

Utöka användningsområdet av högstighetsnätet i Sverige

Koppling av konventionella nätet till högstighetsnätet



LUNDS UNIVERSITET
Campus Helsingborg

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg Teknik och samhälle

Examensarbete:

Ameen Al-Ani

© Copyright Ameen Al-Ani

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

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

Tryckt i Sverige
Lunds universitet
Lund 2019

Sammanfattning

Sverige ämnar bygga sina höghastighetsbanor som beräknas vara i drift 2035.

Höghastighetsnätet löser kapacitetsproblemet i framtiden, Sveriges miljö-och klimatmål kräver mer järnväg och höghastighetsnätet kan öka tillgängligheten till möjliga arbeten inom 45 min restid (SJ u.å.).

Många orter som ligger i närheten av den förslagna höghastighetsbanan önskar att ingå i höghastighetsnätet. De höga investeringskostnaderna är huvudorsaken till att andra kringliggande orter inte planeras att anslutas till höghastighetsnätet.

Det här arbetet syftar till att utöka höghastighetsnätets användningsområde. Detta genom att sammankoppla befintliga banor till höghastighetsnätet. Arbetet presenterar vidare olika åtgärder som minskar konventionella nätets påverkan på höghastighetstrafiken ifall sammankoppling sker. Syftet med de föreslagna åtgärderna är att minimera förseningar och andra störningar som kan uppstå vid sammankoppling.

Rapporten är avgränsad till att konventionella nätet och höghastighetsnätet anslutas endast via förbindelserna:

- Växjö- Värnamo.
- Helsingborg- Hässleholm.

I arbetet utfördes en tvådimensionell riskanalys i syfte att studera vilken/vilka teknikområden som har störst riskvärde. Riskanalysmetoderna avgränsas på grund av de begränsade resurser författaren har tillgång till under arbetets genomgång. Riskanalysens kategorier avgränsas enbart till punktlighet. Riskanalysens objekt avgränsas till järnvägens infrastrukturens teknikområden. Riskanalysens dimensioner avgränsas till två dimensioner, i detta fall konsekvens och sannolikhet (tidsaspekten ignoreras).

En Multikriterieanalys används för att kunna jämföra olika utredningsalternativen som presenteras i arbetet i förhållande till jämförelsealternativen. I en MCA jämförs utredningsalternativen med hjälp av konfliktkritiker (Messina 2006).

Totalkostnader för generella åtgärderna som föreslås i arbetet avgränsas till grova uppskattningar.

Först undersöktes vilken/vilka aktörer som orsakar mest förseningar. Då framkom det att Trafikverkets infrastrukturanläggningar orsakar mest förseningar.

Sedan utfördes en riskanalys i syfte att studera vilken/vilka teknikområden som har störst riskvärde. Riskanalysen visar att teknikområde signal har högsta riskvärderingen bland alla teknikområden.

Delsystemet spårledning har högsta riskvärden bland alla delsystemen. Detta är på grund av den vanligaste fel som uppstår är överledning av isolerskarvar. Överledningen av isolerskarvar är fel som uppstår inom delsystemet spår som har en indirekt påverkan på delsystem spårledning.

Därefter söktes åtgärder som kan minska riskvärden genom att minska sannolikheten för delsystem spårledning.

Bland de åtgärderna som kan minska överledningsproblemet är:

- Rälsmaterielbyte till materiel med högre hållfastighet.
- Användning av icke magnetiska material för räl eller rälsändarna.
- Öka antal skarvar t.ex. införing av dubbla skarvar.
- Tåg med ”dammsugare”.
- Alternativa positioneringssystem såsom axelräknare och annan skarvfri fordonsdetektering.

Inom arbetet föreslås även andra generella åtgärder vilka minimerar riskvärden genom att inom alla teknikområden minska konsekvensvärderingen. De åtgärderna som presenteras är:

- Mötesspår med samtidig infart (med approximerad totalkostnad per förbindelse: 120–130 mkr)
- Dubbelspår (med approximerad totalkostnad per förbindelse: 5–8 mdr)
- Dubbelspår med mötesspår (med approximerad totalkostnad per förbindelse: 5,5–8 mdr)

Arbetet visar att trafikverket är den största orsaken till förseningar. De flesta förseningar sker på grund av fel i infrastruktur. Teknikområde signal har högst riskvärde bland alla teknikområden. Delsystemet spårledning har högsta riskvärde bland alla delsystem.

Åtgärderna som minskar sannolikhetsvärdering för delsystemet spårledning kan vara av hög innovationsgrad, högkostnad eller högtid för implementering. Därför föreslås generella åtgärder som minskar konsekvensvärde inom alla teknikområden.

Primär åtgärd som rekommenderas är att bygga ut förbindelser till dubbelspåriga linjer.

Beräknade kostnad är 11–15 mdkr för både förbindelserna.

Nyckelord: Höghastighetsjärnväg, riskanalys, signal, åtgärd, Helsingborg, Växjö, Hässleholm, Värnamo.

Abstract

Sweden intends to build its high-speed railways, which are expected to be operational by 2035. The high-speed network solves the capacity problem in the future. Sweden's environmental and climate goals require more rail and the high-speed network can increase access to possible jobs within 45 minutes of travel time (SJ u.å.).

Many cities that are close to the proposed high-speed railway wish to be included in the high-speed network. The high investment cost is the main reason why other neighbouring locations are not planned to be connected to the high-speed network.

This report aims to expand the area of use of the high-speed network by adding Helsingborg and Växjö to the high-speed network stations list. But in this case, high-speed railways should not be built between the above-mentioned locations. Instead Helsingborg and Växjö will be included in the high-speed network with the help of the already existing railways. This means that local train traffic and the high-speed network will be connected through the connections mentioned below.

The report is based on expanding the use of the high-speed network by connecting Sweden's local train traffic and Sweden's high-speed network only through these connections:

- Helsingborg- Hässleholm.
- Växjö- Värnamo.

Connections to Hässleholm and Värnamo are suitable to study since they are a part of the high-speed network (Trafikverket 2018).

In this thesis, a two-dimensional risk analysis was performed in order to study which technology areas have the highest risk value. Risk analysis methods are limited because of the limited resources the author has access to during the writing of this thesis. Risk analysis categories are limited to punctuality only. The risk analysis objects are limited to the technical infrastructure of the railway and the risk analysis dimensions are limited to two dimensions, in this case consistency and probability (the time aspect is ignored).

A Multi-criteria analysis is used to be able to compare different measures that are presented in this thesis to each other in relation to not implementing any measure at all. In an MCA measures are compared with the help of conflicting criteria (Messina 2006).

Total costs for the general measures proposed in the work are limited to rough estimates.

This connection between local train traffic and the high-speed network will affect the punctuality of the high-speed network, and that is what will be investigated in this work. After the investigation it was concluded that the Swedish Transport Administration (Trafikverket) causes the most delays and that faults that occur within the railway infrastructure cause the most delays.

A risk analysis is then performed to know which technical field has the highest risk value. According to the risk analysis, the technical field: the signalling system has the highest risk rating among all the technical fields.

The subsystem: track circuit system has the highest risk values among all subsystems. This is because of the most common faults that occur is overflow of insulation joints that occur within the subsystem: track that have indirectly impacts the subsystem: track circuit system.

Specific measures are proposed that can reduce risk values by reducing the probability of failure occurrence within the both subsystems: track and track circuit system.

Among the measures that can reduce the conduction problem are:

- Rail material change to material with higher strength.
- Use of non-magnetic material for rails.
- Increase number of joints e.g. insertion of double joints.
- Train with vacuum cleaner, without magnet near the joints.
- Alternative track circuit system implementation such as: Axle counters and joint-free train detection.

Other general measures are proposed that minimize the risk value by minimizing the consequences after fail occurrence. The measures presented are:

- Meeting track with simultaneous entrance (with an approximated total cost per connection: 120–130 Mkr).
- Double track (with an approximated total cost per connection: 5–8 Bnkr)
- Double track with meeting track (with an approximated total cost per connection: 5,5–8 Bnkr)

This thesis shows that the Swedish Transport Administration is the leading cause of delays. Most delays occur due to infrastructure failures. The technical field: the signalling system has the highest risk value among all technology areas. The subsystem: track circuit system has the highest risk values among all subsystems.

The measures that reduce the likelihood evaluation for the traceability subsystem can be of a high degree of innovation, high cost or high implementation time. Therefore, general measures are proposed that reduce the impact value in all technology areas.

The primary measure that is recommended is to build a parallel track to the already existing track. The estimated cost is 11–15bn SEK for both connections.

Keywords: High-speed railway, risk analysis, signalling system, measure, Helsingborg, Växjö.

Förord

Detta examensarbete utgör den avslutande delen av utbildningen till högskoleingenjör i byggt teknik med inriktning järnvägsteknik på Lund Tekniska Högskola, Campus Helsingborg, Lunds universitet.

Ett stort tack till SYSTRA i Malmö för kontorsplatser och trevlig och snäll personal som har hjälpt mig med råd, dokument och källor till examensarbetet. Speciellt tack till Daniel Glimelius för stöd och hjälp under arbetets genomgång.

Ett extra stort tack till Andreas Persson som handledare på LTH och Sven Assarsson i rollen som handledare från SYSTRA.

Begrepp/terminologi

Bytestid: ”Utgörs av tillgänglig tid för resenären att byta mellan två linjer, inkluderar även gångtid och väntetid vid bytet” (SKL & Trafikverket 2012).

Bytesstraff: Representerar den extra fysiska och psykiska ansträngning som ett byte kan innebära (SKL & Trafikverket 2012).

Delsystem: Ett översiktligt begrepp som innebär i detta fall en del av ett teknikområde som omfattar många komponenter (Trafikverket 2014a), t.ex. spår.

Driftplats: Ett spår från linjen avgränsat område av banan som kan övervakas av tågklarare mer detaljerat än vad som krävs för linjen (Transportstyrelsen 2008).

Dubbelspårig järnväg: Innebär två parallella spår som anslutar två driftplatser som tillåter fordonsrörelse i både riktning utan att de påverkar varandra (INFRANORD AB 2019).

Enkelspårig järnväg: Innebär ett huvudspår som anslutar två angränsade driftplatser som tillåter fordonsrörelse bara i en riktning (Transportstyrelsen 2008).

Failsafe (Felsäker): Egenskap hos en funktion eller ett system vilken innebär att om ett fel uppstår skall funktionen eller systemet gå till ett säkrare läge (Järnvägsskolan¹).

Förseningstid: ”Väntetiden eller ombordtiden på ett färdmedel som beror på en försening upplevs som mer belastande än väntetid som man känner till i förväg” (Brandtsegg & Hultén 2017).

Headway: ”Headway är benämningen på det tidsavstånd som anger hur tätt två tåg kan trafikera ett spår utan att det efterföljande tåget får restriktivt signalbesked” (Trafikverket 2019).

Linje: Banan som är utanför stationernas (driftplatser) gränser (Transportstyrelsen 2008).

MCA: Multikriterieanalys (för mer information se 2.3)

Restidskomponenter: Restiden består av gångtid, väntetid, åktid och eventuell bytestid och förseningstid (SKL & Trafikverket 2012).

¹ Järnvägsskolan, Trafikverket, föreläsning den 8 mars 2018.

Risikanalyt: ”*Risikanalyt innebär en systematisk identifiering av olycksrisker samt bedömning av risknivåer. Risikanalyt bör normalt innehålla beräkningar eller uppskattningar av sannolikheter och konsekvenser samt belysa osäkerheter i analysen*” (Davidsson 2003)

Samtidig infart: Samtidig infart gör det möjligt för två tåg att köra in på en mötesstation samtidigt från varsitt håll, där ett tåg inte behöver invänta det mötandetåget (Trafikverket 2014b).

Teknikområde: Projektering av järnvägsanläggningar är uppdelad i områdena Mark (M), Bana (B), Elkraftsförsörjning (El), Kontaktledning (Ktl), Signal (S), Tele (T) samt Kanalisation (K) (Lindgren 2009).

Upplvd restid: Tiden som resenärerna upplever, tiden representerar den psykiska ansträngningen som en resa kan innebära (Brandtsegg & Hultén 2017).

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställningar.....	2
1.4 Problemformulering.....	3
1.5 Metod	6
1.4.1 Riskanalys	7
1.4.2 Multikriterieanalys (MCA)	14
1.6 Avgränsningarna	15
2. Teori.....	16
2.1 Teknikområde: signal.....	16
2.1.1 Signalsystemets samarbete.....	16
2.1.2 Signalfel	17
2.1.3 Signalfelsorsaker	17
2.1.4 Generella konsekvenser	20
3. Förseningsorsaker	21
4. Genomförande av analys.....	22
5. Åtgärdsförslag.....	25
5.1 Åtgärdsförslag för delsystem med högst riskvärde	25
5.1.1 Författarens åtgärdsförslag.....	28
5.2 Diskussion.....	28
6. Generella åtgärder	29
6.1 Jämförelsealternativet (JA) Förbindelserna anslutas till höghastighetsnätet utan ändring	30
6.2 Utredningsalternativ 1: Mötesspår med samtidig infart.....	31
6.3 Utredningsalternativ 2: Dubbelspår	31
6.4 Utredningsalternativ 3: Dubbelspår med mötesspår	32
6.5 MCA	33
6.6 Resultat och Diskussion.....	34
7. Slutsats	35
8. Utvecklingsmöjligheter.....	36
9. Referenser	37

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I Europa satsar många länder på höghastighetsbanor för tåg som går i mer än 250 km/h. Sverige ämnar bygga sina höghastighetsbanor som beräknas vara i drift 2035 (SJ u.å.). Ett syfte med banorna är att bli ett konkret bidrag till Sveriges tillväxt. Höghastighetsbanan anses kunna lösa många transportproblem som Sverige har idag och kommer att säkra framtiden.

Enligt SJ (u.å.) Orsaker till byggande av höghastighetsbanor är följande:

- 1- **Lösa kapacitetsproblemet:** Enligt SCB (2019a) kommer Sveriges befolkning att öka upp till 12 miljoner invånare år 2035 och 13 miljoner år 2060. Sverige järnvägssystem har kapacitetsproblem redan nu.
- 2- **Sveriges miljö- och klimatmål förutsätter mer järnväg:** Regeringens vision är att år 2050 inte ska ha några nettoutsläpp av växthuseffekter. Hela 78% av Sveriges oljeimport i dag går till transportsektorn och därför är järnvägen mer än en bra lösning till ett sådant problem.
- 3- **Kortare restid** ger inte bara ökad konkurrenskraft för kollektivtrafiken jämfört med bilen utan också ökad omätbara effekter såsom livskvalitet och ökad stadsutveckling.
- 4- **Att bygga höghastighetsbanan kan öka tillgängligheten till möjliga arbeten** inom 45min restid.

Fördelar som ovanstående gör att många orter som ligger i närheten av den tänkta höghastighetsbanan vill vara anslutna till höghastighetsnätet. De höga investeringskostnaderna är en av orsakerna bakom varför kringliggande orter i dagsläget inte kommer att anslutas till höghastighetsnätet.

1.2 Syfte

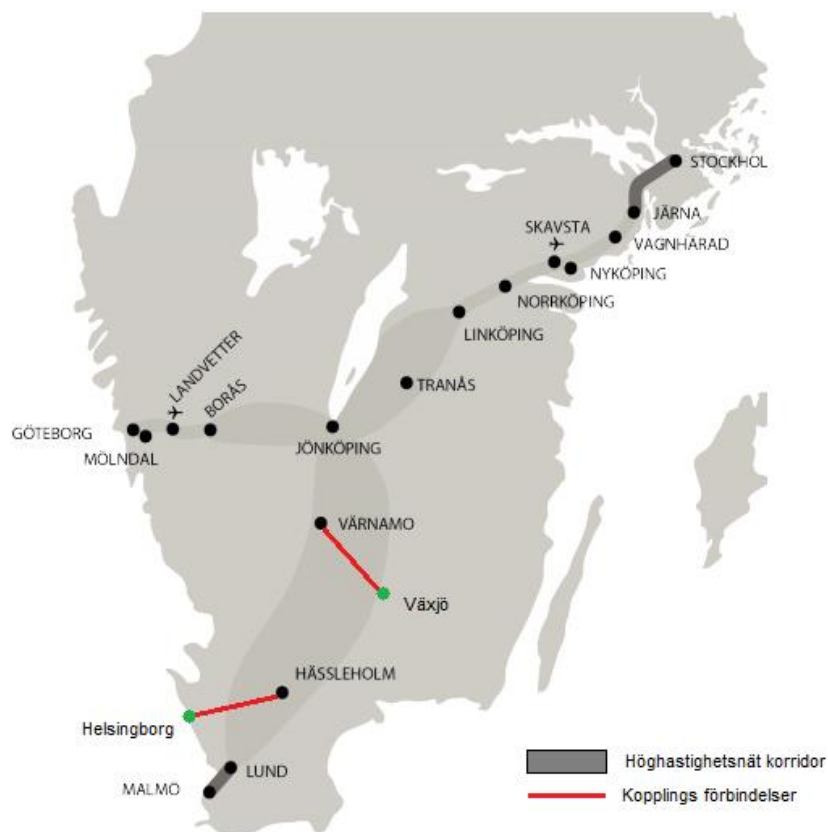
Arbetets syfte är att undersöka om det går att utöka höghastighetsnätets användningsområde utan att bygga fler höghastighetsbanor. I detta arbete ansluts Växjö och Helsingborg till höghastighetsnätet via de befintliga banorna. De studerade befintliga banorna är anslutna till orter som planeras att ingå i höghastighetsnätet.

1.3 Frågeställningar

- Vilken/vilka aktörer som orsakar mest fel och vilken typ av fel som orsakar mest förseningar?
- Vilka teknikområde har störst påverkan på höghastighetstrafikens punktlighet?
- Vilka åtgärder behövs för att minimera riskerna på höghastighetsnätet efter kopplingen av Helsingborg och Växjö?
- Vilken/vilka åtgärder kan rekommenderas?
- Vad är de approximerade investeringskostnaderna för de åtgärderna?

1.4 Problemformulering

Höghastighetsnätet som Sverige kan komma att nyttja år 2035 ska binda samman de största städerna i Sverige (Stockholm, Göteborg och Malmö) med Jönköping som en knutpunkt (se Figur 1).



Figur 1: Stationer inom höghastighetsnätet enligt Trafikverkets beslut 2018-10-08 (Trafikverket 2018).

De städer som är namngivna (exklusive Växjö och Helsingborg) i Figur 1 är förslag till orter höghastighetsnätet ska få möjlighet att genomföra resandeutbyte.

Höghastighetsnätet kommer att ha ett begränsat antal stopp i de markerade orterna som kan ses i Figur 1.

Många orter som ligger i närheten av den förslagna höghastighetsbanan önskar att ingå i höghastighetsnätet. De höga investeringskostnaderna är en av orsakerna till att andra kringliggande orter inte planeras att anslutas till höghastighetsnätet via t.ex. nya höghastighetsbanor.

Det betyder att befintlig konventionella nätet och höghastighetsnätet kommer sammankopplas. Det betyder även att höghastighetståg och konventionella tåg kommer trafikera samma banor. Anslutningen innebär att belastningen för förbindelserna som

nämndes ovan kommer att öka. Belastningsökningen betyder högre sannolikhet för förseningar.

När ett fel uppstår på befintliga och anslutande banor kan det påverka höghastighetstågens punktlighet. Dessa förseningar kan generera påverkan på stora delar av höghastighetsnätets punktlighet.

Ett höghastighetståg med slutstation Växjö eller Helsingborg måste passera Hässleholm respektive Värnamo. Ifall de tågen blir försenade så kommer de att påverka andra höghastighetstågs punktlighet som kör mellan Stockholm, Göteborg och Malmö.

Enligt SJ:s planering, för höghastighetstrafikering vid det fullt utbyggda höghastighetsnätet, antas fem tåg i timmen i vardera riktningen Malmö-Stockholm (SJ u.å.). Med en logisk utgångspunkt avgår tågen med 12 minuter mellanrum. Teoretiska headway för höghastighetsbanorna i Sverige är 2,5 minuter (Aurell 2016). Det betyder att en försening av ett höghastighetståg på 9,5 minuter är maximalt tillåtet för att inte nästa tågläge ska påverkas negativt.²

”Ett försenat långdistanståg var under 2018 i genomsnitt 20 minuter sent.” (Trafikanalys 2019). 20 minuter försening överskrider det maximala förseningstid tillåtet för att inte nästa tågläge ska påverkas negativt.

I detta resonemang krävs dock att bakomliggande tåg inte är ett direkt höghastighetståg från Malmö (d.v.s. ett tåg som inte stannar på Hässleholm eller Värnamo. I detta fall kommer det försenade tåget från Helsingborg-Hässleholm och Växjö-Värnamo bli ikappkört och därmed försenas också direkttåget.¹

Sammankopplingen betyder att Växjös och Helsingborgs resenärer som vill ta sig till Stockholm t.ex. inte behöver utföra något byte.

Vanligtvis försöker man undvika förseningar under eller innan resan samt undvika fordonbyte för att minska resenärernas upplevda restid. Eftersom resenärerna upplever restidens komponenter vanligtvis mer än vanlig restid (SKL & Trafikverket 2012). En försening upplevs av resenärerna mycket mer än vanlig restid samt att en försening kan påverka resenärernas färdmedelsval. *”Förseningstiden upplevs som cirka sex gånger så belastande som vanlig restid”* (Brandtsegg & Hultén 2017).

² Anton Engström, järnvägsingenjör på företaget SYSTRA Göteborg kontoret, e-post den 4 oktober 2019.

Resenärerna värderar bytestiden som 2,5 gånger så belastande som vanlig restid (Brandtsegg & Hultén 2017) utan att man tar hänsyn till bytesstraff som är tillägg av extra 5 minuter (SKL & Trafikverket 2012).

Syftet med sammankopplingen är att utöka höghastighetsnätets användningsområde och öka antal höghastighetsnätets resenärer utan byte och med minst risk för förseningar.

1.5 Metod

I detta arbete undersöks förseningsorsaker för att kunna förstå hur förbindelserna Växjö-Värnamo och Helsingborg-Hässleholm kommer att påverka höghastighetsnätets punktlighet efter sammankoppling. Undersökning av förseningsorsaker behövs för att kunna ge åtgärdsförslag som minskar förseningarna för att minimera påverkan på höghastighetsnätets punktlighet efter kopplingen.

För att kunna bedöma vilket teknikområde som har störst påverkan på höghastighetsnätets punktlighet behöver en riskanalys genomföras. Syftet med en riskanalys är att identifiera och kvantifiera risker som kan uppkomma efter kopplingen av konventionella nätet och höghastighetsnätet via förbindelserna som nämndes ovan. I detta fall risker som kan uppstå inom järnvägens olika teknikområden och risker som kan påverka höghastighetsnätets punktlighet efter kopplingen.

Åtgärder som minskar sannolikhetsvärde för delsystemet som har störst riskvärde förslås. Andra generella åtgärder som kan minska förbindelsernas konsekvenser, alltså effekter på höghastighetsnätets punktlighet kommer föreslås.

En MCA genomförs för att kunna jämföra dessa åtgärder för att bedöma vilken eller vilka åtgärder som är lämpligast att implementera. Åtgärden som väljs borde minska riskvärderingen på punktligheten.

Detta kapitel innehåller definitioner, generella metoder samt utvalda metoder för riskhantering. Detta gör ett underlag för att förstå vad riskanalys är och hur den ska tillämpas i detta arbete för att få en bra bild om hur stora risker som kan uppstå vid koppling av konventionella nätet till höghastighetsnätet i framtiden.

Kapitlet innehåller MCA:s definition, exempel och motiv bakom användningen av det i detta arbete.

1.4.1 Riskanalys

Risk innebär att hantera eller kvantifiera osäkerheter eller oönskade händelser. Risk kan indelas utifrån många antal olika utgångspunkter. I den här rapporten kan riskens karaktär eller ursprung beskrivas som teknologiska risker till exempel anläggningar och transportsystem.

Risker kan delas i följande typer:

- **Deterministiska risker:** risker eller fel som uppstår med regelbunden sannolikhet och en liten slumpvariation.
- **Slumpmässiga risker med relativt stora variationer:** där både sannolikhet och konsekvens för en händelse beaktas.
- **Katastrofer:** mycket omfattande olycka som sker med liten sannolikhet.

För att kunna göra en riskbedömning inom riskanalys måste följande punkter identifieras:

- Risk.
- Sannolikhet.
- Konsekvens.

1.4.1.1 Val av analysmetod

Beroende på vad som ska analyseras kan olika metoder vara aktuella. Rätt valda metoder är viktiga för att få realistiska resultat eller resultat som beskriver verkligheten bra som möjligt. Enligt (Davidsson 2003) finns det olika analysmetoder såsom:

Grov eller detaljerad analys:

Enligt Davidsson (2003), en grovanalys innebär en grov riskidentifiering och bedömning medan en detaljerad analys går in på komponentnivå i de tekniska systemen eller på arbetsuppgiftsnivå.

Detaljeringsgraden som används är beroende av olika faktorer enligt Davidsson (2003):

- Frågeställningen.
- Syftet med analysen.
- Var i riskhanteringsprocessen analytikern (i detta fall författaren) befinner sig.
- Vilka tillgängliga resurser analytikern (i detta fall författaren) har tillgång till.

Kvalitativa eller kvantitativa analyser:

Beroende på vad syftet med analysen är kan olika metoder användas se Tabell 1:

Tabell 1: Visar vilka analysmetoder som kan vara tillräckliga beroende på analysens syfte. Tabellen skapades av författaren. Informationskälla: Davidsson 2003).

Syfte/Avgränsning	Analysmetod som kan vara tillräcklig
Erfarenhetsbaserade bedömningar för att identifiera riskkällor/situationer	Kvalitativ analys
Riskens storlek redovisas numerisk	Kvantitativ analys

De flesta riskanalyser innehåller kvalitativa egenskaper när det gäller beskrivning och avgränsning av analysobjektet och när det gäller specificering av riskmodell.

I en kvantitativ analysmetod krävs det en kvantifiering av sannolikheter och konsekvenser för att kunna få ett värde som beskriver riskens storlek (Davidsson 2003)

Deterministiska eller probabilistiska metoder:

Deterministiska metoder gör ett antagande att ett fel kommer att inträffa. Metodens fokus är på konsekvenserna /Sannolikheten beaktas inte i denna metod). Probabilistiska metoder däremot tar hänsyn till både sannolikheter och konsekvenser se Tabell 2 nedan.

Tabell 2: Visar analysmetoder och dess beskrivning samt vilka fördelar och nackdelar metoderna har (Bengtsson & Eriksson 2008).

Metod	Beskrivning	Fördelar	Nackdelar
Deterministisk	<p>Konsekvensbaserad: Innebär en beskrivning av en olyckshändelse och dess konsekvenser.</p> <p>Dess händelser kan karakteriseras som:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Värsta tänkbara skadehändelser. • Dimensionerade skadehändelser. 	<p>Analysen kan vara enkel att applicera/använda, resultaten kan kommuniceras på ett enkelt sätt.</p>	<p>En konsekvensbaserad metod, vilket innebär att sannolikheten för en olycka eller att ett fel inträffar inte beaktas.</p> <p>Stora kostnader för åtgärder och osäkerheter vid riskacceptans kan förekomma beroende på hur man karakteriserar händelserna.</p> <p>Händelser som karakteriseras som värsta tänkbara skadehändelser kan betyda stora kostnader för åtgärder som egentligen inte behövs.</p> <p>Händelser som karakteriseras som dimensionerade skadehändelser kan innebära osäkerheter när det gäller vilka risker som accepteras.</p>
Probabilistisk	<p>Riskbaserad: Utgår från vilka sannolikheter för att ett fel ska inträffa samt vilka konsekvenser som dessa fel ger upphov till.</p>	<p>På grund av att analysen är riskbaserad kan riskbedömning vara mer trovärdig samt enkel att presentera till exempel med hjälp av en riskmatris.</p>	<p>En detaljerad och noggrann analys kräver resurser som kan vara otillgängliga.</p> <p>Osäkerhet vid uppskattning av sannolikhet kan vara av stor påverkan på risknivåuppskattning.</p>

Induktiv eller deduktiv analys:

Deduktivt resonemang betecknas genom att slutsatser dras att något måste vara sant. Den deduktiva infallsvinkeln innebär att slutsatserna dras utifrån befintliga teorier och principer och uppfattningar om ämnet (Bengtsson & Eriksson 2008).

Ett induktivt resonemang betecknas genom att slutsatser dras att principen måste vara rätt i allmänhet. Den induktiva infallsvinkeln innebär utveckling av teorier baserad på analysering av tidigare samlade data. Detta angreppssätt kräver kunskap om ämnet som analyseras. Vanligtvis anses denna metod vara omöjlig att använda (Bengtsson & Eriksson 2008).

1.4.1.2 Riskidentifiering

Syftet med riskidentifiering är att identifiera största mängden risker vilket ger en bra bild om vilka åtgärder som behövs inför implementering av dem (Hillson 2005).

1.4.1.3 Riskskattning

Riskskattningen är extremt beroende av sannolikheten och konsekvensen (två dimensionell risk). Det är mycket viktigt att först välja sannolikhets och konsekvens metoder som passar det som ska analyseras för att erhålla rimliga riskvärden som beskriver verkligheten på bästa möjliga sätt (Bengtsson & Eriksson 2008).

Bedömning av sannolikhet:

Enligt Bengtsson & Eriksson (2008) finns det tre olika sätt att identifiera eller bedöma sannolikheten:

- Empiriska skattningar: Sannolikheten bedöms utifrån tidigare inträffade händelser.
- Logiska system: Kombinationer av tekniska och mänskliga fel som leder till den aktuella händelsen undersöks och sannolikheten för händelsen beräknas med hjälp av empiriska data för sådana fel.
- Expertbedömningar: Sannolikheten uppskattas utifrån subjektiva skattningar av personer med god kännedom om aktuella förhållanden.

Bedömning av konsekvens:

Konsekvensbedömning innebär att effekterna som kan uppstå vid en viss fel/olycka ska förtydligas. Beroende på vad analysens fokus ligger på kan konsekvenserna bedömas utifrån skador på miljö, människor, ekonomi eller annat beroende på vad som är skyddsvärt d.v.s. vad man vill skydda genom att göra en riskanalys. Konsekvenserna uttrycks i absoluta tal i en

kvantitativ analys medan de i en kvalitativ analys utgörs av en erfarenhetsbaserad bedömning (Bengtsson & Eriksson 2008).

Bedömning av risk

En riskanalys redovisas vanligtvis med någon form av värdering för att hantera om riskerna är acceptabla eller inte.

Dimensioner av risk är följande:

- Sannolikhet.
- Konsekvens.
- Tid.

En av de vanligaste metoder för en kvalitativ riskanalys är tvådimensionell riskbedömning, där risken enbart bedöms med hjälp av två dimensioner bara (Bengtsson & Eriksson 2008).

Det finns flera variationer och typer av tvådimensionella riskmatriser, antingen med en tregradig eller femgradig punktsintervall för sannolikhet och konsekvens. Risken beskrivs som ”*produkten av sannolikhet multiplicerat med konsekvens (sannolikhet (S) x Konsekvens (K) = Risk (R)*” (BYA 2003)

Exempel av matrisen:

Tabell 3: Exempel på en tvådimensionell riskmatris med femgradig punktintervall.

Sannolikhet (S)	Konsekvens (K)	Risk (S*R)
1	1	1
5	5	25

Lägsta poängen är 1 där både sannolikhetsgraden och konsekvensgraden är 1, och högsta riskvärde är 25 där både sannolikhetsgraden och konsekvensgraden är 5.

1.4.1.4 Metodanvändning (utvalda metoder)

I det här kapitlet beskrivs metoderna som kommer användas samt förklaringen för de utvalda metoder/modeller se Tabell 4 nedan:

Tabell 4: Visar utvalda metoder/modeller med förklaring till varför de valdes.

Metod/Bedömning	Förklaring
Analysmetod: Detaljerad analys	En detaljerad analysmetod går in på komponentnivå i tekniska systemen. Arbetets analysobjekt är de olika teknikområden inom järnvägsanläggningar.
Analysmetod: Deduktiv	Deduktiv analysmetod anses vara möjlig att använda i verkligheten.
Analysmetod: Kvalitativ	Arbetet kräver en erfarenhetsbaserade bedömningar för att identifiera riskkällor/situationer. Olycksstatistiken saknas detta gör att en kvantitativ analysmetod inte kan användas på grund av de begränsade resurserna. Värderingen granskades av Glimelius ³ för att få mer trovärdig värdering.
Analysmetod: Probabilistiskt	Tar hänsyn till både händelsens sannolikhet och konsekvens.
Sannolikhetsbedömning (Expertbedömningar)	På grund av de begränsade resurser, där rapportens författare bedömer sannolikhetsvärde, sannolikhetsvärden granskades av Glimelius ³ för att få mer trovärdig värdering.
Riskbedömning (två dimensionell)	En vanlig metod vid riskbedömning som beskrivs som en produkt av sannolikhet multiplicerat med konsekvens.

³ Daniel Glimelius, järnvägsingenjör på företaget SYSTRA Malmö kontoret, granskades den 27 juni 2019.

1.4.1.5 Osäkerheter och problem i de utvalda metoderna

Detaljerad analys: Detaljeringsgraden är resursberoende.

Kvalitativ analys: Det kan vara svårt att kvantifiera sannolikhet och konsekvens på ett objektivt sätt.

Sannolikhetsbedömning: Subjektivitet vid sannolikhetsbedömning.

Riskbedömning, (två dimensionell): Tidsaspekten ignoreras.

Riskhändelser som inte kan identifieras eller svår att identifiera/hantera:

- Framtida risker som inte går att förutse.
- En kombination av fel som uppkommer inom de olika komponenterna i samma teknikområde eller mellan olika komponenter i de olika teknikområdena är svårt att kvantifiera och förutse.
- En del risker som inträffar beror på den mänskliga faktorn, de kommer inte att beaktas i riskanalysen.

1.4.1.6 Allmänna åtgärder

Risker som betraktas som oacceptabla (risk med hög värdering) måste undvikas eller åtgärdas på ett effektivt sätt där risken minimeras eller elimineras. Detta görs genom att undersöka riskdimensioner, man kan till exempel minimera sannolikheten för ett fel ska uppstå eller minska konsekvensen när ett fel inträffar (Lamberg 2007).

Det finns fyra åtgärdstyper för högt riskvärde; undvika, förflytta, minimera eller inte åtgärda. Att undvika risker innebär att välja åtgärder som gör att risken inte uppkommer, vilket vanligtvis är omöjligt. Att förflytta risken innebär att välja åtgärder som flyttar risken till en annan avdelning eller intressent som kan hantera riskerna på ett bättre sätt. Vanligtvis väljs åtgärder som minskar risken istället för att undvika och förflytta risken. Att minska risken innebär att vidta åtgärder som minskar riskens dimensioner; sannolikhet, konsekvens eller tidsaspekten, eller alla tre samtidigt. Att inte åtgärda är sällan valet men används när man bedömt att åtgärda riskerna kan ge en negativ nytta till exempel höga kostnader (Lamberg 2007).

1.4.2 Multikriterieanalys (MCA)

I detta arbete kommer olika åtgärdsförslag presenteras, vars mål är att minimera de utvalda förbindelsernas effekter på höghastighetsnätet efter kopplingen.

En MCA används för att kunna jämföra olika utredningsalternativen i förhållande till jämförelsealternativen. I en MCA jämförs utredningsalternativen med hjälp av konfliktkriterier. Konfliktkriterier är typiska vid utvärdering av alternativ: kostnad eller pris är vanligtvis ett av huvudkriterierna, och ett mått på kvalitet är vanligtvis ett annat kriterium, lätt i konflikt med kostnaden (Messina 2006).

Resultatet av en MCA bör inte vara en avgörande ställning vid beslutfattande (Messina 2006).

- **Val av kriterier:** Här tas fram vilka kriterier som alternativen ska utvärderas och jämföras efter (Messina 2006).

Exempel: Effekter på landskap, buller, punktlighet med mera.

- **Jämförelse/kvantifiering:** Varje alternativ poängsätts med avseende på varje kriterium för att kunna se hur mycket bättre eller sämre ett alternativ är jämfört med jämförelsealternativet (Messina 2006).
- **Kriterievikt:** Varje kriterium får ett vikt värde beroende på hur viktigt man tycker aspekten är (Messina 2006).
- **Resultat:** Resultat redovisas där varje utredningsalternativ summeras:

$(\text{Kvantifiering} * \text{Kriterievikt})_{\text{Kriterium 1}} + (\text{Kvantifiering} * \text{Kriterievikt})_{\text{Kriterium 2}} \dots$

Tabell 5: Exempel på en MCA.

Kriterier	Viktning	JA	UA 1	UA 2	UA 1 Resultat	UA 2 Resultat
Effekter på landskap	1	0	-1	-2	-1	-2
Buller	1	0	-1	-2	-1	-2
Punktlighet	3	0	+3	+1	+6	+3
				Tot:	+4	-1

I detta exempel viktas kriterierna i en 3-gradig skala, och kvantifieras i en 6-gradig skala mellan -3 och +3.

1.6 Avgränsningarna

Rapporten är avgränsad till att konventionella nätet och höghastighetsnätet anslutas endast via förbindelserna:

- Växjö- Värnamo.
- Helsingborg- Hässleholm.

Riskenanalysens kategorier avgränsas enbart till punktlighet. Riskanalysens objekt avgränsas till järnvägens infrastrukturs teknikområden. Teknikområde: mark inkluderas inte i riskanalysen som ett analysobjekt. Riskanalysens dimensioner avgränsas till två dimensioner, i detta fall konsekvens och sannolikhet (tidsaspekten ignoreras). Riskanalysmetoder avgränsas på grund av de begränsade resurser jag har tillgång till under arbetets genomgång.

Det är svårt att uppskatta kostnaderna för vissa åtgärder därför totalkostnader för några åtgärder inte anges. För andra åtgärder så avgränsas detta till grova uppskattningar av åtgärdernas totalkostnader.

2. Teori

2.1 Teknikområde: signal

I detta kapitel ska man förstå hur signaltekniksystemen samarbetar med varandra, vad signalfel är för något, vad som orsakar signalfel och vilka konsekvenser det kan leda till.

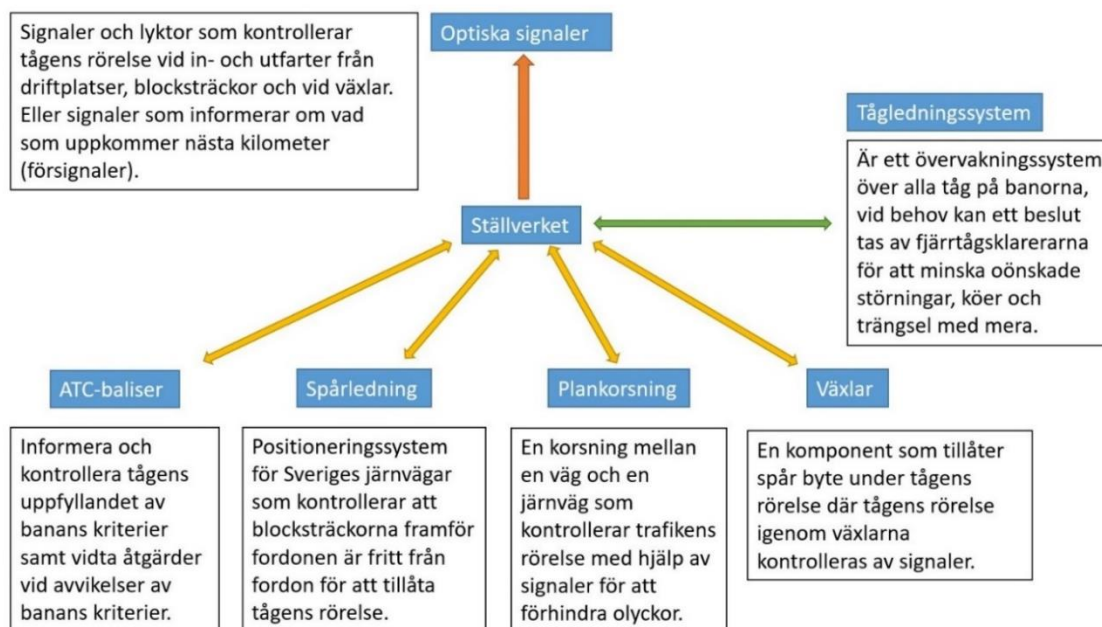
Detta görs i syfte att läsaren ska förstå varför värdering för sannolikheten och konsekvensen i riskanalysen för teknikområdet signal är noterbart hög.

2.1.1 Signalsystemets samarbete

Delsystemen som presenteras i Figur 2 bygger signalteknikens säkerhetssystem.

Säkerhetssystemets uppgift är för att förhindra inträffande av olyckor. Ställverket samlar och skickar information mellan signalens delsystem (Hoang & Ly 2015).

Ställverket får information, till exempel hastighet från ATC-baliserna och position av spårledningssystemet för att skicka över informationen till plankorsningsanläggning för att ge eller inte ge tillstånd till tågen att köra över en plankorsning. All information som samlas av ställverket skickas över till tågledningssystemet, vars uppgift är att kontrollera tågtrafiken. Informationen från signalens delsystem samlas i ställverket och skickas över till de optiska signalerna (Hoang & Ly 2015).



Figur 2: Illustrerar samarbetet mellan signalteknikens olika delsystem samt förklara delsystemen översiktligt. (Figuren skapades av författaren (Hoang & Ly 2015).

2.1.2 Signalfel

Signalfel är fel som uppstår på signalanläggningar som hindrar tågens rörelse på grund av signalteknikens s.k. fail-safe egenskap. Signalfel är huvudorsaken till tågförseningar. Fail-safe innebär att signalanläggningen går till säkert läge (röd signal/stopp) för att förhindra olyckor såsom; kollision och urspårning (Hoang & Ly 2015).

Signalteknikens delsystem måste fungera på ett korrekt sätt för att tillåta tågens rörelse (grön signal). När ett fel uppstår behöver en eller flera komponent bytas, återställas eller aktiveras (Hoang & Ly 2015).

2.1.3 Signalfelsorsaker

Som Figur 2 visar kan signalanläggningen delas upp i nedanstående delsystem:

- Ställverk.
- Spårledning.
- Tågledningssystem.
- ATC-baliser.
- Signaler.
- Plankorsningar.

Nedan redovisas orsakerna till signalfel översiktligt inom varje delsystem, arbetet tar inte hänsyn till kombination av fel som uppstår i samma system eller i två eller flera system samtidigt.

Ställverk

Ställverkets uppgift är att samla och skicka information mellan signalens olika delsystem. När ett fel uppstår i detta system som förhindrar eller stoppar informationsflödet mellan signalens olika delsystem kommer det att leda till att signalerna visar stopp tills information kontakten återupprättas (Hoang & Ly 2015).

Konsekvens av fel som uppstår i ställverk:

- En förlorad kontakt kan leda till fel i växlars ställning.
- Signaler visar rött sken (stopp) även om banan framför är fri.
- Information kan inte skickas till ATC-baliserna.

Dessa konsekvenser gör att trafikledaren inte kan se var tågen befinner sig eller vad som sker i banan, vilket leder till automatiskt stopp (Hoang & Ly 2015).

Spårledning

Spårledningens uppgift är att kontrollera om blocksträckorna framför fordonen är fria från fordon för att tillåta tågens rörelse. När ett fel uppstår eller när osäkerheten uppträder stoppar tågklararen tågtrafiken (Hoang & Ly 2015).

Spårledningsfel kan vanligtvis förekomma på grund av ett fel inom teknisk område bana och delsystem spår. Ett fel som uppstår på isolerskarvarna kan betyda en överledning som spårledningscentralen ser som en belagd sträcka. Därför stoppas tågtrafiken tills tågklararen är säker att sträckan framför är fri från fordon (Hoang & Ly 2015).

Tågledningssystem

Tågledningssystem är ett övervakningssystem som med hjälp av spårledning (positioneringssystem) visar tågledaren var tågen befinner sig för att kunna vidta åtgärder vid säkerhetsbrister samt att kontrollera trafiken på ett effektivt sätt (Hoang & Ly 2015).

Tågledningssystemet är egentligen en IT-central som består av en mängd datorer som övervakar trafiken. Ett elfel, datafel, kommunikationsfel eller ett fel i positioneringssystemet kan leda till att trafiken stoppas tills problemet lösts (Hoang & Ly 2015).

ATC-baliser

Baliser är en radiosignalbaserad teknik som informerar och kontrollerar tågens uppfyllande av banans kriterier samt vidtar åtgärder vid avvikelser av banans kriterier.

Fel som uppstår i ATC-baliserna kan vanligtvis vara ett av de felen som beskrivs i Tabell 6 nedan:

Tabell 6: Signalfel som orsakas av baliser med en översiktlig förklaring till hur felet uppstår. Tabellen skapades av författaren (Hoang & Ly 2015).

Fel	Hur uppstår felet?
Balisinformationsfel	ATC-systemet i tågen får felaktig information, tågföraren kan bli osäker på vad som gäller på banan och vid stora osäkerheter kan lokförarna bromsa tåget.
Balisöverensstämmelsefel	ATC-baliserna skickar information som inte stämmer med signalerna, signalerna vanligtvis visar stopp för att osäkerheten är hög.

Signaler

Den största delen av informationen ges av signaler. Signaler kan visa rött trots att alla signalsystem fungerar som de ska (Hoang & Ly 2015).

Signalfel uppkommer vanligtvis som rött ljus, signalfelsorsaker kan vara många och olika som nämndes ovan.

När signalerna inte visar något alls tvingas lokföraren att bromsa tåget eftersom detta kan bero på elfel, stenskott eller trasig/gammal glödlampa (Hoang & Ly 2015).

Plankorsningar

Bromssträckan för tåget kan ligga runt två-tre kilometer (utan hänsyn till lutning) och det är därför det är extremt viktigt att signaler vid plankorsningar visar det de ska (Hoang & Ly 2015).

Fel som sker inom plankorsningar kan vara allvarliga eller lindriga, se Tabell 7 nedan för orsaker tänkbara konsekvens för dessa fel:

Tabell 7: Plankorsningars signalfels orsaker och deras konsekvens. Tabellen skapades av författaren (Hoang & Ly 2015).

Felorsak	Konsekvens
Signalering vid korsningar inte fungerar rätt eller att bommarna inte fälls i tid eller inte alls.	Svåra skador Dödsolyckor
Att signalering vid korsningar funkar i fel tid eller att bommarna efter tågens passage inte lyfts upp.	Detta påverkar bilisternas trovärdighet på signaleringen negativt, som kan i framtiden påverka deras val och leda till en döds olycka.

2.1.4 Generella konsekvenser

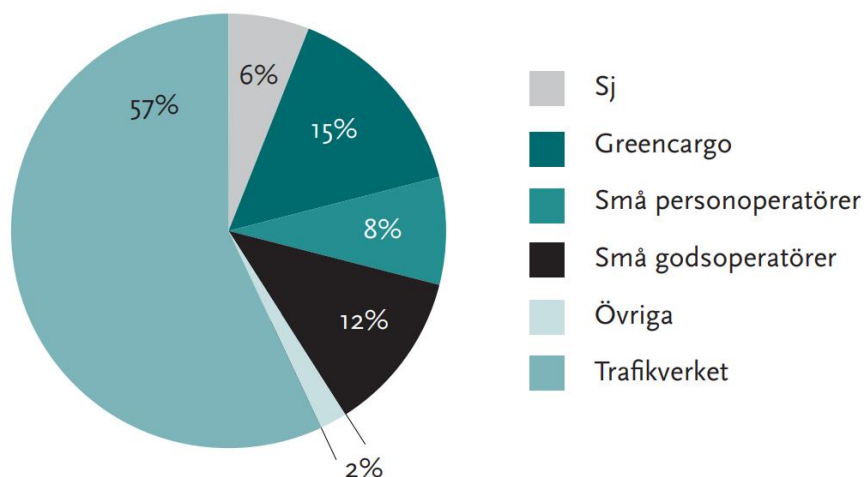
Förseningarna har negativa effekter på kort sikt och långt sikt. I Tabell 8 redovisas dessa effekter översiktligt:

Tabell 8: Visar förseningarnas effekter. Tabellen skapades av författaren (Hoang & Ly, 2015).

Kortsiktiga effekter	<ul style="list-style-type: none">• Persontåg förseningar.• Godståg förseningar.• Kostnad för fel avhjälp.
Långsiktiga effekter	<ul style="list-style-type: none">• Påverka samhällsekonomin negativt.• Tågtrafiken tappar resenärer på grund av minskning av dess trovärdighet.• Investeringen inom järnvägssektorn minskar vilket kan leda till stor minskning av den största miljövänliga form av transport över hela Sverige.

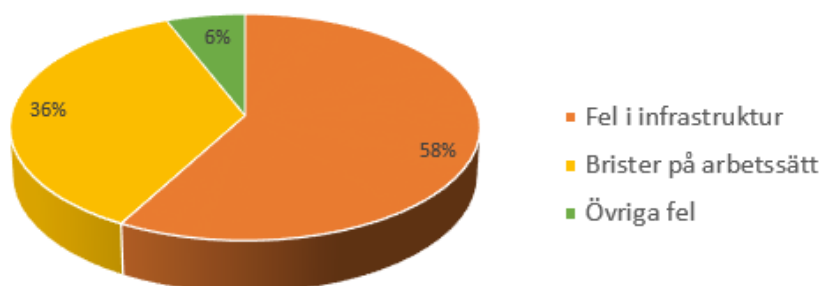
3. Förseningsorsaker

Att ansluta konventionella nätet till höghastighetsnätet kommer att ge negativa effekter på höghastighetsnätets punktlighet. Trafikverket orsakade mer förseningar än de andra järnvägsaktörerna under år 2012 (Riksrevisionen 2013) se Figur 3.



Figur 3: Aktörer som orsakade förseningar under år 2012 (Riksrevisionen 2013)

Figur 4 visar att de flesta av felen som Trafikverket direkt/indirekt orsakar är fel i infrastruktur (de olika teknikområden se Begrepp/terminologi kapitlet). Andra fel som Trafikverket orsakar är brister i arbetssätt d.v.s. fel som uppstår vid trafikledning och fel som uppstår vid planering och utföring av banarbeten (Riksrevisionen 2013).



Figur 4: Fel som Trafikverket orsakat under år 2012 (Figuren skapades av författaren. Informationskälla: Riksrevisionen 2013)

4. Genomförande av analys

Tidigare i rapporten (figur: 3 och 4) visas att Trafikverket är den största aktören som orsakar tåg förseningar och infrastruktur fel orsakar mest förseningar. Med hjälp av de utvalda analysmetoderna (se kapitel 2.3) kan riskerna kvantifieras. Risker i detta sammanhang betyder konventionella nätets påverkan på höghastighetsnätet efter kopplingen via förbindelserna:

- Värnamo-Växjö.
- Hässleholm-Helsingborg.

Genom att ansluta konventionella nätet till höghastighetsnätet kommer dessa att påverka höghastighetsnätet negativt speciellt när det gäller höghastighetstågens punktlighet.

I detta kapitel ska riskerna inom järnvägens olika teknikområden (bana, el, signal, tele och kanalisation) kvantifieras. Riskkvantifieringen utfördes i en kategori: punktlighet, där varje teknikområde delas upp i olika delsystem, riskvärde för varje delsystem kvantifieras för att få en bättre och detaljerad bild av vilka delsystem som har störst risk att påverka höghastighetsnätets negativt.

Se tabell:3 för exempel på hur riskerna kommer att bedömas.

Sannolikheten (S) för att ett fel inträffar bedöms i en femgradig skala, där:

- (1) Mycket låg.
- (2) Låg.
- (3) Medel.
- (4) Stor.
- (5) Mycket stor.

Konsekvens (K) när ett fel inträffar bedöms i en femgradig skala också, där:

- (1) Mycket liten.
- (2) Liten.
- (3) Medel.
- (4) Stor.
- (5) Mycket stor.

Värdering redovisas i tabellformat, där varje tabell nedan beskriver ett av de teknikområden som nämndes ovan. Varje teknikområde delas upp i flera delsystem som ett

sannolikhetsvärde för att ett fel inträffar och ett konsekvensvärde som representera effekterna av ett fel på banan redovisas. Där efter ett riskvärde redovisas som representerar allvarlighetsgraden.

Fel i detta sammanhang betyder:

Fel som uppstår i komponent- eller systemnivå för delsystem inom järnvägens olika teknikområde som har en effekt/effekter på tågens punktlighet på banan.

Exempel: Fel som uppstår inom delsystem spår inom teknikområde bana kan betyda ett fel i skarvar eller räl eller en kombination av fel inom samma komponent eller både komponent samtidigt som kan ha en effekt/effekter på tågens punktlighet på banan.

Teknikområdet med högst riskvärde ska undersökas i nästa kapitel för att få en bättre förståelse av hur teknikområdet funkar samt hur kan konsekvenserna påverka höghastighetsnätet.

Tabell 9: Punktlighets riskbedömning för teknikområde: bana.

Delsystem	Sannolikhet	Konsekvens	Risk
Spår	3	5	15
Befästningar	4	4	16
Spårväxlar	4	5	20
Schakter och fyllning	3	3	6
Plattform	1	3	3
Plattformövergång	2	3	6

Tabell 10. Punktlighets riskbedömning för teknikområde: El.

Delsystem	Sannolikhet	Konsekvens	Risk
Matarledning	2	3	6
Omformarstation	1	3	3
Eldriftledning	2	3	6
Transformatorstation	2	2	4
Distributionssystem	3	2	6
Kontaktledning	3	5	15
Hjälpkraftledning	2	3	6
Växelvärmare	4	5	20
Bangårdsbelysning	3	1	3
El-fjärrstyrning	3	4	12

Tabell 11: Säkerhets riskbedömning för teknikområde: kanalisation.

Delsystem	Sannolikhet	Konsekvens	Risk
Kabelränna	1	3	3
Kabelbrunn	1	3	3

Tabell 12: Punktlighets riskbedömning för teknikområde: Signal.

Delsystem	Sannolikhet	Konsekvens	Risk
Ställverk	2	5	10
ATC-Baliser	2	5	10
Spårledning	5	5	25
Optiska signaler	3	5	15
Plankorsningssystem	1	5	5
Växlar	4	5	20
Tågledningssystem	3	5	15
Infopanel	2	3	6
kablage	1	4	4

Tabell 13: Punktlighets riskbedömning för teknikområde: Tele.

Delsystem	Sannolikhet	Konsekvens	Risk
Detektorer	2	4	8
Kabelanläggning	1	3	3
Radioanläggning	2	4	8
Signaltelefon	1	3	3
Telestationsanläggning	1	3	3
Teletransmissionsanläggning	3	4	12
Trafikantinformationssystem	2	2	4

5. Åtgärdsförslag

Riskbedömningen ovan visar att fel som uppstår inom teknikområdet signal har högst sannolikhet och konsekvensvärde. Detta betyder att signalteknikens delsystem har störst sannolikhet och påverkan på höghastighetsnätets punktlighet, samt att signalfel är bland de primära förseningsorsakerna (Riksrevisionen 2013).

Fel som uppstår inom delsystem spårledning, teknikområde signal har det högsta riskvärdet bland alla delsystemen. Detta är på grund av att fel som uppstår inom spårledning vanligtvis orsakas när ett fel uppstår på spåret. Med det menas att fel som uppstår på spåret påverkar punktligheten på ett indirekt sätt.

Några specifika åtgärder föreslås för att minska sannolikhetsvärdet för delsystem spårledning, teknikområde signal som har det högsta riskvärdet.

Generella åtgärder föreslås som minimerar förbindelsers effekter på punktligheten på höghastighetsnätet. De åtgärderna jämförs med hjälp av en MCA för att välja en åtgärd eller åtgärder som bedöms vara tillräckligt för att lösa punktlighets påverkan efter kopplingen av konventionella nätet till höghastighetsnätet.

I detta kapitel föreslås åtgärder som minskar riskvärdet genom att antingen minska sannolikhetsvärdet eller minska konsekvensvärdet för teknikområdet med högst riskvärdering.

5.1 Åtgärdsförslag för delsystem med högst riskvärde

Som riskanalysen visar har delsystem spårledning inom teknikområdet signal det högsta riskvärdet. Det betyder att detta delsystem har högst påverkan på punktligheten. Nedan redovisas möjliga åtgärder för att lösa överledningsproblem inom teknikområdet signal, delsystem spårledning. Dessa åtgärder minskar sannolikhetsvärdet som i för sig minskar risken.

Detta problem är extremt beroende på delsystem spår inom teknikområdet bana (se kapitel: 4.3 signalfel orsaker, spårledning) för mer information om hur felet uppstår.

Tabell 14: Åtgärdsförslag för att minska överledningen av isolerskarvar och dess fördelar och nackdelar. Tabellen skapades av författaren (Hoang Ly 2015).

Åtgärdsförslag	Fördelar	Nackdelar
Rälsmaterial byte till material med högre hållfastighet.	<ul style="list-style-type: none"> - Överlastning minskas. - Känsligheten för störningar minskas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tid för uppgradering och hög innovationsgrad vilket ökar risken -Inte felfri. - Hög investeringskostnad för lite nytta.
Användning av icke magnetiska material för räl eller rälsändarna.	<ul style="list-style-type: none"> - Öka driftsäkerheten. - Minska sannolikheten för metallflagor att fasta i isolerskarvar. - Minska överlednings sannolikheten. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kräver tid för forskning. - Kräver tid för rälsbyte. - Hög investerings-kostnad.
Öka antal skarvar t.ex. införing av dubbla skarvar.	<ul style="list-style-type: none"> - Minskar sannolikheten för att en kortslutning ska uppstå som vanligtvis är orsaken till överledning (jämfört med en enkla skarvar). 	<ul style="list-style-type: none"> - Införingen av dubbla skarvar tar tid. - Hög investeringskostnad. - sämre lösning jämfört med andra lösningar ur hållbarhetssynpunkt.
Tåg med dammsugare, utan magnet nära skarvarna.	<ul style="list-style-type: none"> - Minskar mängd metallflagor som kan orsaka överledning då minskar överledningssannolikheten. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dammsugaren kan öka tågens luftmotstånd och axellasten därför krävs det lång tid för forskning för att minimera de negativa effekterna som nämndes ovan. - Högkostnad åtgärd som ifall väljs måste tillämpas i alla persontågen, eller de flesta. -Utan magnet kan metallflaggorna fastna i jorden och då ökar miljöpåverkan.

<p>Alternativa positioneringssystem såsom: Axelräknare.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminera överlednings risken. - Axelräknaren kan används för att beräknas tågens hastighet och bestämma tågens position (ersätta ATC-balisernas uppgift) 	<ul style="list-style-type: none"> - Systemet är inte felfri, Ifall ett fel uppstår i systemet där en axel eller flera inte detekteras av systemet tvingas tågklararen att stoppa trafiken tills man är säker att sträckan är fordonfri. - Hög kostnad. - Tidskrävande.
<p>Alternativa positioneringssystem såsom: Skarvfri tågdetektering.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminera överlednings risken. 	<ul style="list-style-type: none"> -En elektrisk baserat system som är inte felfri. Systemet eliminerar överlednings risken men andra fel kan uppstå och då ändras inte konsekvensen. -Höga implementerings kostnader men kan anses som ekonomisk lönsam åtgärd på långsikt - Tids krävande.

5.1.1 Författarens åtgärdsförslag

Bromsflagor och metallpartiklar är grund orsaken till störningar som sker i spårledningen som i sin tur kan orsaka överledning. En vanlig magnet finns ibland för att fånga dessa partiklar för att minska sannolikheten av överledning. Tåg med dammsugare kan suga upp dessa metallflagor för att minska överledningssannolikheten.

En kombinerad åtgärd av både dessa åtgärder med lite ändring kan minimera sannolikheten ännu mer. Vanliga magneter ersätts av elektromagneter som drar till sig metallpartiklarna när magneten matas med el. När tåget med dammsugare närmar sig elektromagneten startar dammsugaren. När tåget med dammsugare närmar sig elektromagneten stoppas el matning till elektromagneten. Elektromagneten förlorar sin magnetiska egenskap. ”Dammsugaren” suger upp metallpartiklarna och stängs efter en stund och där efter matas elektromagneten med el igen för att fånga metallpartiklarna igen.

Åtgärden är av en hög innovationsgrad och tar därmed lång tid att implementera. Detta betyder att det är möjligt att se åtgärden som en högkostnadsåtgärd. Åtgärden kan påverka konsekvenser men det anses vara försumbart i detta fall.

5.2 Diskussion

Åtgärderna ovan som visas i Tabell 14 och kapitel 5.1.1 Författarens åtgärdsförslag anses vara av hög innovationsgrad, hög kostnad och kan ta lång tid för implementering. Därför rekommenderas istället konventionella åtgärder som minskar konsekvensvärden.

Med åtgärderna ovan vill författaren påpeka att andra åtgärder än de konventionella åtgärderna finns och kan implementeras.

6. Generella åtgärder

Växjö-Värnamo och Helsingborg -Hässleholm är enkelspåriga förbindelser. Ifall dessa förbindelser sammankopplas med höghastighetsnätet och fel uppstår i infrastruktur (vanligtvis fel som uppstår inom teknikområde signal) kommer detta att påverka de andra tågen som kör på förbindelsen: detta kommer i och för sig påverka höghastighetstågens punktlighet. För att undvika det förslås några åtgärdsförslag för att minimera effekten på höghastighetsnätet.

När ett fel uppstår på enkelspåriga förbindelser påverkas norr- och södergående tågen. Nedanstående utredningsalternativ minskar konsekvensen då fel uppstår. ”Åtgärder som ökar banans kapacitet minskar konsekvenserna ifall ett fel uppstår” Säger Glimelius⁴

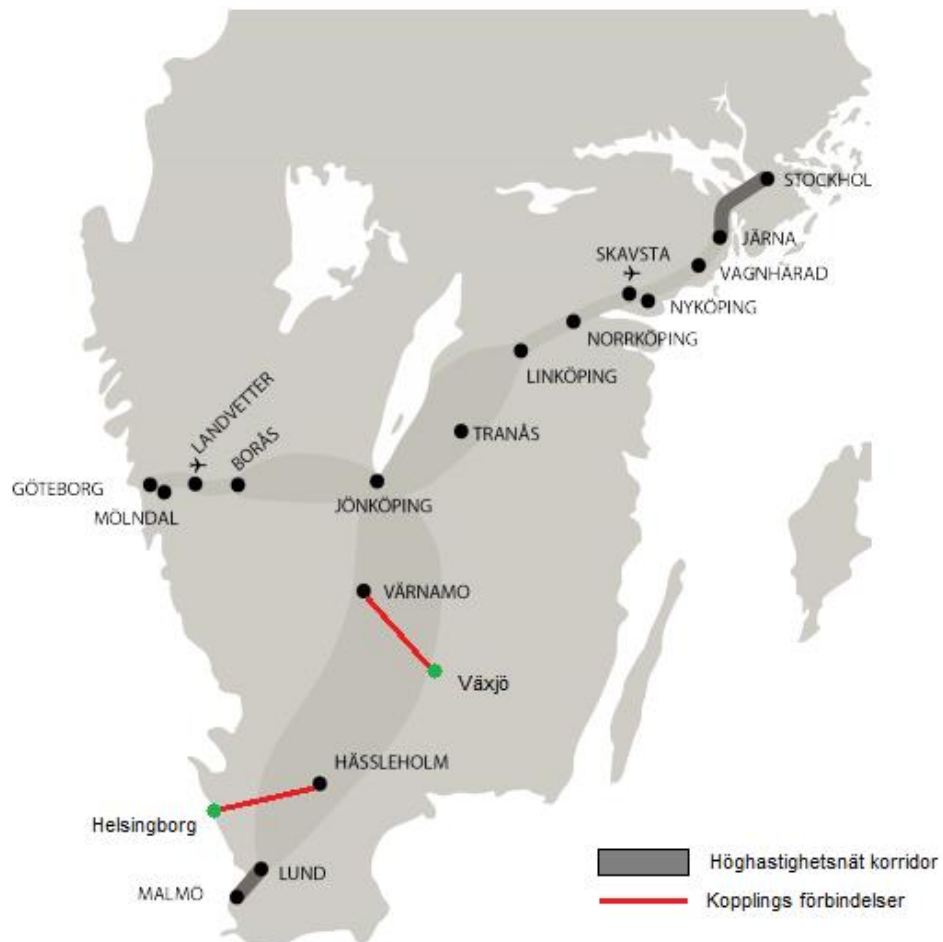
Nedan beskrivs olika utredningsalternativ som ökar förbindelsernas kapacitet.

Utredningsalternativen jämförs med hjälp av en MCA i förhållande till dagens situation utan ändring. Utredningsalternativen som genererar mest nytta enligt MCA:n kan rekommenderas.

⁴ Daniel Glimelius, järnvägsingenjör på företaget SYSTRA Malmö kontoret den 4 juli 2019.

6.1 Jämförelsealternativet (JA) Förbindelserna anslutas till höghastighetsnätet utan ändring

I jämförelsealternativet är kopplingen av konventionella nätet till det projekterade höghastighetsnätet via förbindelserna som nämndes ovan sker utan ändring (Se Figur 5).



Figur 5: Förbindelser som kopplar konventionella nätet till det projekterade höghastighetsnätet

6.2 Utredningsalternativ 1: Mötesspår med samtidig infart

I det första utredningsalternativet (UA1) ökar förbindelsernas kapacitet genom att införa mötesspår med samtidigt infart mellan Helsingborg och Hässleholm och mellan Växjö och Värnamo. Ett mötesspår med samtidig infart behöver inte prioritera ett av de passerande tågen. Detta lindrar konsekvensen ifall ett fel uppstår på linjerna.

Tabell 15: Totalkostnad per förbindelse för UA1.

Förbindelse	Distans i km	Antal mötesspår som tänks implementeras	Approximerad kostnad per mötesspår	Approximerad Totala kostnad
Helsingborg-Hässleholm	76 ⁵	2	60–65 mkr ⁶	120–130 mkr
Växjö- Värnamo	67 ⁷	2	60–65 mkr	120–130 mkr

6.3 Utredningsalternativ 2: Dubbelspår

I det andra utredningsalternativet (UA2) ökar förbindelsernas kapacitet genom att öka antal spår per förbindelse. I detta fall byggs ett parallellt spår med det befintliga enkelspåret per förbindelse. Dubbelspår ökar banans kapacitet. Enskilt spår för södergående tåg och ett för norrgående tåg, problem som uppstår i ena spåret påverkar inte tåg som kör på det andra spåret. Detta minskar konsekvensen när ett fel uppstår på linjen.

Tabell 16: Totalkostnad per förbindelse för UA2.

Förbindelse	Distans i km	Kostnad för byggnation från enkelspårig till dubbelspårig järnväg per km.	Approximerad Totala kostnad
Helsingborg-Hässleholm	76 ⁵	80 – 100 mkr ⁸	6 – 8 mdkr
Växjö- Värnamo	67 ⁷	80 – 100 mkr	5 – 7 mdkr

⁵ Källa: Järnväg.net u.å. a.

⁶ Totalkostnad för ett mötesspår i Skåne län är 55–60 mkr i prisnivå 2010–10 (Källa: Trafikverket 2010) antas vara samma för ett mötesspår i Kronobergs län. Med hjälp av (SCB 2019b) är det möjligt att översiktligt beräkna totalkostnaden. mötesspår i prisnivå 2018.

⁷ Källa: Järnväg.net u.å. b.

⁸ Approximerad kostnad för byggnation från enkelspårig till dubbelspårig järnväg per km i prisnivå 2018 (Informationskälla Assarsson, S. (2019). Regionchef. Malmö: SYSTRA AB, den 5 september 2019). Kostnaden antas vara samma för byggnation till dubbelspårig järnväg i både Skåne län och Kronobergs län.

6.4 Utredningsalternativ 3: Dubbelspår med mötesspår

I det tredje utredningsalternativet (UA3) ökar förbindelsernas kapacitet genom att öka antal spår per förbindelse genom byggnation av ett parallellt spår med det befintliga enkelspåret på linjerna samt fyra mötesspår för varje linje per förbindelse.

Dubbelspår och mötesspår ökar banans kapacitet. Ett enskilt spår för södergående och ett för norrgående tåg gör att problem som uppstår i ena riktningen inte påverkar tåg i andra riktningen. Ett mötesspår ökar antal tåg som kan trafikeras per linje. Detta gör att konventionella nätets trafik kommer ha en försumbar punktlighetspåverkan på höghastighetsnätet genom att minska konsekvenserna när fel uppstår på linjerna.

Tabell 17: Totalkostnad per förbindelse för U3.

Förbindelse	Distans	Antal mötesspår som tänks implementeras	Kostnad för byggnation från enkelspår till dubbelspår järnväg per km.	Approximerad kostnad per mötesspår	Approximerad Totala kostnad
Helsingborg-Hässleholm	76 km ⁹	4	80 – 100 mkr ¹⁰	60–65 mkr	6,5 – 8 mdkr
Växjö-Värnamo	67km ¹¹	4	80 – 100 mkr	60–65 mkr	5,5 – 7 mdkr

⁹ Källa: Järnväg.net u.å. a.

¹⁰ Approximerad kostnad för byggnation från enkelspår till dubbelspår järnväg per km i prisnivå 2018 (Informationskälla Sven Assarsson, regionchef på SYSTRA företaget Malmö kontoret, den 5 september 2019). Kostnaden antas vara samma för byggnation till dubbelspårjärnväg i både Skåne län och Kronobergs län.

¹¹ Källa: Järnväg.net u.å. b.

6.5 MCA

Kriterier som valdes för att kunna jämföra utredningsalternativen är:

Effekter på landskap: Effekter på miljön, speciellt effekter på mark såsom barriäreffekter och försurning av mark och vatten.

Kostnad: Hur mycket ett utredningsalternativ kostar jämfört med jämförelsealternativet.

Behov: Behovet av en åtgärd. Eftersom koppling av konventionella nätet till höghastighetsnätet kan ge stora negativa effekter på svenska samhället om förbindelserna inte åtgärdas innan trafikering år 2035.

Påverkan på sannolikhetsvärdering: Åtgärder som minskar konsekvensvärderingen i riskanalysen har en viss påverkan på sannolikhetsvärderingen. Införandet av nya mötesspår, ombyggnad av banan från enkelspår till dubbelspår eller både åtgärderna kombinerat innebär att många nya infrastrukturkomponenter läggs till den befintliga banan. Ju mer komponenter banan innehåller desto högre sannolikhet för att fel ska uppstå.

Effekter på punktligheten: Hur utredningsalternativen kan minska konsekvenserna av förseningarna.

Tabell 18: Utredningsalternativen jämföras med hjälp av en MCA, utredningsalternativen jämföras i förhållande till jämförelsealternativet.

Kriterier	Viktning	JA	UA1	UA2	UA3	UA 1 Resultat	UA 2 Resultat	UA3 Resultat
Effekter på landskap	1	0	-1	-2	-3	-1	-2	-3
Kostnad	2	0	-1	-3	-4	-2	-6	-8
Behov	1	0	+2	+2	+1	+2	+2	+1
Påverkan på sannolikhetsvärdering	1	0	-1	-1	-2	-1	-1	-2
Effekter på Punktlighet	3	0	+1	+3	+5	+3	+9	+15
					Tot:	+1	+2	+3

Där negativa värderingar betyder negativa effekter på landskap och kostnad i förhållande till jämförelsealternativet. Positiva värden betyder en förbättring jämfört med

jämförelsealternativet. MCA:s värderingar, viktningar och kriterierna granskades av Assarsson¹² Och Glimelius¹³.

6.6 Resultat och Diskussion

MCA:n visar att UA3 värderas högst jämfört med andra utredningsalternativen. UA3 visar sig mest effektiv för att minska förseningskonsekvenser enligt MCA:n. Behovet av UA3 eller en liknande åtgärd kommer dock knappast att finnas för dessa förbindelser. ”UA3 är en överdimensionerad åtgärd som förbindelserna inte är i behov av” Säger Glimelius¹³

UA2 är en åtgärd som ökar banas kapacitet med mindre kostnad och mindre effekter på miljön jämfört med UA3. Åtgärden ändrar dock inte sannolikhetsvärderingen lika mycket som UA3 gör.

Detta gör att UA2 anses vara alternativet som rekommenderas även om MCA:n resultat visar att UA3 värderas högst eftersom resultatet av en MCA bör alltså inte ge en avgörande ställning vid beslutfattande.

¹² Sven Assarsson, regionchef på SYSTRA företaget Malmö kontoret den 2 augusti 2019.

¹³ Daniel Glimelius, järnvägsingenjör på företaget SYSTRA Malmö kontoret den 2 augusti 2019.

7. Slutsats

Arbetet visar att trafikverket är den största orsaken till förseningar. De flesta förseningar sker på grund av fel i infrastruktur.

Riskanalysen visar att teknikområdet signal har högst riskvärdering av alla teknikområden. Delsystem spårledning har högst riskvärde inom teknikområdet signal. Åtgärder som minskar sannolikhetsvärden för delsystem spårledning förslås.

Åtgärderna som minskar sannolikhetsvärden anses vara av hög innovationsgrad, hög kostnad och tar lång tid för implementering. Därför anses att åtgärder som minskar konsekvens värden bör förslås.

För att utöka användningsområdet av höghastighetsnätet via de befintliga förbindelserna med minst påverkan på höghastighetsnätets punktlighet så rekommenderas att Helsingborg-Hässleholm och Växjö- Värnamo bygga ut till dubbelspår. Åtgärdens approximerad totalkostnad per förbindelse är 5–8 mdkr.

8. Utvecklingsmöjligheter

För att kunna utveckla rapporten och få värderingar som reflekterar verkligheten med minst subjektivitet och högst trovärdighet bör man i första hand:

- Granska riskanalysens och MCA:s värderingar med hjälp av ingenjörer på olika företag som arbetar inom järnvägsbranschen.
- Skicka en enkät till många företag för att fylla deras värderingar för riskanalysen och MCA:n.
- Utveckla de åtgärder som kan minska sannolikheten (kapitel: 5.1). Detta kan vara en bra grund för ett nytt examensarbete.
- Göra en MCA för åtgärder som minskar sannolikheten (kapitel: 5.1), detta var omöjligt för rapportens författare att genomföra på grund av de begränsade resurserna under arbetets genomgång. Specialister på Trafikverket och andra konsultföretag behövs för att kunna göra en trovärdig MCA.

Andra åtgärder än de 3 åtgärder som nämndes i kapitel:5.2 kan tillämpas och rekommenderas. Det finns möjlighet att utveckla rapporten genom att:

- Förslå andra åtgärder som kan konkurrera med åtgärderna som nämndes ovan.
- Fördjupa sig i de olika utredningsalternativen som nämndes i detta arbete i syfte att kunna få en bättre uppfattning av hur konventionella nätet kan kopplas till höghastighetsnätet med minst påverkan via förbindelserna som nämndes ovan.
- Förslå åtgärder för stationer som ska ingå i höghastighetsnätet. Stationslösningar har en stark påverkan på punktlighet. En bra lösning kan lindra försenings effekter på andra banor.

En liknande riskanalys kan göras inom andra kategorier såsom säkerhet, trygghet och kostnad. Där efter kan olika administrativa eller infrastrukturåtgärder förslås vilka kan minska riskensvärde inom de olika kategorierna i syfte att få en mer säker, trygg och kostnadseffektiv järnväg.

9. Referenser

Aurell, J. (2016). *Kapacitetsstudie på svensk höghastighetsjärnväg: Kapacitetspåverkande faktorer*. Examensarbete. Lund: Lund Tekniska Högskolan. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8894727>

Bengtsson, S. & Eriksson, U. (2008), *Risikanalys – forcerat byggskede järnväg*. Examensarbete. Luleå: Luleå Tekniska Universitet. http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=5033&pid=diva2%3A1031080&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Risikanalys+%E2%80%93+forcerat+byggskede+j%C3%A4rnv%C3%A4g.&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=all

Brandtsegg, M. & Hultén, J. (2017). *Kollektivtrafik – Utmaningar, möjligheter och lösningar för tätorter*. Lund: Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafik. <http://www.k2centrum.se/kollektivtrafik-utmaningar-mojligheter-och-losningar-tatorter>

BYA (2003). Arbetsmiljöhandbok. *Risk*. Solna: Bevakningsbranschens Yrkes- och Arbetsmiljönämnd. <http://www.arbetsmiljohandbok.se/risk-303>

Davidsson, G. (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Statens räddningsverk.

Hillson, D. (2005). *Effective Opportunity Management for Projects: Exploring Positive Risk*. New York: Marcel Dekker.

Hoang, V. & Ly, K. (2015). *Signal fel - Hur kan dessa reduceras?: Analys av driftstörningar i signalsystem på Ostkustbanan*. Examensarbete. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=5033&pid=diva2%3A858136&c=2&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Signal%20fel&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=all

INFRANORD AB (2019). *Dubbelspår*. Solna: INFRANORD AB. <http://www.infranord.se/vaara-tjaenster/anlaeggning/bana/dubbelspaar/>

Järnväg.net u.å. a. *Hässleholm-Åstorp-ramlösa / Kattarp (-Helsingborg): Skånebanan*. <http://www.jarnvag.net/banguide/hassleholm-helsingborg>

Järnväg.net u.å. b. *Göteborg-Borås-Alvesta-Kalmar: Kusttill kust-banan.*

<http://www.jarnvag.net/banguide/goteborg-kalmar>

Lamberg, S. (2007). *Risikanalys i järnvägsutredningar: Anbudsstadiet genomförandet.*

Examensarbete. Luleå: Luleå Tekniska Universitet. [http://www.diva-](http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=5033&pid=diva2%3A1027638&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Risikanalys+i+jarnvagsutredningar%3A+Anbudsstadiet+genomforandet.&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author+sort+asc&sortOrder2=title+sort+asc&onlyFullText=false&sf=all)

[portal.org/smash/record.jsf?dswid=5033&pid=diva2%3A1027638&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Risikanalys+i+jarnvagsutredningar%3A+Anbudsstadiet+genomforandet.&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author+sort+asc&sortOrder2=title+sort+asc&onlyFullText=false&sf=all](http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=5033&pid=diva2%3A1027638&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Risikanalys+i+jarnvagsutredningar%3A+Anbudsstadiet+genomforandet.&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author+sort+asc&sortOrder2=title+sort+asc&onlyFullText=false&sf=all)

Lindgren, J. (2009). *Järnvägsprojektering: analys av tekniska gränssnitt och samordning.*

Examensarbete. Lund: Lund Tekniska Högskolan. [https://lup.lub.lu.se/student-](https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/1464551)

[papers/search/publication/1464551](https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/1464551)

Messina (2006). *Värdering av kustområden: Vägledning för samhällsekonomiska analyser.*

Europa: Messina.

Riksrevisionen, (2013). *Tågförseningar: orsaker, ansvar och åtgärder.* Sverige:

Riksrevisionen.

SCB (2019a). *Folkmängd i riket, län och kommuner 31 december 2018 och*

befolkningsförändringar 2018. Sverige: SCB. [https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-](https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/helarsstatistik--kommun-lan-och-riket/folkmangd-i-riket-lan-och-kommuner-sista-december-och-befolkningsforandringar/)

[amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/helarsstatistik--kommun-lan-och-riket/folkmangd-i-riket-lan-och-kommuner-sista-december-och-befolkningsforandringar/](https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/helarsstatistik--kommun-lan-och-riket/folkmangd-i-riket-lan-och-kommuner-sista-december-och-befolkningsforandringar/)

SCB (2019b). *Priserna i Sverige – Konsumentprisindex (KPI).* Sverige: SCB.

<https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/samhallets-ekonomi/kpi/>

SJ (u.å.). *Höghastighetsbanor i Sverige.* Sverige: SJ AB.

SKL & Trafikverket (2012). *Kol-TRAST – Planeringshandbok för en attraktiv och effektiv*

kollektivtrafik. Sverige: LTAB. <https://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7164-842-6.pdf>

Trafikanalys (2019). *Punktlighet på järnväg 2018.* Sverige: Sveriges Officiella Statistik.

<https://www.trafa.se/globalassets/statistik/bantrafik/punktlighet-pa-jarnvag/2019/punktlighet-pa-jarnvag-2018-blad.pdf?>

Trafikverket (2010). *Järnvägen Hässleholm – Kristianstad, ökad kapacitet*. Sverige: Trafikverket. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11579/RelatedFiles/2010_106_%20jarnvagen_hasselholm_kristianstad_okad_kapacitet.pdf

Trafikverket (2014a). *Järnvägsnätsbeskrivning 2016*. Sverige: Trafikverket. https://www.trafikverket.se/contentassets/33c32c2e03a8403584a7c001f992e87a/jnb_2016_141212_skrivskyddad.pdf

Trafikverket (2014b). *Arkiv för Sundsvall–Härnösand, ny järnväg: kapitel 4–5: Tekniskutformning och gestaltning*. Härnösand: Trafikverket. <https://www.trafikverket.se/nara-dig/projekt-i-flera-lan/ostkustbananadalsbanan-gavle-harnosand-dubbelspar/adalsbanan-sundsvallharnosand-ny-strackning/dokument-for-adalsbanan-sundsvallharnosand-ny-strackning/arkiv/>

Trafikverket (2018). *Ny generation järnväg – Stationer*. Borlänge: Trafikverket. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/58570/Ineko.Product.RelatedFiles/2018_234_en_ny_generation_jarnvag_stationer.pdf

Trafikverket (2019). *Kapacitet på järnväg: en kunskapsöversikt*. Borlänge: Trafikverket. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/66228/Ineko.Product.RelatedFiles/2019_132_kapacitet_pa_jarnvag_en_kunskapsoversikt.pdf

Transportstyrelsen (2008). *Järnvägsstyrelsens trafikföreskrifter (JTF): Bilaga 1, Termer*. Sverige: Transportstyrelsen. https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/regler/jarnvag/jtf/handbok_jtf/komplett_a-handbocker-2011/jtf_handbok_komplett_2011.pdf