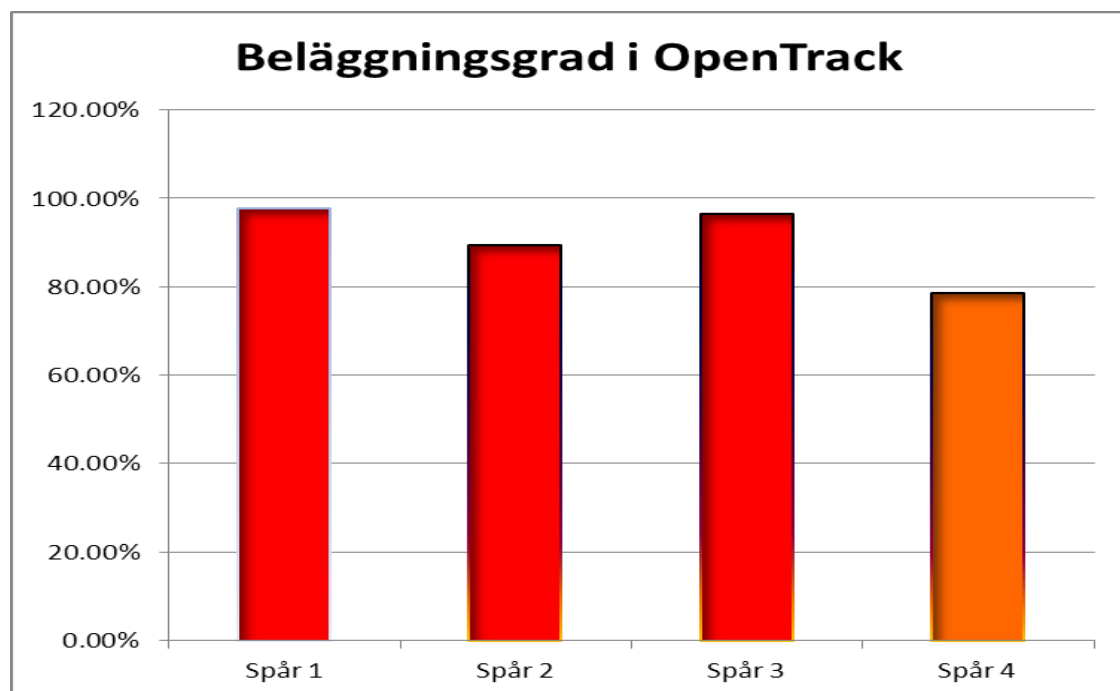
Figur 38: De röda pilarna visar exempel på ett Grevietåg samt Hässleholms tåg.

Som vi ser på det finns det dock fler nackdelar än fördelar med att bryta upp linjerna. Eftersom tågen inte kör vidare direkt innebär det att de kommer stå stilla en längre tid på Helsingborgs driftplats, med andra ord onödig beläggning av driftplatsspåren. Förutom en längre beläggningstid på spåren inne på driftplatsen skapar depårörelserna mycket trängsel på linjen vid Ramlösa, alltså fler så kallade depårörelser (från Raus – Helsingborg). Det i sig är en stor nackdel eftersom nätet redan är så pass belastat med tåg. Så att lägga in ännu fler tågrörelser i ett redan näst intill överbelastat nät är inte att rekommendera. Ytterligare nackdel med fler depårörelser är ju att banslitaget ökar, speciellt med tanke på att antalet växlingsrörelser blir fler. Det känsligaste området på ett järnvägsspår, gällande slitage, är just växlar. Ökat banslitage innebär i sin tur att det krävs ökat underhåll, och underhåll innebär oftast att man måste stänga av spåret för att rätta till de uppstådda skadorna. Man brukar visserligen utföra sådant underhåll nattetid då det är som minst trafik, men samtidigt är det då arbetskraften är som dyrast (Corshammar, 2005).

Därav anser vi att man bör behålla dem genomgående tågen. På så sätt hade man skapat ett bättre genomflöde på Helsingborgs driftplats som redan har ett väldigt belastat schema. Om det inte blir ett bättre flöde på Helsingborgs driftplats finns det risk att det vid en störning blir stora oroligheter och då spelar det ingen roll om det är ett vändande tåg eller ej, om det inte finns möjlighet att komma in eller ut ur Helsingborgs driftplats. Dessutom minskar man antalet depårörelser vilket är en väsentlig del.

6.2 Resultat och åtgärder

Med hjälp av OpenTrack har vi kunnat beräkna fram belägningsgraden för Helsingborgs driftplats under högtrafiken. Anledningen att vi tittar på belägningsgraden under högtrafiken är för att det är då systemet är som mest störningskänsligt. Som man kan se på tabellen nedan är belägningsgraden extremt hög eftersom det står tåg inne på driftplatsen näst intill hela tiden.



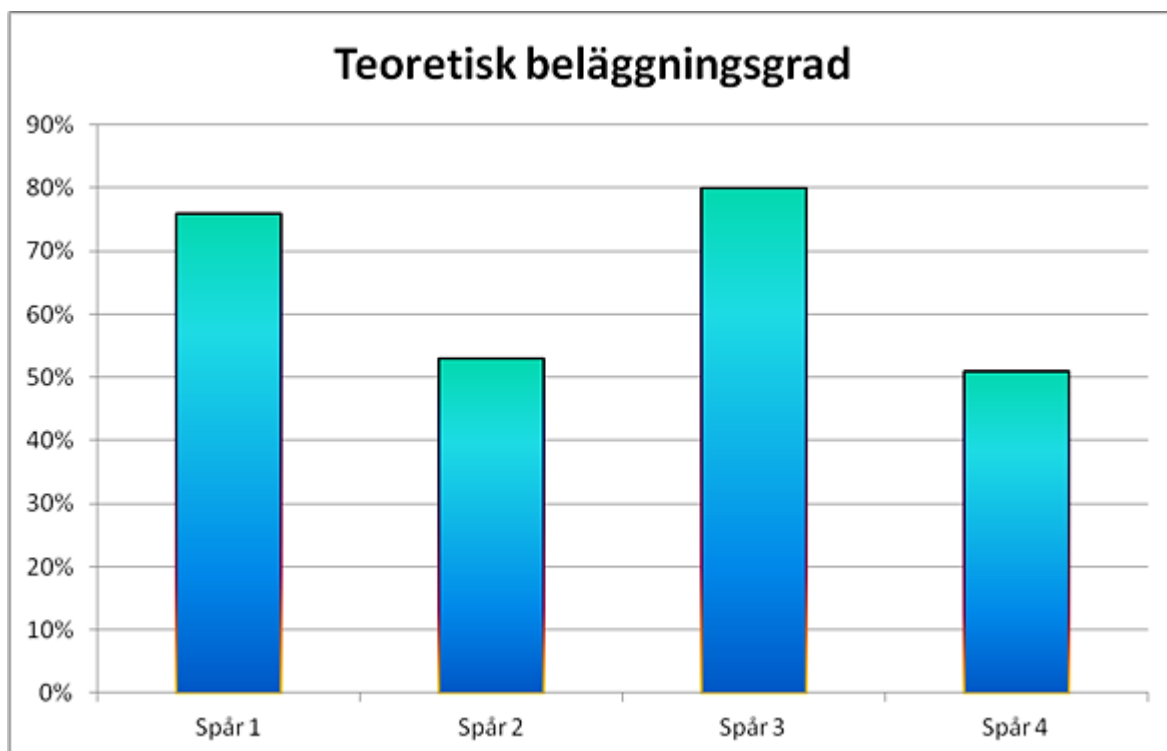
Figur 39: Belägningsgraden för de olika plattformsspåren inne på Helsingborgs driftplats. Röd färg indikerar att plattformsspåren har en belägningsgrad över 80 % vilket betyder kapacitetsbrist. Orange färg (spår 4) indikerar att balans råder.

Det är i stort sett endast spår fyra som trafiken skulle kunna omfördelas till. Oavsett om man skulle lyckas omfördela lite av trafiken till spår fyra, vilket redan nu är svårt, skulle det ändå innebära för hög belägningsgrad. Vi kan med andra ord konstatera att det råder kapacitetsbrist inne på Helsingborgs driftplats. Skulle en störning uppstå kan det innebära stora konsekvenser för

hela nätet och väldigt stora samhällsekonomiska kostnader. Förslag på åtgärder är följande:

- En ganska uppenbar åtgärd är att bygga ut Helsingborgs driftplats ytterligare och sätta in ännu fler spår. Nackdelen med en sådan här åtgärd är den enorma kostnaden samt all planering och tid som krävs för att genomföra ett sådant projekt. Åtgärden i sig skulle dock inte lösa kapacitetsbristen som uppstår på linjen, däremot kanske till och med bidra till ökad kapacitetsbrist om tågoperatörerna tror sig kunna köra ännu fler tåg.
- En mycket enklare åtgärd, om inte minst lika effektiv, är att köra med längre men färre tåg i rusningstrafik. Nackdelen blir då att man får hitta en lämplig tidtabell som passar in med de vanligaste arbetstiderna, annan kollektivtrafik och dylikt, eftersom det blir färre val och svårare att anpassa tiderna för resenärerna.
- Man skulle kunna ha dubbelbemanning i tågen. Det innebär att man skulle kunna korta ner vändtiden från tio minuter till cirka 5-6min. Nackdelen är en ekonomisk fråga, om man är villig att betala den extra arbetskraften eller ej.

Den teoretiskt beräknade belägningsgraden under högtrafiken blir något lägre, vilket vi kan se i nedanstående figur.



Figur 40: Beläggingsgraden för de olika plattformsspåren inne på Helsingborgs driftplats. Det råder balans för varje plattformsspår.

Varför vi får olika värden för beläggingsgraden beror på ett fåtal saker:

- I OpenTrack börjar ”beläggingsräkningen” av spåret redan då tåget lägger en tågväg in till det specifika spåret som tåget ska anlända till. I den teoretiska beräkningen tas ingen hänsyn till sådant.
- Ankomsttiderna för de olika tågen brukar oftast vara några minuter tidigare i OpenTrack, vilket ju innebär att tågen står inne på spåren en längre tid än vad de kanske egentligen skulle behöva. I den teoretiska beräkningen ”ankommer” tågen exakt på sekunden vilket inte direkt är verklighetsskildrande.

Med andra ord är resultat man får ut med hjälp av OpenTrack ett mer realistiskt värde på beläggingsgraden. I våra simuleringar för att få ut beläggingsgraden ankommer alltid tågen i tid, det vill säga att det inte är försenat men kan vara inne tidigare, och likaså avgår alltid tåget i tid.

6.2.1 Återställningsförmåga

Vi har en negativ återställningsförmåga i rusningstrafiken vilket innebär att om det uppstår förseningar kommer man inte att kunna hämta in tiden, utan

istället kommer det sprida sig i nätet och ytterligare öka antalet förseningsminuter.

En viktig aspekt för allt arbete rörande plattformsutnyttjande, matematiska beräkningar samt simuleringar i OpenTrack är att vi inte tagit hänsyn till fjärrtågen (X2000). Då kan man förhoppningsvis redan lista ut, att skulle fjärrtågen vara med som en parameter skulle våra resultat tyda på ännu högre kapacitetsbrist på linjen, högre belägningsgrad samt ännu sämre återställningsförmåga.

6.2.2 Godsstråket genom Skåne

När Hallandåstunneln är färdig kommer godståg och persontåg som kör där öka kapacitetsutnyttjandet på godsstråket genom Skåne. Idag belastas godsstråket (Söderåsbanan) mellan Åstorp och Teckomatorp endast av några fåtal godståg per dygn. År 2020 kommer dock trafiken öka där med ett godståg per timme och ett persontåg per timme och riktning under högtrafik enligt Skånetrafikens prognos.

Ur kapacitetssynpunkt har avståndet mellan mötesdriftplatserna störst påverkan på kapaciteten. Med möjligheter för tågmöten med samtidig infart i Billesholm, Kågeröd och Svalöv kommer kapacitetsutnyttjandet vid det här laget att vara nästan 80 % under maxtimmarna. Detta innebär att det systemet gränsar mellan balans och kapacitetsbrist.

Om mötesmöjligheter för gods- och persontåg endast skulle ske i två av orterna innebär det att systemet blir störningskänsligt och med bristande flexibilitet.

Sträckan söder om Teckomatorp mot Kävlinge riskerar att få för högt kapacitetsutnyttjande om godstågskanalerna från Söderåsbanan och Rååbanan sammanfaller under högtrafiktiden. För att dessutom kunna öka persontrafiken på sträckan, vilket föreslås till år 2030, krävs åtgärder såsom partiellt dubbelspår eller dubbelspår hela vägen.

7 Kapacitetsanalys HH – scenario

I detta kapitel tittar vi på de olika framtida HH – alternativen som tillsammans utgör det vi benämner HH – scenariot. Beräkningarna och belägningsgraden i HH – scenariot har gjorts efter att vissa infrastrukturåtgärder förutsatts vara genomförda. Både kapaciteten och belägningsgraden skiljer sig som väntat från basscenariot år 2020. Tågtrafiken i de olika HH – alternativen baseras på Skånetrafikens 2030- trafik.

7.1 Tid och trafik

Ett av de stora problemen är den inhomogena trafiken med Pågatåg, Öresundståg och snabbtåg. På sträckan Helsingborg – Lund skiljer det 17 minuter i gångtid mellan snabbtåg och Pågatåg samt 6-10 minuter mellan snabbtåg och Öresundståg. I takt med att trafiken på sträckan ökar kommer behovet av förbigångsmöjlighet att bli allt mer akut. Om Pågatågen ska fortsätta vidare till Ängelholm eller Grevie ökar tidsdifferensen ytterligare.

Enligt Skånetrafikens trafikscenario för år 2030 kommer fyra Pågatåg, fyra Öresundståg och ett snabbtåg att varje timme trafikera sträckan Helsingborg – Lund under högtrafikperioden.

Avsaknaden av förbigångsmöjlighet kommer att medföra att framförallt Pågatågen kommer att få en mycket ojämn fördelning av trafiken under högtrafiktiden.

För trafiken norr om Skåne uppstår problem söder om Halmstad där snabbtågen kör ifatt Öresundstågstrafiken. Även här finns behov av förbigångsmöjlighet alternativt att Öresundstågen får ett långt uppehåll i Halmstad eller Laholm för att släppa förbi snabbtåget.

Behovet av förbigångsmöjligheten söder om Halmstad styrs till stor del av tillgängliga tåglägen söder om Göteborg. Med ett annat tidtabellsupplägg går det att helt undvika behovet av förbigång, alternativt flyttas platsen där förbigångsspåren bör placeras.

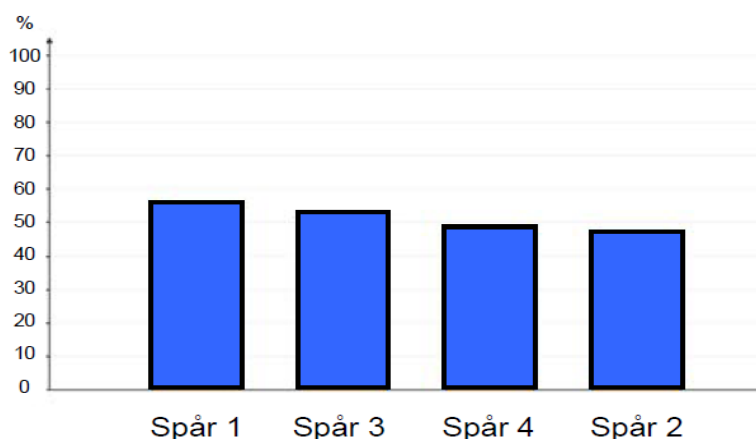
I genomförd kapacitetsstudie har följande infrastrukturåtgärder förutsatts vara genomförda:

- Dubbelspår på hela Väst kustbanan.
- Uppställningsspår och dagunderhållsdepå i Maria.
- Fyra spår Landskrona – Kävlinge.
- Dubbelspår på Skånebanan.
- Planskilda anslutningar till Skånebanan och Rååbanan.
- Fyra spår vid Ramlösa.
- HH – förbindelsens spår ansluter direkt till Helsingborg C utan att påverka Väst kustbanans trafik.

Med ovan nämnda infrastrukturåtgärder kommer de mest belastade sträckorna vara Maria – Helsingborg C och Helsingborg C – Ramlösa med 18 respektive 14 tåg per timme och riktning. I och med att alla tåg ska stanna på Helsingborg C och att Maria förutsätts ha fyra spår bedöms kapaciteten som tillräcklig för den planerade trafiken. Dubbelspåret mellan Helsingborg C och Ramlösa täcker kapacitetsbehovet bland annat för att sträckan är kort och med enhetlig hastighet för samtliga tågtyper. Detta förutsätter dock åtgärder vid Ramlösa driftplats med en utbyggnad till fler spår.

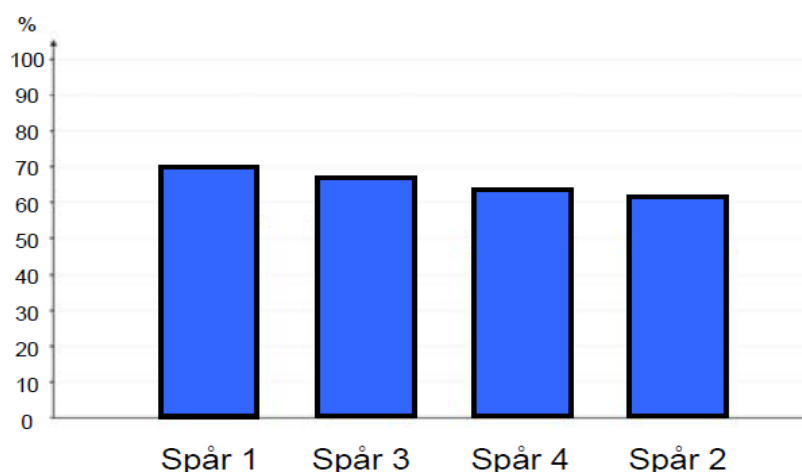
7.2 Belägningsgraden för ett HH – scenario

Nedan presenteras belägningsgraden för ett HH – scenario. Belägningsgraden för de olika HH – alternativen är nästintill identiska. Därav redovisas endast en tabell för belägningsgraden med en fast HH – förbindelse. Däremot så skiljer sig de olika HH – alternativen åt vilket innebär att vi gör en kort sammanfattande jämförelse mellan de olika HH – alternativen.



Figur 41: Beläggingsgraden för de olika plattformsspåren inne på Helsingborgs driftplats – 2030 utan HH – förbindelse. Balans råder för alla plattformsspåren.

Med en HH – förbindelse ökar plattformseläggningen under maxtimmarna men är fortfarande under 80 %. Det blir till och med en bättre beläggingsgrad jämfört med basscenariot år 2020 eftersom det kommer att råda balans mellan kvantitet och kvalitet.



Figur 42: Beläggingsgraden för de olika plattformsspåren inne på Helsingborgs driftplats – 2030 med fast HH – förbindelse. Balans råder för alla plattformsspåren.

7.3 Jämförelse mellan de olika HH – alternativen

I analysen har fyra olika huvudalternativ för utformning av HH – förbindelsens anslutning till Helsingborg C och Västkustbanan studerats. Nedan ges en sammanfattande jämförelse av de olika alternativen.

Tabell 5: En kort sammanfattande jämförelse mellan de olika HH – alternativen.

	Plattforms- kapacitet	Kapacitet Maria – Helsingborg C	Flexibilitet
HH 1	4 spår	2 spår	Åtkomst till alla plattformsspår från både Vkb och HH.
HH 2	6 spår	2 spår	Separat driftplats för HH utan förbindelse mellan Vkb och HH.
HH 3	6 spår	2 spår	Anslutning till befintlig driftplats från HH uppspår.
HH 4	6 spår	4 spår Fördubblad kapacitet Maria - Ramlösa	Anslutning från ny driftplats till Vkb. Separat driftplats för HH utan förbindelse mellan Vkb och HH. Anslutning från ny driftplats till Vkb.

Den största skillnaden mellan alternativen är att HH 1 endast har fyra plattformsspår. Detta förutsätter att alla tågvändningar, sammankopplingar och avkopplingar flyttas från Helsingborg C till Maria. Konsekvensen av detta är att Öresundstågen från Göteborg får ett extrastopp på Maria vilket fördröjer restiden med minst fem minuter. Den andra stora skillnaden mellan alternativen är HH4 som ger en fördubbling av kapaciteten på hela sträckan mellan Maria och Ramlösa.

8 Förslag på åtgärder

Åtgärdsförslagen baseras på fyrstegsprincipen men är också ordnade i kronologisk ordning utifrån de behov som den ökande trafiken ställer på infrastrukturen. Åtgärdsförslagen gäller framförallt för basscenariot men kan även implementeras för ett HH – scenario. I steg 2 och steg 3 presenteras åtgärder som inte kräver några större investeringar medan åtgärderna i steg 4 huvudsakligen kräver större investeringar.

8.1 Steg 1

Att utreda åtgärder som kan påverka transportbehovet, val av transportsätt eller överflyttning till andra transportsystem har inte studerats i analysen.

8.2 Steg 2

Åtgärder för att förbättra kapaciteten som kan genomföras utan investeringar är:

- Samordning mellan tågoperatörer så att olika tågsystem inte går i samma tidslägen - längre men färre tåg i högtrafik.
- Dubbelbemanning i fordon för att få kortare vändtider.
- Godståg framförs utanför persontrafikens högtrafikperioder.

8.3 Steg 3

Mindre investeringsåtgärder inom befintlig infrastruktur för att öka kapaciteten kan vara:

- Kortare blocksträckor, till exempel i anslutning till växlar som nyttjas för korsande tågrörelser vilket möjliggör för fler simultana rörelser på Helsingborg C.
- Fler avkortade tågvägar på samtliga spår på Helsingborg C.

- Kompletterande växelförbindelser, till exempel norr om Ramlösa.

8.4 Steg 4

Investeringsåtgärder för att öka kapaciteten i järnvägssystemet i nordvästra Skåne presenteras nedan i kronologisk ordning. Vissa åtgärder ligger utanför det geografiska området Skåne nordväst men påverkar ändå kapaciteten på de berörda banorna.

8.4.1 Åtgärder på Skånebanan

En ny mötesdriftplats på Skånebanan mellan Påarp och Ramlösa förbättrar möjligheten att framföra fler godståg på sträckan. En ny mötesdriftplats förbättrar också möjligheten att anpassa Skånebanans trafik till tillgängliga tåglägen på Västkustbanan och medför därmed också mindre förseningar vid störningar i trafiken. En mindre åtgärd kan vara att införa en mellanblocksignal på sträckan. Mellanblocksignal ger större marginaler för godstrafiken och minskar därmed risken för störningar. En utbyggnad med ett tredje långt spår på en eller flera mötesdriftplatser möjliggör för flertågsmöten. Detta ger ökade möjligheter att framföra fler godståg på sträckan men minskar också förseningarna vid störningar.

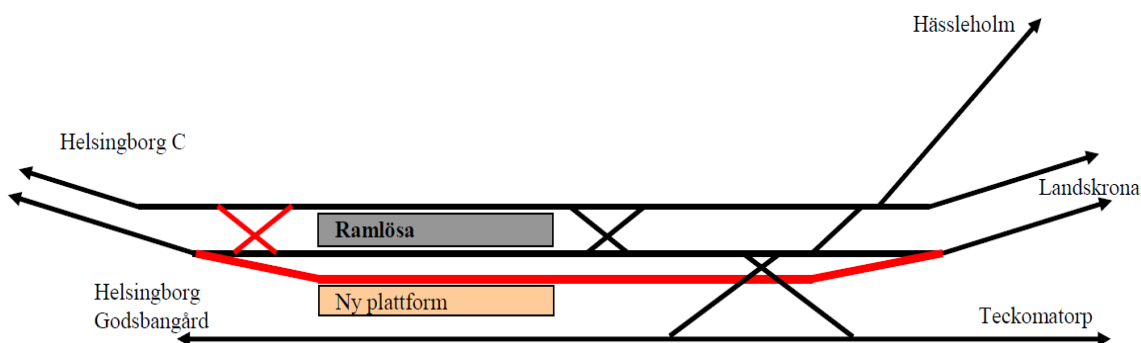
8.4.2 Dubbelspår norr om Helsingborg C

Den mest effektiva åtgärden för att förbättra kapaciteten på Västkustbanan och Helsingborg C är att bygga dubbelspår mellan Ängelholm och Helsingborg C. I samband med detta bör det också byggas uppställningsspår vid Maria för tillfällig uppställning av vändande tåg.

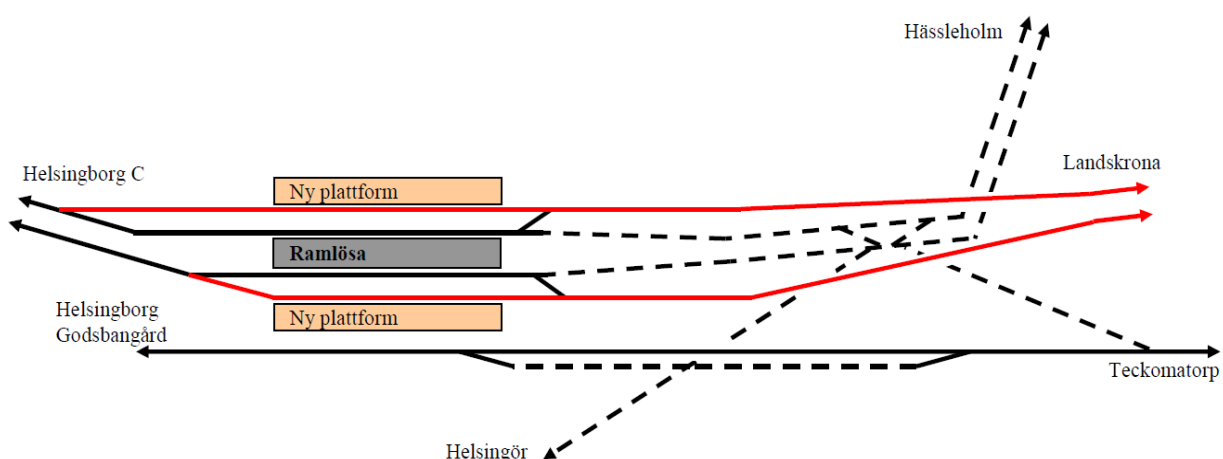
8.4.3 Åtgärder vid Ramlösa driftplats

En av de hårdast belastade delarna på Västkustbanan är Skånebanans och Rååbanans anslutning vid Ramlösa. Nedan ges två förslag på åtgärder, på kort respektive lång sikt, som förbättrarsituationen. Åtgärden på kort sikt förbättrar kapaciteten på framförallt Västkustbanans uppspår. Genom växelvis användning av det befintliga uppspåret förbättras även kapaciteten på nedspåret. Åtgärden innebär i princip att ett nytt spår byggs (väster om befintligt) för Västkustbanans uppspår vid Ramlösa

Åtgärden på lång sikt innebär att Skånebanan och Rååbanan korsar Västkostbanan planskilt. Planskildheten innebär i praktiken också början på HH – förbindelsens godstågstunnel. Åtgärden kan därför med fördel samordnas med byggandet av HH – förbindelsen. (Andersson & Jiwestam, 2009).



Figur 43: Åtgärd på kort sikt som minskar belastningen på uppspåret vid Ramlösa.



Figur 44: Åtgärd på lång sikt vid Ramlösa i samband med HH- förbindelsen. Streckade linjer avser spår i tunnel.

8.4.4 Förbigångsspår på Västkostbanan

När trafiken på Västkostbanan ökar kommer också kappkörningsproblemen att öka. Det är framförallt skillnaderna mellan de långsamma Pågatågen och snabbtågen som är problemet men på vissa sträckor blir det även konflikt mellan Öresundståg och snabbtågen. För att kunna upprätthålla en någorlunda homogen tidtabell för Pågatågen krävs att snabbtågen kan köra om Pågatågen. Genom att bygga ut Västkostbanan till fyra spår mellan Landskrona och Kävlinge går det att genomföra flygande förbigångar av Pågatågen.

8.4.5 Maria – Helsingborg C

I framtidsscenariot antas att såväl en fast HH – förbindelse som Europabanan är utbyggda. Med antagen trafik för år 2037 kommer tågantalet på Helsingborg C, Maria och mellan Maria och Helsingborg C att uppgå till mer än 25 tåg per timme. Även om en teoretisk kapacitet på Helsingborg C kan antas till cirka 30 tåg per timme och riktning så medför en sådan belastning en mycket störningskänslig och svårplanerad trafik. I samband med byggandet av Europabanan bör sträckan Maria – Helsingborg C byggas ut till fyra spår och Helsingborg C kompletteras med ytterligare två plattformsspår.

9 Slutsats

Tidtabellen för år 2020 medför att man får en extremt hög belägningsgrad inne på Helsingborgs driftplats, framförallt under högtrafik. Det innebär att omfördelning av tågtrafiken till andra spår på grund av uppkomna förseningar inte är möjlig. Uppstår det konsekvenser i ett sådant scenario kan det komma att resultera i stora samhällsekonomiska kostnader. Återställningsförmågan för tidtabellen gällande år 2020, i högtrafik, är negativ vilket innebär att förseningar inte kommer att kunna tas igen, utan kommer istället att sprida sig vidare i nätet. Den sämre återhämtningsförmågan år 2020 beror framförallt på ökad tågtrafik norr om Helsingborg C. Om man ska kunna framföra tågtrafiken med någon marginal för störningar måste den planerade trafiken på något sett glesas ut. Skånetrafiken bör alltså se över tidtabelläggningsplanen och komma med en reviderad tidtabellsplan för tågtrafiken.

Tidtabellen för HH – scenariot innebär att belägningsgraden kommer att vara under 80%, även under högtrafik. Det gäller *endast* om de antagna infrastrukturåtgärderna som tidigare nämnts är färdigställda.

En viktig punkt att peka ut är att vi inte tagit hänsyn till fjärrtågen i vår analys. Det betyder egentligen att våra resultat är något lägre än vad dem bör vara. Men redan nu tyder resultaten på för höga värden vilket innebär att det i praktiken kommer att vara ännu värre, eftersom då kommer fjärrtågen att trafikera banan.

Det räcker alltså inte med att bygga ut vissa delar av järnvägssystemet samtidigt som man lämnar kvar flaskhalsar som exempelvis Maria – Helsingborg C. För att klara av den positiva utvecklingen av tågresa måste arbetet med att bygga ut det svenska järnvägsnätet intensifieras. Det innebär att man måste börja investera på järnvägen. I vårt fall med Södertunneln är det framförallt utbyggnaden av hela Väst kustbanan till dubbelspår som bör prioriteras.

10 Källförteckning

Andersson, P. & Jiwestam, M 1. (2009) *OpenTrack – Simuleringsverktyg för kapacitetsberäkning av järnvägstrafik*. Kristianstad: Tyréns AB.

Andersson, P. & Jiwestam, M 2. (2009) *Systemanalys – Järnvägskapacitet Skåne NordVäst*. Kristianstad: Tyréns AB.

Corshammar, P. (2005). *Perfect Track – Din framgång i järnvägsunderhåll och driftsäkerhet*.

Diehl, U. & Nilsson, L. (2003) *Svenska lok och motorvagnar*. Göteborg: Förlagsstallet.

OpenTrack. *Railway simulation*. (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.opentrack.ch/opentrack/opentrack_e/opentrack_e.html> (2011-05-20)

Region Skåne. *Fast HH – förbindelse*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.skane.se/sv/Skanes-utveckling/Infrastruktur/Projekt-och-samarbeten/Tunnel-Helsingborg-Helsingor/>> (2011-07-07)

Skånetrafiken. *Tågstrategi 2037*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.skanetrafiken.se/upload/Dokumentbank/Styrdokument/T%C3%A5gstrategi/T%C3%A5gstrategi%202037%20inkl%20bilagor%20-%20Light.pdf>> (2011-05-20)

Trafikverket 1. *Södertunneln*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Skane/Sodertunneln/>> (2008-08-04)

Trafikverket 2. *Beräkningshandledning – Hjälpmedel för samhällsekonomiska bedömningar inom järnvägssektorn*. (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.trafikverket.se/PageFiles/14931/berakningshandledning_hjalpmedel_for_samhallsekonomiska_bedomningar_inom_jarnvagssektorn.pdf> (2011-05-20)

Trafikverket 3. *Reviderat förslag till framtidsplan för järnvägen*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.trafikverket.se/PageFiles/12075/Forslag-till-reviderad-framtidsplan-slutrapport-18-juni-webb-x.pdf>> (2011-08-05)

Trafikverket 4. *Spårgeometrihandboken*. (Elektronisk) Tillgänglig:
<http://ida8iext.banverket.se/bvdok_extern/ViewPdfDoc.aspx?docGUID=e7348c21-51ad-4228-8b6c-9199bd416211 > (2011-08-06)

UIC CODE 406. *Capacity*. (Elektronisk) Tillgänglig:
<<http://banportalen.banverket.se/Banportalen/upload/1753/HandbokUIC406.pdf>> (2011-05-20)

Vägverket. *Åtgärdsanalys enligt fyrstegsprincipen*. (Elektronisk) Tillgänglig:
<http://publikationswebbutik.vv.se/upload/1448/2002_72_atgardsanalys_enligt_fyrstegsprincipen.pdf> (2011-08-04)

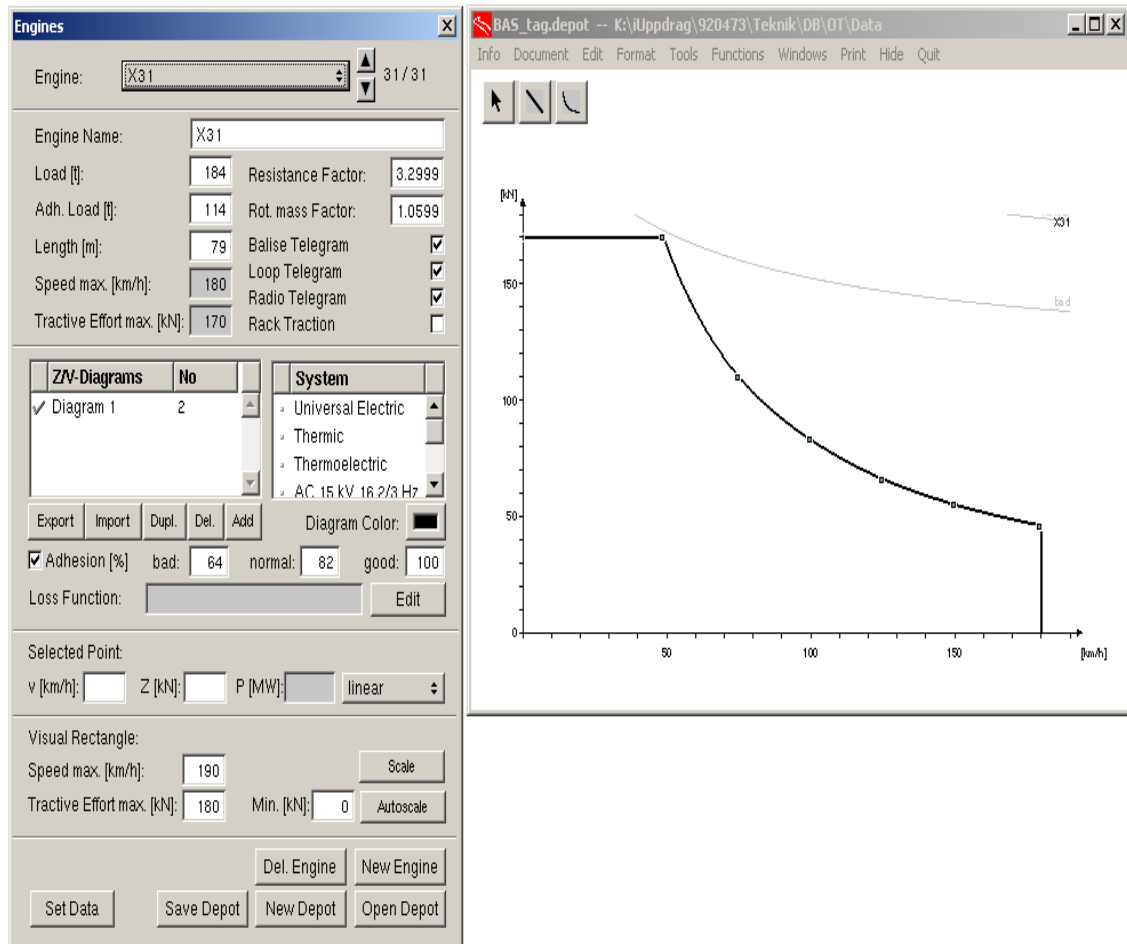
11 Bilagor

11.1 Bilaga 1 – Arbetsgång för simulering i OpenTrack

1. Precisera frågeställningen/avgränsning.
2. Insamling av data
 - Trafikeringsupplägg.
 - Bearbetning av tågtyper: dragkraftskurva, gångmotstånd, längd, acceleration/retardation, vikt, adhesionsvikt och maximal hastighet.
 - Bearbetning av bandata: driftplatssgränser, växlar, plattformar, platsmitt, lutningar, vertikalkurvor, cirkulärkurvor, signaler, baliser, sth (import från BIS och linjebok via Excel till OpenTrack).
3. Uppbyggnad i OpenTrack
 - Konstruktion järnvägsnät (inkl signaler, mötesdriftplatser)
 - Konstruktion tidtabell.
 - Fastställande av simuleringsparametrar
4. Simulering av ostörd trafik efter bestämning av simuleringstider.
5. Simulering av störd trafik efter bestämning av störningsmönster
 - Ingångsförseningar
 - Återställningsförmåga (%)
 - Negativa faktorer/problem

Analys och presentation av resultatet (diagram, statistik från OpenTrack)

11.2 Bilaga 2 – Exempel på tågdata i OpenTrack



11.3 Bilaga 3 – Banddata i Excel (från BIS) innan bearbetning

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Pl/str	UNE	spår	Bdl kmtal	till	spm	sid	Objekttyp	Objekt	objnr
2				942 0+ 499	942 0+ 880			STH A/B/S-tåg	100/100/100	3117
3	Cr	E2	2c	942 0+ 500		64.8		Spårväxel	126	11120034
4	Cr-Crgb	E2		942 0+ 576		0		Balisgrupp (ATC-ip)	RFS() 322	37519
5	Cr-Crgb	E2		942 0+ 582		0		Balisgrupp (ATC-ip)	M 224	37518
6	Cr-Crgb	E2		942 0+ 742		0		Balisgrupp (ATC-ip)	M 322	37520
7	Cr-Crgb	E2		942 0+ 742		0 v		Signal (främst ATC)	M 322	37520
8	Cr-Crgb	E2		942 0+ 748		0		Balisgrupp (ATC-ip)	RFS() 224	37529
9	Cr-Crgb	E2,E	21	942 0+ 862	942 0+ 897	35		Spårväxel	188	11180004
10	Crgb	E	21	942 0+ 880	942 0+ 964	84.5		STH A/B/S-tåg	100/100/100	3117
11	Crgb	E	21	942 0+ 910	942 0+ 939	29		Spårväxel	106	11180081
12	Crgb	E	21	942 0+ 964	942 1+ 920	956		STH A/B/S-tåg	70/70/70	3851
13	Crgb	E	21	942 0+ 964		0		Balisgrupp (ATC-ip)	HT 70PTKa HÖJ	39348
14	Crgb	E	21	942 1+ 18		0		Balisgrupp (ATC-ip)	M 331	37533
15	Crgb	E	21	942 1+ 310	942 1+ 374	63.5		Cirkulärkurva	-644	21831
16	Crgb	E	21	942 1+ 349		0		Plats/platsmitt	Crgb	1118
17	Crgb	E	21	942 1+ 414	942 1+ 510	96.8		Cirkulärkurva	-860	21832
18	Crgb	E	21	942 1+ 691		0		Balisgrupp (ATC-ip)	M 332	63691
19	Crgb	E	21	942 1+ 691		0 v		Signal (främst ATC)	M 332	63691
20	Crgb	E	21	942 1+ 697	942 1+ 724	27.4		Cirkulärkurva	-8000	21833
21	Crgb	E	21	942 1+ 760	942 1+ 789	29		Spårväxel	101	11180016
22	Crgb	E	21	942 1+ 781	942 1+ 803	22.1		Cirkulärkurva	7000	21834
23	Crgb	E	21	942 1+ 783		0		Balisgrupp (ATC-ip)	HT 70PTKa HÖJ	63692
24	Crgb	E	21	942 1+ 872		0		Balisgrupp (ATC-ip)	UBL L342	63616
25	Crgb	E	21	942 1+ 872		0 v		Signal (främst ATC)	UBL L342	63616
26	Crgb-Fki	E	21	942 1+ 920	943 2+ 773	853.2		STH A/B/S-tåg	90/90/90	3852
27	Crgb	E	21	942 1+ 920		0		Balisgrupp (ATC-ip)	90T70T	63694
28	Crgb	E	21	942 1+ 940		0		Balisgrupp (ATC-ip)	90T70T	63696
29	Crgb	E	21	942 1+ 945	942 1+ 970	25.4		Cirkulärkurva	-20000	21835
30	Crgb	E	21	942 1+ 978		0		Balisgrupp (ATC-ip)	INF 321	63615
31	Crgb-Fki	E	21	942 1+ 978	943 1+ 978	0		Stoppbock/Stngräns m.m	gr-01	11180078
32	Crgb-Fki	E		943 2+ 0	943 2+ 146	146.4		Lutning	0	158883
33	Crgb-Fki	E		943 2+ 146	943 2+ 408	261.3		Lutning	0	158884
34	Crgb-Fki	E		943 2+ 359	943 2+ 633	273.4		Cirkulärkurva	461	21836
35	Crgb-Fki	E		943 2+ 408	943 2+ 463	55.5		Lutning	-1	39861
36	Crgb-Fki	E		943 2+ 463	943 2+ 490	27.1		Vertikalkurva	-15000	14169
37	Crgb-Fki	E		943 2+ 485		0		Balisgrupp (ATC-ip)	AV	72597
38	Crgb-Fki	E		943 2+ 490	943 2+ 526	35.4		Lutning	1	158885
39	Crgb-Fki	E		943 2+ 526	943 2+ 548	22.1		Vertikalkurva	10000	14170
40	Crgb-Fki	E		943 2+ 548	943 2+ 622	73.6		Lutning	-1	158886
41	Crgb-Fki	E		943 2+ 585		0		Balisgrupp (ATC-ip)	OTV() 1	72610
42	Crgb-Fki	E		943 2+ 605		0		Balisgrupp (ATC-ip)	160T90K1	72601
43	Crgb-Fki	E		943 2+ 622	943 2+ 648	26.4		Vertikalkurva	-20000	26332
44	Crgb-Fki	E		943 2+ 625		0		Balisgrupp (ATC-ip)	90K190K1	72680
45	Crgb-Fki	E		943 2+ 648	943 2+ 707	59.6		Lutning	0	158887
46	Crgb-Fki	E		943 2+ 707	943 2+ 735	27.7		Vertikalkurva	-15000	26333
47	Crgb-Fki	E		943 2+ 735	943 2+ 841	106.1		Lutning	2	158888
48	Crgb-Fki	E		943 2+ 773	943 4+ 772	1998.9		STH A/B/S-tåg	140/160/160	3120
49	Crgb-Fki	E		943 2+ 773		0		Balisgrupp (ATC-ip)	140K90K1	42423

11.4 Bilaga 4 – Banddata i Excel efter bearbetning (för inläsning i OpenTrack)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	No.	Metre (m)	Vertex namn	Vertex km	X	Y	Speed S Up	Speed B Up	Speed A Up	Speed S	Speed B	Speed A	Grad.	Rad (m)	Tunnel	Signal Up	Signal Down	Station	S
2		499					100	100	100					0	0				
3		500	126																
4		576														Beacon			
5		581															Beacon		
6		582															Main distant		
7		742														Main distant			
8		743														Beacon			
9		748															Beacon		
10		862	188																
11		880					100	100	100										
12		882								100	100	100							
13		910	106																
14		964					70	70	70										
15		966								70	70	70							
16		1017															Beacon		
17		1018															Main distant		
18		1310													-644				
19		1349																Crgb	
20		1374													0				
21		1414													-860				
22		1510													0				
23		1691														Main distant			
24		1692														Beacon			
25		1697													-8000				
26		1724													0				
27		1760	101																
28		1781													7000				
29		1803													0				
30		1872														Main exit distant			
31		1873														Beacon			
32		1920					90	90	90										
33		1922								90	90	90							
34		1945													-20000				
35		1970													0				
36		1977															Beacon		
37		1978	gr-01																
38		1980															Main home distant		
39		2000											0						
40		2146											0						
41		2359												461					
42		2408												-1					
43		2463												0					
44		2490												1					
45		2526												0					
46		2548												-1					
47		2622												0					
48		2633													0				
49		2648													0				

11.5 Bilaga 5 – Tidtabell i OpenTrack

Timetable

Course ID	Station	Arrival	Departure	Wait	Stop	M. Del.
20913**	Kl	HH:MM:SS	11:40:00	0	✓	0
20913**	Kvi	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
20913**	Käb	HH:MM:SS	HH:MM:SS	0	→	0
20913**	Åp	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
20913**	Bjuv	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
20913**	Mör	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
20913**	Påa	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
20913**	Ätk	HH:MM:SS	HH:MM:SS	0	→	0
20913**	Ram	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
20913**	HB	12:13:00	HH:MM:SS	0	✓	0

Function:
 Wait [s]:

Course ID	Station	Min. Wait	Max. Wait	Join	Split
20133_IN**	HB	00:00:00	HH:MM:SS	✓	→

Interval 444 Courses 4145 Entries

Course ID:
 Delta Time:

Keep Interval References
 Keep Interval Ref. for Delays
 Update Courses / Services

Courses

Actual Course ID:
 Ref. Course ID:
 Train:
 Train Speedtype:
 Train Category:

Show Operations
 Show Stationnames
 Show Stops only

Show Day
 Show actual Data

Show Delay Colors
 Show Use Departure Time
 Show Distribution Name

11.6 Bilaga 6 – Förarbete i Excel gällande plattformsutnyttjande

66H																																																																																																																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59																																																																																	
Syfte	Trippel från depå										Trippel mot Helsingör										1305										Trippel från Manni										Trippel Mot Helsingör										1307										2002										Dubbel från Gevike										Trippel mot Trelleborg										2011																																																	
Syfte	1102										Enkel från Halm...										Trippel mot Helsingör										1102										Trippel från depå										Trippel mot Trelleborg										2010										2002										Dubbel från Manni										Dubbel mot Karlskrona										2074										1104										Dubbel Kågerhamn - Göteborg										1104									
Syfte	2070										Dubbel från Malmö										Dubbel mot Gevike										2005										2070										Enkel från Kristianstad										Dubbel mot Gevike										2007										1307										Dubbel från Kågerhamn																																																	
Syfte	2000										Enkel från Hylle										2000										Enkel från Hylle										Dubbel mot Gevike										2007										1307										Dubbel från Kågerhamn																																																																					
Syfte	2000										Dubbel från Hm										Dubbel mot Hälso										2007										Dubbel från depå										Dubbel mot Hälsoholm										2004																																																																															
67H																																																																																																																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59																																																																																	
Syfte	1105										Dubbel från Gev...										1105										2004										Dubbel från Gevike										Dubbel mot Karlskrona										2076										Dubbel till Göteborg										1105																																																											
Syfte	Enkel från depå										Sommarkoppling										Trippel mot Helsingör										1105										2004										Dubbel från Kågerhamn										Dubbel mot Hälso										2005										1105										Trippel från Helsingör																																																	
Syfte	2005										Dubbel från Hälsoholm										Trippel mot Trelleborg										2011										2010										Trippel från Trelleborg										Enkel mot spår 2										Dubbel mot Hälsoholm										2006																																																											
Syfte	2005										Enkel från depå										Trippel mot Trelleborg										2011										2010										Trippel från Trelleborg										Enkel mot spår 2										Dubbel mot Hälsoholm										2006																																																											
Syfte	2004										Enkel från Simrishamn										2004										Enkel från Simrishamn										Dubbel mot Gevike										2011										1304										Trippel från Helsingör																																																																					
Syfte	Dubbel från depå										Sommarkoppling										Trippel mot Helsingör										1307										Enkel från spår 2										Dubbel mot Gevike										2011										1304										Trippel från Helsingör																																																											
Syfte	2014										Dubbel från Trelleborg										Dubbel mot Gevike										2008										1304										Trippel från Helsingör										Trippel mot Helsingör										1305										2006										Dubbel från Gevike										Enkel från depå										Trippel mot Trelleborg										2015																			
68H																																																																																																																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59																																																																																	
Syfte	1107										Trippel mot Helsingör										1107										2000										Dubbel från Gevike										Dubbel mot Trelleborg										2017										2010										Trippel från Trelleborg										Dubbel mot Trelleborg										2019																																							
Syfte	Sommarkoppling										Trippel mot Helsingör										1107										2000										Dubbel från Gevike										Dubbel mot Trelleborg										2017										2010										Trippel från Trelleborg										Enkel mot Karlskrona										2070																																							
Syfte	2010										Trippel från Trelleborg										Dubbel mot Gevike										2010										Trippel från Helsingör										1304										Trippel från Helsingör										Dubbel mot Hälso										2010										Enkel mot depå										1307										Trippel från Helsingör										Trippel till depå																			
Syfte	2010										Trippel från Trelleborg										Enkel mot depå										Trippel från Helsingör										1304										Trippel från Helsingör										Dubbel mot Hälso										2010										Enkel mot depå										1307										Trippel från Helsingör										Trippel till depå																													
Syfte	Trippel mot Helsingör										1306										2076										Dubbel från Kågerhamn										Enkel sommarkoppling mot Gevike										Dubbel mot Gevike										2005										1100										Dubbel till Göteborg										1100										Enkel till depå																																							
Syfte	Trippel mot Helsingör										1306										2076										Dubbel från Kågerhamn										Enkel mot Hälso										2007										Enkel från depå										Dubbel mot Gevike										2005										1100										Trippel från Helsingör										Enkel till depå																													
Syfte	2005										Dubbel från Hälsoholm										Dubbel mot depå										2005										Dubbel från Simrishamn										Dubbel mot Hälsoholm										2000																																																																															

11.7 Bilaga 7 – Instruktionsritning över Helsingborgs driftplats för år 2020



ANLÄG		SÖDERTUNNELN	
Instruktionsritning Spårplanläggning 5		SÖDERTUNNELN	
Projekterad av	2019-12-21	Projekterad av	M. ALM-ÅRT
Reviderad av	2020-02-26	Reviderad av	H. EYDEL
Projekterad av	2019-12-9	Projekterad av	M. ALM-ÅRT
Reviderad av		Reviderad av	
Projekterad av		Projekterad av	
Reviderad av		Reviderad av	
Projekterad av		Projekterad av	
Reviderad av		Reviderad av	
Projekterad av		Projekterad av	
Reviderad av		Reviderad av	