

NORRKÖPINGS KOMMUN

NORRKÖPINGS RESECENTRUM

FÖRDJUPAD KVANTITATIV RISKBEDÖMNING

2021-09-27



wsp

Norrköpings resecentrum

Fördjupad kvantitativ riskbedömning

Program för södra Butängen och Johannisborg med närområde

Norrköping

KUND

Norrköpings kommun, Stadsbyggnadskontoret
601 81 Norrköping
Kontaktperson: Mikael Sonesson

KONSULT

WSP Environmental Sverige

Box 71

581 02 Linköping

Besök: S:t Larsgatan 3

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wsp.com>

KONTAKTPERSONER

PROJEKT

Butängen och nytt resecentrum

UPPDRAGSNAMN

Kvantitativ riskbedömning avseende Resecentrum, Norrköpings kommun

UPPDRAGSNUMMER

10204217

FÖRFATTARE

Emelie Laurin, Olov Holmstedt Jönsson, Henrik Selin, Erik Svedberg

DATUM

2021-09-27

GRANSKAD AV

Fredrik Larsson

GODKÄND AV

Henrik Selin

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3	Revision 4
Anmärkning	GRANSKNINGS- HANDLING	GRANSKNINGS- HANDLING	REMISSUTGÅVA	SLUTLIG HANDLING	KOMPLETTERING (Bilaga E)
Datum	2018-03-09	2018-04-17	2018-06-28	2018-09-26	2021-09-07
Handläggare	Emelie Laurin Olov Holmstedt Jönsson	Emelie Laurin Olov Holmstedt Jönsson Henrik Selin Erik Svedberg	Emelie Laurin Olov Holmstedt Jönsson Henrik Selin Erik Svedberg	Emelie Laurin Olov Holmstedt Jönsson Henrik Selin Erik Svedberg	Olov Holmstedt Jönsson
Signatur					
Granskare	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson	
Signatur					
Godkänd av	Henrik Selin	Henrik Selin	Henrik Selin	Henrik Selin	
Signatur					
Uppdragsnummer	10204217	10204217	10204217	10204217	10204217
Rapportnummer					
Filnamn					

Sammanfattning

I samband med byggandet av höghastighetsjärnvägen Ostlänken har Norrköpings kommun för avsikt att skapa ett nytt resecentrum, samt att utveckla staden i det nya resecentrumets närområde. Som en del i expansionen av nuvarande resecentrum ser kommunen i en förlängning även att området utvecklas till en egen stadsdel med en levande miljö mitt i centrala Norrköping. Kommunen vill bedöma möjligheterna till att optimera nyttjandet av närområdet kring resecentrum och samtidigt bibehålla kraven på hög säkerhet för den nya bebyggelsen. Riskbedömningen är ett led i det övergripande arbetet med programmet för södra Butängen och Johannisborg med närområde. Båda dessa områden utvecklas i samband med att Ostlänken passerar genom Norrköping. Planarbetet är vid genomförande av utredningen inne i ett planprogramsskede.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk. Riskbedömningen utgör underlag till pågående arbete med upprättande av planprogram för resecentrum samt södra Butängen och Johannisborg. Vidare ska riskbedömningen uppfylla Länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Syftet är även att mer detaljerat än i tidigare upprättade riskbedömningar utreda om lokala förhållanden i kombination med specifika riskreducerande åtgärder kan medge kortare skyddsavstånd till järnvägen.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. Målet är även att tydliggöra vilka skyddsavstånd i kombination med vilka riskreducerande åtgärder som kan vara aktuella vid planläggning av Norrköpings resecentrum med omkringliggande stadsdelar.

Närområdet kring resecentrum har delats in i 8 olika zoner och för samtliga zoner rekommenderas följande åtgärder:

- Skyddsräll
- Barriär i form stödmur eller förhöjd kantbalk motsvarande perronghöjd (ca 700 mm)
- Skyddsavstånd om 15 meter från järnvägsanläggningen (motsvarar 18,5 meter mätt från spårmitt för respektive yttersta järnvägsspår)
- För nya byggnader ska friskluftsintag placeras så att de vetter bort från järnvägen
- Disponering av planområdet

Därutöver föreslås specifika åtgärder för vissa zoner.

WSP bedömer det som möjligt att exploatera 15-25 meter från järnvägen, givet att riskreducerande åtgärder enligt denna rapport genomförs.

Då denna rapport utgör underlag i programskede är det viktigt att föreslagna åtgärder och föreslagen markanvändning vid behov ytterligare specificeras och hanteras i kommande detaljplaner för att säkerställa att riskhantering i enlighet med denna rapport genomförs.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	7
1.1	BAKGRUND	7
1.2	SYFTE OCH MÅL	7
1.3	OMFATTNING	8
1.4	AVGRÄNSNINGAR	8
1.5	STYRANDE DOKUMENT	8
1.6	TAGNA KONTAKTER	10
1.7	UNDERLAGSMATERIAL	10
1.8	INTERNKONTROLL	13
2	BESKRIVNINGAR	14
2.1	STRUKTURPLAN	14
2.2	TÅGTRAFIK GENOM NORRKÖPING	17
2.3	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	18
3	RISKIDENTIFIERING	19
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	19
3.2	MEKANISK PÅVERKAN I SAMBAND MED URSPÅRNING	19
3.3	OLYCKA VID TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ JÄRNVÄG	20
3.4	STATISTISKT UNDERLAG	21
4	METOD, STRATEGI OCH UNDERLAG	23
4.1	METOD	23
4.2	BERÄKNINGSSTRATEGI OCH UNDERLAG	26
4.3	HANTERING AV BERÄKNINGSRESULTAT	27
5	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	29
5.1	INDIVIDRISK	29
5.2	SAMHÄLLSRISK	30
5.3	SAMHÄLLSRISK - FÖRDJUPNING	32
6	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	35
6.1	ALLMÄNT OM RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	35
6.2	VANLIGT FÖREKOMMANDE RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	35
6.3	ÅTGÄRDER ATT BEAKTA AVSEENDE NORRKÖPINGS RESECENTRUM	39
6.4	MOTIVERING TILL VAL AV ÅTGÄRDER	39
6.5	DEFINITIONER AV VERKSAMHETER OCH FUNKTIONER	42
6.6	VALIDERING AV SKYDDSRÄL OCH BARRIÄR	43
6.7	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER PER ZON	48

7	DISKUSSION	53
7.1	OSÄKERHETER	53
7.2	KÄNSLIGHETSANALYS	55
7.3	FORTSATT ARBETE	56
7.4	JÄMFÖRELSE TIDIGARE RISKBEDÖMNINGAR	56
7.5	ÖVRIGT	56
8	SLUTSATSER	58

1 INLEDNING

WSP har av Norrköpings kommun fått i uppdrag att upprätta en fördjupad kvantitativ riskbedömning med utgångspunkt i den rapport (*Riskbedömning för Norrköpings resecentrum - Järnvägstrafik och transport av farligt gods på väg* [1]) som WSP levererade till kommunen år 2015. I detta inledande kapitel beskrivs bland annat bakgrund, syfte och mål med uppdraget.

1.1 BAKGRUND

I samband med byggandet av höghastighetsjärnvägen Ostlänken har Norrköpings kommun för avsikt att skapa ett nytt resecentrum, samt att utveckla staden i det nya resecentrumets närområde. Som en del i expansionen av nuvarande resecentrum ser kommunen i en förlängning även att området utvecklas till en egen stadsdel med en levande miljö mitt i centrala Norrköping. Kommunen vill bedöma möjligheterna till att optimera nyttjandet av närområdet kring resecentrum och samtidigt bibehålla kraven på hög säkerhet för den nya bebyggelsen. Riskbedömningen är ett led i det övergripande arbetet med programmet för södra Butängen och Johannisborg med närområde. Båda dessa områden utvecklas i samband med att Ostlänken passerar genom Norrköping. Planarbetet är vid genomförande av utredningen inne i ett planprogramsskede.

Förutom Ostlänken kommer även Södra stambanan, som utgör en transportled för farligt gods, fortsättningsvis att passera Norrköpings resecentrum.

Under tidigare skeden av projektet med att projektera Norrköpings resecentrum med omkringliggande stadsdelar har flera olika riskbedömningar upprättats av bland annat WSP [1], Sweco [2] och Bengt Dahlgren [3], se avsnitt 1.7 för sammanfattning av dessa. Resultatet av tidigare upprättade riskbedömningar indikerar att ett skyddsavstånd om minst 30 meter från järnvägen bör upprätthållas för ny bebyggelse. Detta i kombination med ett antal ytterligare riskreducerande åtgärder. Norrköpings kommun önskar en fördjupad och detaljerad analys av om skyddsavståndet på 30 meter kan minskas för hela eller delar av sträckan längs med järnvägen inom centrala Norrköping samtidigt som en hög säkerhetsnivå upprätthålls. Analysen ska även omfatta områden under järnvägens upphöjda läge.

1.2 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk. Riskbedömningen utgör underlag till pågående arbete med upprättande av planprogram för resecentrum samt södra Butängen och Johannisborg. Vidare ska riskbedömningen uppfylla Länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Syftet är även att mer detaljerat än i tidigare upprättade riskbedömningar utreda om lokala förhållanden i kombination med specifika riskreducerande åtgärder kan medge kortare skyddsavstånd till järnvägen.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. Målet är även att tydliggöra vilka skyddsavstånd i kombination med vilka riskreducerande åtgärder som kan vara aktuella vid planläggning av Norrköpings resecentrum med omkringliggande stadsdelar.

1.3 OMFATTNING

Bedömningen struktureras utifrån nedanstående frågeställningar:

- Riskidentifiering: Vad kan inträffa?
- Frekvensberäkningar: Hur ofta kan det inträffa?
- Konsekvensberäkningar: Vad blir konsekvensen av det inträffade?
- Riskuppskattning: Hur stor är risken?
- Riskvärdering: Är risken acceptabel?
- Riskreduktion: Rekommenderas åtgärder?

Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg och de metoder som använts i riskbedömningen redogörs för i bilaga A. Kortare specifika metodbeskrivningar inleder även vissa kapitel.

1.4 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med järnvägstransporter på Södra stambanan och Ostlänken. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö, arbetsmiljö eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Riskbedömningen som presenteras i denna rapport beaktar enbart Ostlänken och Södra stambanan förbi Norrköpings resecentrum i upphöjt läge. Således görs inga jämförelser med exempelvis markförlagda spår eller nollalternativ, då riskbedömningen är en del av det utredningsarbete som ska ligga till grund för val av utformning (och därmed inte i detta skede utgör underlag till MKB eller liknande).

Då järnvägsanläggningen är placerad i upphöjt läge utgår samtliga avstånd i rapporten från järnvägsanläggningens kantbalk och inte från närmsta spårmitt som är det vanligaste sättet att ange avstånd i samband med riskbedömningar invid järnvägen. Skillnaden i avstånd är ca 3,5 meter.

Signalsäkerhetssystemet på Södra stambanan horisontår 2040 antas motsvara funktionaliteten för ATC-2 eller modernare. Spårkvalitén på Södra stambanan horisontår 2040 antas minst motsvara spårklass A (helsvetsat, betongslipers, räler UIC 601). Signalsäkerhetssystemet på Ostlänken horisontår 2040 antas motsvara funktionaliteten för ERTMS eller modernare. Spårkvalitén på Ostlänken horisontår 2040 antas minst motsvara spårklass A (helsvetsat, betongslipers, räler UIC 601).

Övriga antaganden och avgränsningar presenteras löpande i texten.

1.5 STYRANDE DOKUMENT

I detta avsnitt redogörs för de dokument som huvudsakligen varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

1.5.1 Plan- och bygglagen

Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till [...] människors hälsa och säkerhet, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 5§)

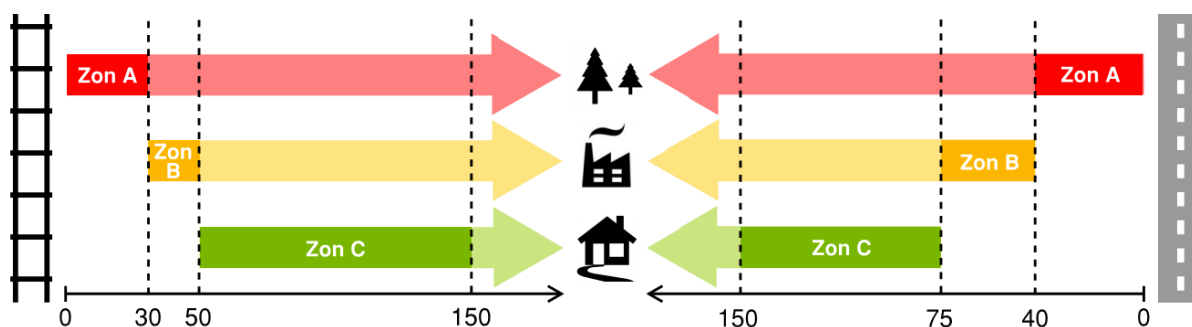
Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till [...] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 6§)

1.5.2 Riktlinjer

Länsstyrelsen i Östergötlands län har inte tagit fram några egna rekommendationer eller riktlinjer på lokal nivå utan hänvisar till Länsstyrelsen i Stockholms dokument *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [4]. Riktlinjen tydliggör hur Länsstyrelsen bedömer risker vid granskning av detaljplaner och översiktsplaner.

Länsstyrelsen anser att riskerna ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meter från väg och järnväg där det transporteras farligt gods. I Figur 1 presenteras rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods och olika typer av markanvändning. Länsstyrelsen anser att kommunen bör lokalisera bebyggelse enligt dessa rekommendationer för att uppnå en god samhällsplanering. För det fall det inte är möjligt att uppnå rekommenderade avstånd anges även de skyddsavstånd och skyddsåtgärder som Länsstyrelsen anser vara ett minimum för att uppfylla kraven i PBL. Riktlinjerna innebär kortfattat att länsstyrelsen rekommenderar ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på 25 meter från järnväg med farligt gods. Inom 30 meter ska ett antal åtgärder säkerställas beroende på typ av bebyggelse.

Om rekommenderade skyddsavstånd inte uppfylls ställs ökade krav på riskbedömning samt införandet av riskreducerande åtgärder. Inom utredningsområdet avser Norrköpings kommun planera för en blandstadsbebyggelse med många olika typer av verksamheter



Figur 1. Illustration av rekommendationer till olika typer av bebyggelse utmed väg och järnväg.

Tabell 1. Rekommenderad lokalisering av verksamhetstyper till respektive zon enligt Figur 1.

Zon A	Zon B	Zon C
G Drivmedelsförsörjning	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L Odling och djurhållning	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Ytparkering	J Industri	D Vård
T Trafik	K Kontor	H Detaljhandel
	N Friluftsliv och camping	O Tillfällig vistelse
	P Parkering (övrig)	R Besöksanläggningar
	Z Verksamheter	S Skola

1.6 TAGNA KONTAKTER

Kontakt gällande generell tillämpning av riktlinjer inom Östergötlands län vid riskhantering har tagits med Länsstyrelsen i Östergötland [5]. Kontakt gällande riskbedömningens angreppssätt och inriktning har genomförts med Norrköpings kommun samt med Trafikverket [6].

Inledande kontakt har även skett med räddningstjänsten [6]. Det bör särskilt påpekas att vidare samråd ska ske med räddningstjänsten i kommande planskeden för att säkerställa erforderliga möjligheter till insats i händelse av olika typer av olyckor på det upphöjda läget.

1.7 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Strukturplan tillhandahållen av Norrköpings kommun.
- Järnvägsutredning Ostlänken.
- Riskutredningar i tidigare skede, framtagna av WSP, SWECO och Bengt Dahlgren.
- Möten med Norrköpings kommun.
- Platsbesök.
- Trafikprognoser för Ostlänken och Södra stambanan horisontår 2040
- Utdrag från LUPP (Leveransuppföljningssystemet) avseende antal framförda vagnar med RID-klassat gods på Södra stambanan, delsträckan Norrköping – Linköping år 2013-2013.

I nedanstående stycken sammanfattas de tidigare framtagna riskbedömningar som upprättats för området runt resecentrum i Norrköping. Rapporterna och deras resultat har använts som underlagsmaterial till denna riskbedömning.

1.7.1 Trafikverket 2017

Trafikverket har under år 2017 upprättat en PM där skyddsavstånd från höghastighetsjärnväg till vägar och bebyggelse analyseras och diskuteras [7]. Syftet med rapporten är att klargöra vilka krav som råder. Rapporten pekar på ett behov av lokala och projektspecifika åtgärder för varje etablering (ny järnväg) som görs för att säkerställa ett fullgott skydd gentemot omgivningen.

Utöver ett antal generella ställningstaganden konkretiserar Trafikverket de krav som gäller specifikt för Ostlänken avseende vägars och bebyggelses närhet till den planerade höghastighetsjärnvägen:

- Avståndet från höghastighetsjärnvägens närmaste spårmitt till vägkant ska vara minst 25 meter. Om det på grund av särskilda omständigheter inte går att upprätthålla ett skyddsavstånd på 25 meter ska en riskbedömning genomföras där den specifika situationen bedöms utifrån lokala förutsättningar. Vid behov ska åtgärder vidtas.

- Om väg ligger högre än järnvägen eller mindre än 2 meter lägre än järnvägen ska det genomföras en riskbedömning gällande hur sannolikt det är att avåkta vägfordon kan nå järnvägen. Detta gäller även när avståndet är längre än 25 meter. Vid behov ska åtgärder vidtas.
- För verksamheter som kan utgöra en särskild risk för höghastighetsjärnvägen, till exempel Sevesoanläggningar, ska en riskbedömning genomföras och åtgärder vid behov vidtas.
- Avståndet till bebyggelse där människor vistas mer än tillfälligt ska med hänsyn till urspårningsrisk och andra faktorer generellt vara 30 meter. Om detta avstånd underskrids ska situationen bedömas och val och avsteg ska motiveras. Hänsyn ska då tas till kurvradier, höghastighetsjärnvägens höjdläge i terrängen, växelpacering, tågshastighet samt typ av bebyggelse och befolkningstäthet.

1.7.2 WSP 2015

I en riskbedömning från år 2015, upprättad av WSP [1] på uppdrag av Norrköpings kommun, görs en kvantitativ riskanalys kopplad till bebyggelse i närheten av ny järnvägsinfrastruktur i södra Butängen. Syftet med rapporten är att bedöma vilken riskbild tågtrafiken genom staden medför och vilka riskreducerande åtgärder som därför bör beaktas i den framtida planeringen. Även Ståthögavägen, i egenskap av transportled för farligt gods, beaktas som riskkälla¹. Riskbedömningen belyser således risker förknippade med urspårning och transport av farligt gods på Södra stambanan, urspårning på den planerade Ostlänken samt olyckor med farligt gods på Ståthögavägen.

Mot denna bakgrund genomfördes en detaljerad riskanalys där samhällsrisik och individrisk uppskattas kvantitativt och utvärderas mot uppsatta värderingskriterier. Resultatet av analysen visar att risknivåerna nära järnvägen är relativt höga, vilket framförallt beror på mekanisk påverkan på omgivningen i samband med urspårning. Även transporter av farligt gods på Södra stambanan bidrar till risknivåerna.

Analysens resultat medför att WSP rekommenderade att ett antal riskreducerande åtgärder ska beaktas i den fortsatta planeringen:

- Skyddsavstånd från järnvägen på 30 meter.
- Placering av friskluftsintag bör i delar av strukturområdet ske på fasader vända bort från spårområdet.
- Brandklassade fasader i delar av strukturområdet.
- Urspårningsskydd i form av skyddsräll, mur eller vall för Ostlänken (måste ske i dialog med Trafikverket). Alternativt längre skyddsavstånd.
- Förbud mot transporter av farligt gods på Ståthögavägen, alternativt säkerhetsavstånd eller införande av andra riskreducerande åtgärder.

Dessutom slås det fast att det ur ett riskperspektiv vore positivt att bygga ett separat godsspår så att godstrafiken i framtiden inte passerar genom stadens centrum utan passerar i stadens utkant. På så sätt skulle alla risker förknippade med transporter av farligt gods på järnväg genom staden elimineras.

¹ Sedan riskbedömningen upprättades har genomfartstrafik av farligt gods genom Norrköping förbjudits.

1.7.3 SWECO 2008

I en riskutredning upprättad år 2008 av SWECO [2] på uppdrag av Norrköpings kommun utreds två möjliga utformningar av ett framtida resecentrum i centrala Norrköping; ett i markplan och ett i upphöjt läge. Syftet med utredningen är att beskriva och värdera de faktorer som är alternativskiljande ur risksynpunkt. Av stor betydelse för säkerheten för respektive alternativ är huruvida den framtida godstrafiken kommer att förläggas längs Ostlänken via resecentrum eller om den kommer att gå via ett separat godsspår nordväst om staden.

Resultatet från utredningen visar att båda alternativen, upphöjt eller markförlagt, är genomförbara ur ett risk- och säkerhetsperspektiv. Grunden till denna bedömning baseras på att skillnaderna i risknivå ökar såväl som minskar för det upphöjda alternativet beroende på vilka parametrar som väljs. Exempelvis kan konsekvenserna av en tågbrand i upphöjt läge bli större än motsvarande scenario på marknivå, medan andelen elolycksfall och spårbedrädelser anses minska i ett upphöjt läge. Således är det svårt att dra några direkta slutsatser åt det ena eller andra hållet.

Sammantaget så pekar rapporten på utsläpp av farligt gods som den enskilt största riskkällan, varvid SWECO drar slutsatsen att framtida riskbedömningar av området ska kompletteras med fördjupade utsläpps- och spridningsberäkningar för farligt gods. Dessutom rekommenderas att stå fast vid det skyddsavstånd på 30 meter som angivits av Länsstyrelsen.

1.7.4 Bengt Dahlgren 2010

Bengt Dahlgren upprättade år 2010 en riskanalys [3] för nytt resecentrum i Butängen. Bland annat behandlas risksituationen under en järnvägsbro för Ostlänken och Södra stambanan genom Butängen. Analysen belyser ett antal risker som relevanta att beakta för en eventuell bebyggelse under järnvägen, däribland ansamling av brännbar vätska, ansamling av tung gas och tappad last.

Resultaten utifrån riskerna med farligt gods på järnvägen visar att individrisknivån inom området är acceptabel från ca 40 meter bort från spårområdet. Innanför detta avstånd är individrisknivån högre, men inte så hög att risken direkt är oacceptabel. De riskkällor som framför allt påverkar riks- och lokalnivån innanför 40 meter är pölbränder och spridning av giftigt ämne. Risken för mekanisk påverkan från urspårade tåg ligger långt över de rekommenderade kriterierna, detta gäller dock endast där det inte i grundutformningen av banan finns skydd mot urspårning. När det gäller samhällsrisken ligger den till största del inom ALARP-området, d.v.s. ett område där åtgärder som är rimliga utifrån ett kostnad-/nytta-perspektiv ska vidtas.

Nybyggnation under järnvägen bedöms vara mer skyddad från olyckor på spåren, exempelvis urspårning, jämfört med motsvarande bebyggelse bredvid järnväg.

Bengt Dahlgrens analys mynnar ut i ett antal förslag till åtgärder för att minska risken för bebyggelse under järnvägen:

- Vätska får inte riskera att rinna ner på eller mot bebyggelse nedanför järnvägen. Detta kan t.ex. hindras med tråg på järnvägen som istället leder vätskan till vissa bestämda uppsamlingspunkter. Om inte järnvägen förses med åtgärder så att detta förhindras ska bebyggelsen och marken utformas så att personer skyddas, exempelvis genom att marken sluttar bort från byggnader.
- Utrymmen under marknivå, t.ex. garage i källarnivå med öppningar mot det fria, ska undvikas då tung gas riskerar att ansamlas i dessa vid ett gasutsläpp. Detta gäller speciellt under känsliga byggnader som rymmer samlingslokaler eller liknande aktivitetsytor.

- I de fall tappad last riskerar att falla ner på byggnadens tak, skall taket dimensioneras för att klara detta.
- Generellt måste närområdet skyddas mot urspårning genom att åtgärder likt skyddsräll eller kantbalk implementeras på järnvägen. Även spår byggda i tråg kan vara aktuellt för att minska den mekaniska påverkan upp mot 30 meter.

1.8 INTERNKONTROLL

Rapporten är utförd av Emelie Laurin (Brandingenjör och Civilingenjör riskhantering), Erik Svedberg (Civilingenjör riskhantering) och Olov Holmstedt Jönsson (Civilingenjör riskhantering) med Henrik Selin (Civilingenjör riskhantering och ekosystemteknik) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Fredrik Larsson (Brandingenjör och Civilingenjör riskhantering).

2 BESKRIVNINGAR

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av den strukturplan som Norrköpings kommun har tagit fram och dess omgivning, med syfte att redogöra för de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen. Vidare beskrivs även de bägge järnvägarna, Ostlänken respektive Södra stambanan, som riskbedömningen utgår från. Slutligen beskrivs de antaganden gällande befolkning och persontäthet som används som indata i analysen.

2.1 STRUKTURPLAN

Kommunen har tagit fram en strukturplan för utveckling av staden runt det nya resecentrumet.

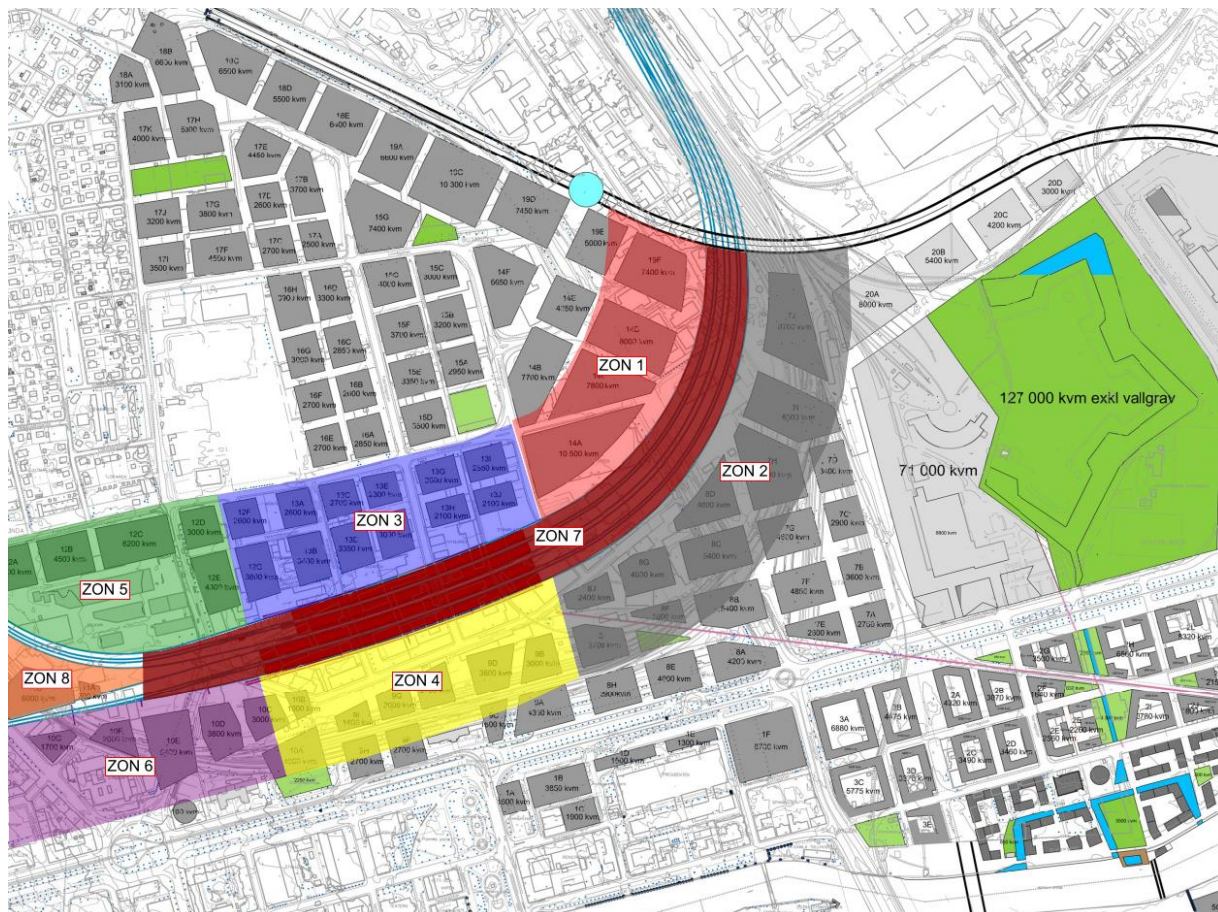
Tanken med strukturplanen är att skapa en översiktlig bild av hur området runt resecentrum ska planeras. Vilka specifika verksamheter som kommer att placeras i de framtida byggnaderna är inte bestämt i dagsläget. Denna riskbedömning utgör en del av det arbete som ska ligga till grund för att bedöma vilken markanvändning som är lämplig i de olika delarna av strukturplanen.

Strukturplanen täcker in ett stort geografiskt område. Inom detta område kommer risknivåerna att variera beroende på lokala faktorer, så som hur stora avstånden till respektive järnväg är, järnvägens utformning samt vilka riskreducerande åtgärder som implementeras. I tidigare upprättad riskbedömning [1] hanterades detta genom att dela in strukturplanen i åtta olika zoner. I denna riskbedömning används samma angreppssätt, men delar av strukturplanen (närmast järnvägarna) har istället delats in i åtta olika zoner enligt följande:

Tabell 2. Zonindelning strukturplan.

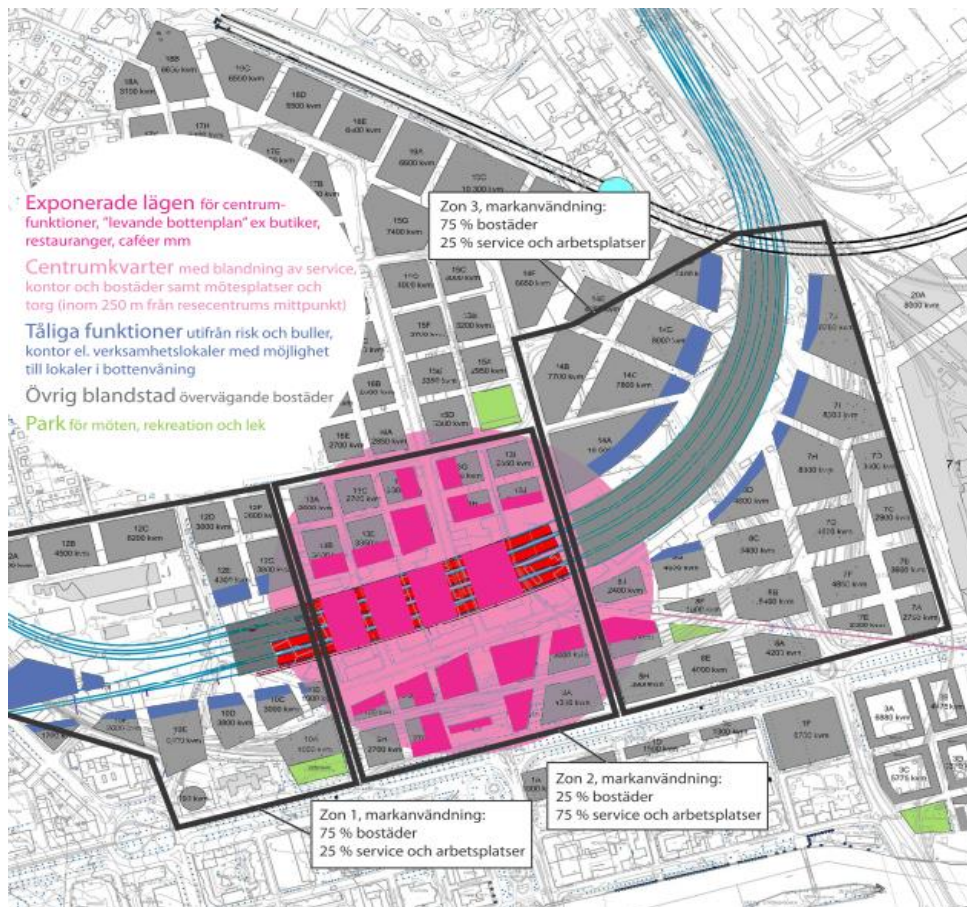
Zon ID	Lokalisering	Platsspecifika förutsättningar
1	Öster om resecentrum, norr om kurvan	Järnvägen passerar området i innerkurva.
2	Öster om resecentrum, söder om kurvan	Järnvägen passerar området i ytterkurva.
3	Norr om resecentrum, i höjd med perronger	Perronger bedöms ge konsekvensreducerande effekt
4	Söder om resecentrum, i höjd med perronger	Perronger bedöms ge konsekvensreducerande effekt.
5	Väster om resecentrum, norr om spåren	Järnvägen passerar området i innerkurva. Befintlig bebyggelse som avses bevaras i järnvägens direkta närhet.
6	Väster om resecentrum, söder om spåren	På grund av Bergslagsgatans planerade förlängning bedöms skyddsavståndet komma att uppgå till 25 meter inom denna zon.
7	Under det upphöjda läget	Specifika förutsättningar till följd av att zonen återfinns under järnvägsanläggningen.
8	Området/klykan mellan järnvägarna, väster om resecentrum	Spår på båda sidor av området.

De olika zonerna illustreras schematiskt i Figur 2. Zonernas utbredning vinkelrät från spårområdet har i denna riskbedömning avgränsats till cirka 150 meter från ytterspår på respektive järnväg, då detta är det avstånd inom vilket Länsstyrelsen generellt anser att risker med farligt gods ska beaktas [4]. De åtta zonerna kommer vidare i rapporten att gemensamt att benämnas utredningsområdet.



Figur 2. Zonindelning utredningsområdet.

Önskad framtida markanvändning utifrån Norrköpings kommuns perspektiv illustreras i Figur 3. Önskad markanvändning under upphöjt läge illustreras i Figur 4.



Figur 3. Önskad markanvändning från Norrköpings kommun.



Figur 4. Principiell markanvändning under upphöjt läge.

2.2 TÅGTRAFIK GENOM NORRKÖPING

I dagsläget löper Södra stambanan genom Norrköping, på sträckan mellan Linköping och Katrineholm. Södra stambanan har dubbelspår och används till såväl persontrafik som godstrafik (inklusive farligt gods). Både nuvarande Norrköpings centralstation och det framtida Norrköpings resecentrum ligger belägna i en stor krök där Södra stambanan svänger nära 90 ° både innan och efter Norrköping. Det nya resecentrumet kommer dock att vara beläget cirka 100 meter norr om den befintliga centralstationen.

Den framtida höghastighetsjärnvägen Ostlänken planeras komma in i centrala Norrköping parallellt med Södra stambanan norrifrån. Bägge järnvägarna går sedan upp på det upphöjda läget och delar sig från att vara tvåspåriga till att bli fyrspåriga vid passage av Norrköpings resecentrum (som därmed kommer att passeras av totalt åtta stycken parallella spår). Södra stambanan löper hela tiden norr om Ostlänken. Väster om Norrköpings resecentrum delar sig järnvägarna; Södra stambanan viker av norrut och ansluter till nuvarande läge medan Ostlänken går ned i tunnel. Se Figur 5. Båda järnvägarna fortsätter vidare västerut mot Linköping.



Figur 5. Södra stambanan och Ostlänken genom Norrköping efter utbyggnad av Ostlänken.

Vid beräkningar av sannolikhet för och konsekvens av en olycka på järnväg utgör antal och typ av tågtransporter per år viktiga ingångsvärden. Persontåg, tjänstetåg² och samtliga godståg är aktuella att beakta vid uppskattning av exempelvis urspårningsolyckor, medan godståg med farligt gods även är av intresse för att bedöma olyckor med efterföljande brand, explosion och/eller utsläpp av toxiska ämnen. De prognoser som använts som indata för den framtida trafikeringen av respektive järnväg presenteras i avsnitt 3.4.

² Tjänstetåg är tåg som inte transporterar betalande resenärer eller gods. Exempel på vanligt förekommande tjänstetåg är tågsätt som behöver flyttas från en station till en annan. Det kan också vara ensamma lok eller transporter i samband med banarbeten etc. För beräkningarna likställs tjänstetåg med persontåg.

2.3 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Norrköpings kommun beskriver visionerna samt det pågående planarbetet för stadsdelen Butängen och det nya resecentrumet på hemsidan www.next.norrkoping.se. Här framgår bland annat att området, som idag präglas av handel och småindustri, kommer att förvandlas till en modern, levande innerstadsdel med bostäder och arbetsplatser.

En fördjupad översiktsplan har tagits fram för södra delen av Butängen, vilken omfattar aktuellt utredningsområde. Planförslaget förväntas skapa plats för 6000 boende och 6000 arbetsplatser inom södra Butängen. Planområdets yta uppskattas till drygt 0,6 km². Med utgångspunkt i dessa uppgifter samt antagande om andel boende respektive arbetande som befinner sig inom området under dag respektive natt (se Tabell 3) uppskattas persontätheten kring Norrköpings resecentrum och presenteras i Tabell 4.

Tabell 3. Fördelning av populationsvariabler över dygnstid (CPR 18E) [8]

Andel boende dagtid	Andel boende nattetid	Andel arbetande dagtid	Andel arbetande nattetid
0,25	0,9	0,8	0,2

Tabell 4. Antal personer samt persontäthet inom planområdet.

Tid på dygnet	Antal människor inom planområde	Persontäthet [personer/km ²]
Dagtid	6300	10500
Nattetid	6600	11000

Siffrorna som presenteras i Tabell 4 kan jämföras med att Norrköpings tätort enligt Statistiska centralbyrån hade en befolkning på 95618 invånare samt en persontäthet på 2607 personer/km² år 2016 [9], vilket indikerar att persontätheten i stadens centrala delar kommer att öka markant jämfört med nuläget. Den uppskattade framtida persontätheten kan även jämföras med exempelvis projekt Mälarbanan i Stockholm där den uppskattade persontätheten i anslutning till driftsatt anläggning år 2030 uppskattas till 7600 personer/km² [10].

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel genomförs en riskidentifiering i enlighet med riskbedömningens avgränsningar. Detta innefattar en detaljerad identifiering av vilka olyckor på Södra stambanan respektive på Ostlänken som kan förväntas generera en betydande påverkan på omgivningen.

Riskidentifieringen innebär en systematisk genomgång av de riskkällor som förekommer i samband med järnvägstrafik och transport av farligt gods på järnväg, för att klargöra vilka olyckor som kan inträffa. I de fall det föreligger en skillnad mellan de bägge järnvägarna beskrivs detta.

3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

Att bedöma möjlig påverkan på omgivningen innebär att identifiera de riskkällor som är förknippade med järnvägsanläggningen, vilket i detta fall utgörs av de tågtransporter som kommer att trafikera sträckan genom centrala Norrköping. Det statistiska underlag samt de prognoser som använts som indata till riskbedömningen redovisas i avsnitt 3.4.

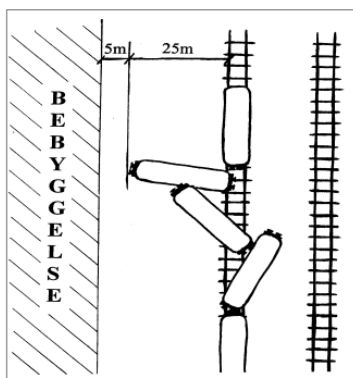
De risker som identifierats kan komma att påverka omgivningen negativt är:

- Mekanisk påverkan i samband med urspårning.
- Olycka vid transport av farligt gods på järnväg.

3.2 MEKANISK PÅVERKAN I SAMBAND MED URSPÅRNING

Den dominerande risken (med avseende på sannolikhet) i anslutning till järnväg är urspårning. Konsekvenserna till följd av urspårning kan omfatta att människor förolyckas, antingen utomhus eller i intilliggande byggnader som påverkas av händelsen. Dock är den vanligaste konsekvensen av en urspårning materiella skador på järnvägsanläggningen och/eller på tåg. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg.

Det finns ett antal kända orsaker som var för sig eller tillsammans kan resultera i en urspårning, såsom växelpassager, kraftiga inbromsningar, spårlägesfel, solkurvor och sabotage. Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Konsekvenserna av en urspårning är direkt beroende av hur långt ifrån spåret som tåget hamnar. Urspårningar bedöms generellt ha ett konsekvensområde (med avseende på mekaniska skador) på maximalt cirka 30 meter från spåret, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom [11]. I detta fall ska riskbedömningen även ta hänsyn till eventuell mekaniska skador under det upphöjda läget.



Figur 6. Urspårningsolycka på järnväg.

3.2.1 Södra stambanan

Den främsta skillnaden mellan Södra stambanan och Ostlänken (förutom att Södra stambanan är en konventionell järnväg och Ostlänken är en höghastighetsjärnväg) är att Södra stambanan även trafikeras av godståg. Både godståg och persontåg kan orsaka mekaniska skador på omgivningen i samband med en urspårning. Godståg är dock generellt längre (fler vagnar) och tyngre än persontåg. Se vidare i Bilaga B för olika tågtypers beteende vid urspårning.

3.2.2 Ostlänken

Gällande Ostlänken lyfts nedanstående punkter fram vid bedömning av urspårningsfrekvenser och konsekvenser:

- Höghastighetsjärnväg utgör ny teknologi i Sverige och det kan medföra tekniska utmaningar. Dock är tekniken väl beprövad utomlands, vilket medför att det bedöms vara relevant att även beakta goda exempel från andra länder.
- I och med att detta blir Sveriges första höghastighetsjärnväg så kommer den snabba trafiken att utgöras av enkom nya tågsätt vilket antas vara positivt för säkerheten.
- Det bör påpekas att förbi resecentrum är hastigheten kraftigt begränsad jämfört med vad höghastighetstågen kan köra i.

3.3 OLYCKA VID TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ JÄRNVÄG

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om de inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [12] [13] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt det så kallade RID-systemet, som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Bilaga B redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Vid beräkningar av sannolikhet för och konsekvens av en olycka på järnväg utgör antal och typ av tågtransporter per år viktiga ingångsvärden. Persontåg, tjänstetåg och samtliga godståg är aktuella att beakta vid uppskattning av exempelvis urspårningsolyckor, medan godståg med farligt gods även är av intresse för att bedöma olyckor med efterföljande brand, explosion och/eller utsläpp av toxiska ämnen. För att bedöma sannolikheten för och konsekvensen av en olycka där farligt gods är inblandat krävs en skattning av vilken andel av godstrafiken som utgörs av farligt gods, samt vilken fördelning mellan de olika godsklasserna som föreligger.

3.3.1 Södra stambanan

Södra stambanan trafikeras i dagsläget av både godståg, persontåg och tjänstetåg. Denna förutsättning förväntas gälla även i framtiden.

Hur stor andel av godset som i dagsläget transporteras på järnvägen genom Norrköping som utgörs av farligt gods utgör konfidentiell information från Trafikverket. Informationen kommer därmed inte att presenteras i denna utredning (men ligger till grund för den kvantitativa analysen). Jämfört med andelen farligt gods (drygt 5 %) totalt bland allt transporterat gods på järnväg i Sverige under 2016 [14] är andelen farligt gods på Södra Stambanan genom Norrköping lägre än genomsnittet.

Även fördelningen mellan de RID-klasser som transporteras på järnvägen genom Norrköping utgör konfidentiell information från Trafikverket och kommer därmed inte heller att presenteras i tabellform i denna utredning. De aktuella fördelningarna har dock använts som indata i genomförda beräkningar.

Baserat på konsekvensbeskrivningarna i Bilaga C, samt aktuell statistik från Trafikverket, behandlas följande riskscenarier avseende transporter med farligt gods på järnväg vidare i analysen:

- Farligt gods-olycka med explosiva ämnen (klass 1).
- Farligt gods-olycka med gas (klass 2). Delas upp i brandfarlig gas (2.1) och giftig gas (2.3).
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3).
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och/eller organiska peroxider (klass 5).

Övriga klasser transporteras endast i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser utöver vid olycksfordonets omedelbara närhet och behandlas därmed inte vidare i analysen.

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarier med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 5.

Tabell 5. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarier baserat på rådande förutsättningar.

Explosiva ämnen	Brandfarlig gas	Giftig gas	Brandfarlig vätska	Oxiderande ämnen
Klass 1	Klass 2.1	Klass 2.3	Klass 3	Klass 5.1
Liten explosion	BLEVE	Litet läckage	Liten pölbrand	Explosion
Stor explosion	Gasmolns- explosion	Stort läckage	Stor pölbrand	Brand
	Liten jetflamma			
	Stor jetflamma			

3.3.2 Ostlänken

Ostlänken förutsätts uteslutande trafikerats av persontrafik. De godståg som kan förekomma vid enstaka tillfälle antas inte transportera farligt gods.

3.4 STATISTISKT UNDERLAG

I detta avsnitt presenteras de prognoser och det statistiska underlag som använts för att ta fram indata till den kvantitativa analysen. Val av indata har gjorts i samråd med Trafikverket enligt PM *Projekt Ostlänken, Norrköpings station - indata till fördjupad riskutredning* [15].

3.4.1 Södra stambanan

Gällande Södra stambanan finns två olika prognoser, *basprognos 2040* respektive *höghastighetsprognosen*, att ta hänsyn till. Skillnaden mellan de bägge är att basprognos 2040 utgår från ett scenario där endast Ostlänken är utbyggd, medan höghastighetsprognosen baseras på att hela höghastighetsnätet mellan Stockholm-Göteborg och Stockholm-Malmö är färdigställt. När hela höghastighetsnätet är utbyggt antas det frigöra ytterligare kapacitet för godstrafik, men också ge mindre persontrafik på södra Stambanan jämfört med basprognosen.

Både basprognos 2040 och höghastighetsprognosen är upplagda för två olika bandelar: Åby-Norrköping (503) respektive Norrköping-Linköping (504). Delning sker i Norrköpings resecentrum.

För Södra stambanan är det olika trafikmängder för de båda bandelarna. På sträckan Norrköping-Linköping är det fler persontåg än på sträckan Åby-Norrköping, medan det omvända förhållandet gäller för godståg (dvs. fler på sträckan Åby-Norrköping). För riskbedömningen används den högsta siffran för respektive trafikslag.

Gällande andel farligt gods bland det transporterade godset respektive fördelningen mellan förekommande farligt gods-klasser har information inhämtats från Trafikverkets leveransuppföljningssystem (LUPP) för åren 2013-2016 och förmedlats genom Trafikverkets statistikavdelning [16]. Farligt gods-statistiken från LUPP är sekretessbelagd och kommer därför inte att presenteras i denna rapport, siffrorna har dock använts som indata i den kvantitativa analysen. I samråd med Trafikverket används statistiken som indata även för prognosåret, osäkerheten förknippad med framtida transport av farligt gods hanteras genom känslighetsanalys [15].

Tabell 6. Antal persontåg och godståg på Södra stambanan enligt basprognos 2040 respektive höghastighetsprognosen.

Södra stambanan	Indata	Kommentar
Antal persontåg per årsmedeldygn	136	Höghastighetsprognosen [15]
Antal godståg per dygn*	89	Höghastighetsprognosen [15]
Antal persontåg per årsmedeldygn	182	Basprognos 2040 [17]
Antal godståg per dygn*	39	Basprognos 2040 [18]

* Godstrafik antas förekomma på sträckan 250 dagar per år. Totalt antal godståg per år blir därmed 9672 vid trafikering enligt basprognos 2040 [18] respektive 22250 vid trafikering enligt höghastighetsprognosen.

3.4.2 Ostlänken

Ostlänken förutsätts uteslutande trafikeras av persontrafik. De godståg som kan förekomma vid enstaka tillfälle antas inte transportera farligt gods. För den kvantitativa analysen av Ostlänken används således antal persontåg från höghastighetsprognosen respektive basprognosen som indata.

Tabell 7. Antal persontåg på Ostlänken enligt höghastighetsprognosen.

Ostlänken	Indata	Kommentar
Antal godståg per årsmedeldygn	0	Enbart persontrafik
Antal persontåg per årsmedeldygn	180	Höghastighetsprognosen [15]
Antal persontåg per årsmedeldygn	108	Basprognos 2040 [17]

4 METOD, STRATEGI OCH UNDERLAG

I detta kapitel beskrivs de metoder som använts i den kvantitativa analysen, den övergripande strategi som tillämpats vid framtagandet och hanteringen av riskbedömningens resultat samt vilket underlag som tagits fram och tillämpats som indata i analyserna.

4.1 METOD

Det huvudsakliga angreppssättet för denna fördjupade riskbedömning är detaljerade kvantitativa uppskattningar av riskmåten *individrisk* och *samhällsrisk*. Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen (individrisk) tas i beaktande samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas (samhällsrisk). Se vidare i styckena 4.1.1-4.1.2.

Det första steget i den kvantitativa bedömningen är att uppskatta frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. I denna riskbedömning genomförs skattningar av urspårningsfrekvensen baserat på inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse mellan åren 2008-2015 [19]. En annan vanligt förekommande metod vid denna typ av bedömningar är att använda Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [20]. Denna metod är allmänt känd som *Fredéns modell*, bygger på gammal statistik och bedöms generellt överskatta den faktiska urspårningsfrekvensen. Känslighetsanalyser kommer dock att genomföras med urspårningsfrekvens för den aktuella sträckan uppskattad enligt Fredéns modell.

Nästa steg i den kvantitativa bedömningen är uppskattning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadesscenario kopplat till farligt gods-olyckor. För dessa frekvensbedömningar används händelseträdsmetodik. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga B. Konsekvenserna av olika skadesscenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar, referenssystem och handberäkningar. Konsekvensuppskattningarna redovisas i Bilaga C. De bedömningar av frekvenser och konsekvenser som tillämpas utgör vedertagen praxis inom området riskbedömning vid fysisk planering.

4.1.1 Individrisk

Med *individrisk* avses sannolikheten för att en enskild individ på en specifik plats (i detta fall på ett visst avstånd från järnvägen) under en viss tidsperiod ska omkomma [21]. Individrisken tar ingen hänsyn till hur många personer som kan förväntas omkomma till följd av en olycka och är därför oberoende av hur många människor som vistas i området. Individrisken kan sägas vara platsspecifik och ger ett mått på hur farligt det är för en enskild individ att vistas på ett visst avstånd från riskkällan. Individrisken är därmed samma längs en hel järnvägssträcka under förutsättning att inga riskreducerande åtgärder tas i beaktande. Om riskreducerande åtgärder implementeras lokalt kommer individrisken att påverkas i anslutning till där åtgärden finns. Syftet med riskmålet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer. Individrisken kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan.

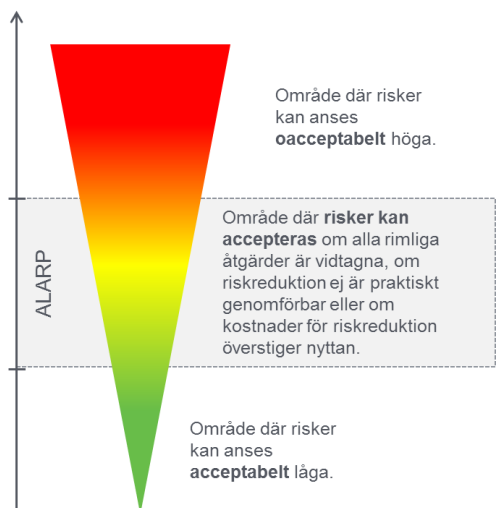
4.1.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk avser risken för att en grupp människor inom ett visst område ska omkomma. Jämfört med individrisk beaktar riskmättet samhällsrisk även hur stora konsekvenserna kan bli ur ett samhällsperspektiv, med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Hänsyn kan därmed tas till befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningens mängd och persontäthet. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider. Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarioerna. I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

4.1.3 Acceptanskriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier [21] gällande individ- och samhällsrisk.

Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; *acceptabla*, *acceptabla med restriktioner* eller *oacceptabla*.



Figur 7. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt höga och tolereras därmed ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder skall beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttanalyser.

- De risker som kategoriseras som låga kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

För individrisk föreslår DNV följande kriterier:

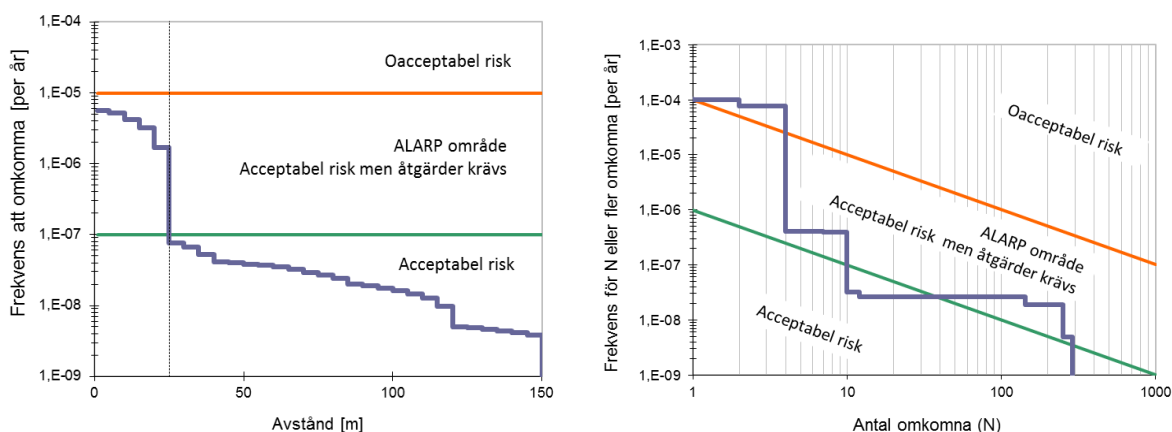
- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år

Den övre gränsen för område där risker kan kategoriseras som låga motsvarar, eller är lägre än, risken att omkomma till följd av naturolyckor (risk att omkomma till följd av träff av blixn anges ofta till 10^{-7} per år, samlad risk relaterad till naturolyckor anges ofta till 10^{-6} per år). En beräknad risknivå på 10^{-7} per år bör därför, även med hänsyn till osäkerhet i analysen, innebära att en individs totala risknivå inte påverkas signifikant. Det förefaller inte rimligt att kräva att större resurser skall satsas utöver detta. Den övre gränsen för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras motsvarar cirka en tiondel av den naturliga dödsfallsrisken för de grupper i samhället som har den lägsta totala dödsfallsrisken.

För samhällsrisk föreslår DNV följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Den övre gränsen markeras med röd linje och den undre gränsen med grön, se Figur 8. Den kvantitativa värderingen av riskmåttet kompletteras med kvalitativa resonemang med utgångspunkt främst i planområdets inneboende egenskaper samt i tidigare erfarenheter från liknande projekt.



Figur 8. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV.

4.2 BERÄKNINGSSTRATEGI OCH UNDERLAG

Syftet med att kvantifiera riskerna så som beskrivs i avsnitt 4.1 är i första hand att möjliggöra en riskvärdering utifrån ovan angivna värderingsprinciper avseende individ- och samhällsrisk. Kvantitativa riskbedömningar möjliggör också för ökad transparens genom att beräkningsantaganden, underlag, statistik med mera dokumenteras och redovisas. Därigenom kan beräkningarna vid behov återupprepas, justeras utifrån nya förutsättningar eller uppdateras baserat på ny kunskap. I avsnitt 4.3 beskrivs hur beräkningsresultatet i denna rapport används och på vilket vis beräkningarna utgör en del av det beslutsunderlag som rapporten utgör.

I Tabell 8 presenteras de huvudsakliga indata som beräkningarna bygger på, dessutom görs en uppskattning av respektive parameters tillförlitlighet. Tillförlitligheten skattas enligt följande tregradiga skala:

1. Hög tillförlitlighet. Parametern baseras på statistiskt säkerställt resultat. Normalt krävs ingen hantering av osäkerhet.
2. Medelhög tillförlitlighet. Parametern baseras på statistik och/eller vedertagen praxis och tillvägagångssättet har använts i andra projekt. Hantering av osäkerhet kan behövas och bedöms från fall till fall. Exempel på hantering av osäkerhet är känslighetsanalys.
3. Lägre tillförlitlighet. Parametern har en osäker tillförlitlighet till följd av att statistik saknas eller är bristfällig samt att vedertagen praxis ännu inte är fullt ut etablerad. Parametern kräver hantering av osäkerheten genom exempelvis kvalitativa resonemang eller känslighetsanalys.

Tabell 8. Bedömd tillförlitlighet i ingångsparametrar till beräkningsmodellen

Parameter	Tillförlitlighet	Val av metod	Hantering av osäkerhet
Urspårningsfrekvens	2	Urspårningsfrekvens baseras på inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse i Sverige 2008-2015 [22]. Motiveringen till detta är att på aktuell sträcka är både Ostlänken och Södra stambanan nyproduktion.	Känslighetsanalys av urspårningsfrekvensen enligt Fredéns modell [20].
Fördelning över tågavstånd från spår vid urspårning	2	Baseras på inträffade urspårningar i Sverige mellan åren 1985-1995 [23]	Beräkningar kompletteras med kvalitativt resonemang gällande upphöjd läge och dess inverkan på spridningen.
Antal tåg som trafikerar aktuell sträckning	1	Baseras på underlag framtaget av Trafikverket.	Känslighetsanalys.
Omfattning av farligt gods-transporter på Södra stambanan	1	Baseras på underlag framtaget av Trafikverket. Erhållet underlag ger tillförlitlig bild över nuläget men prognoser över framtida flöden finns ej att tillgå.	Känslighetsanalyser genomförs för att beakta framtida förändringar.

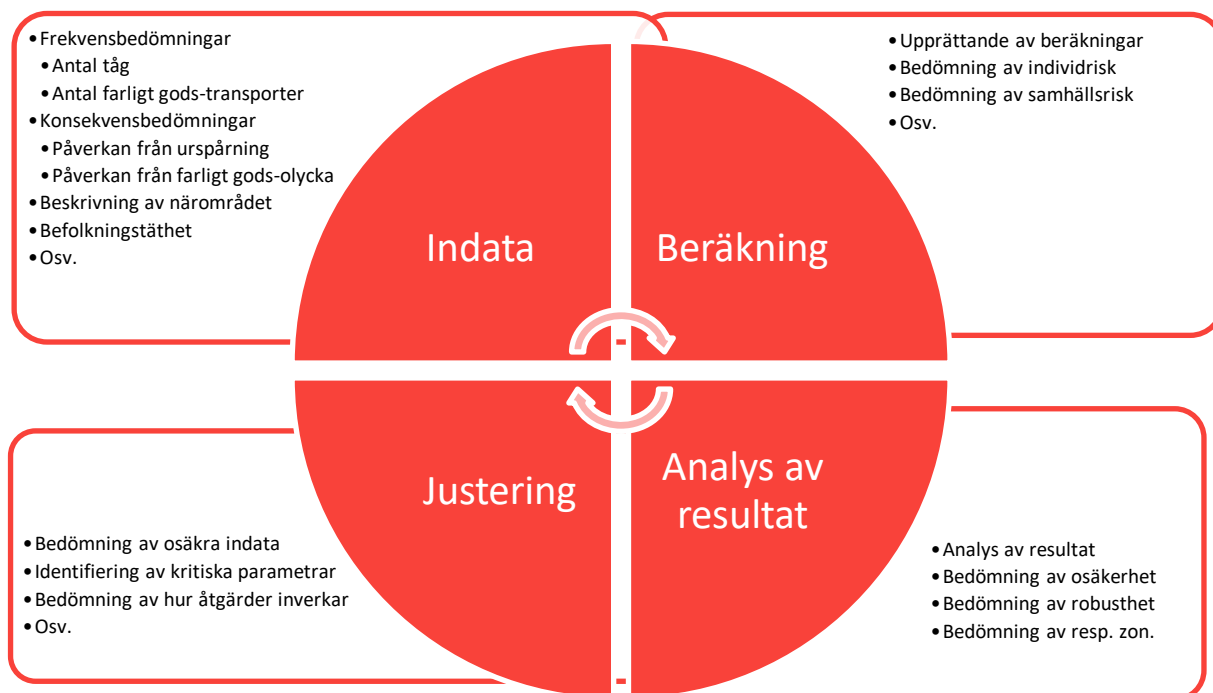
Parameter	Tillförlitlighet	Val av metod	Hantering av osäkerhet
Effekt av skyddsräil	3	Skyddsräilen antas reducera sannolikheten för en spridning större än 1 meter med 90 % för urspårningar som ej sker i växel.	Antagandet om skyddsräilens effekt baseras på tidigare genomförda Trafikverksprojekt [24], samt att UIC bedömer att skyddsräil är en effektiv skyddsåtgärd upp till 160 km/h [25]
Effekt av barriär (skyddsvägg, stödmur, förstärkt kantbalk)	3	Åtgärden barriär längs ytterspår antas förhindra att urspårade fordon, som kolliderar med kantbalken/skyddsmuren, faller ner från det upphöjda läget i 50 % av fallen.	Känslighetsanalys. Val av barriär diskuteras i kapitel 6 och 7 och beroende på val av utformning varierar åtgärdens effekt.
Effekt av perrong	2	Vid en urspårning längs plattformarna antas endast tåg på ytterspår kunna hamna utanför det upphöjda läget.	Dimensionering av perrong sker av sakkunnig konstruktör.

4.3 HANTERING AV BERÄKNINGSRESULTAT

De beräkningsresultat som riskanalyserna genererar kommer att användas för att värdera beräknad risknivå mot de acceptanskriterier som anges i stycke 4.1.3. Vidare kommer resultatet att användas för att bedöma lämpliga riskreducerande åtgärder.

Det är viktigt att notera att trots att beräkningarna förfinas med detaljerad indata så kommer analysen att vara behäftad med viss osäkerhet då flera parametrar medför ett inbyggt behov av att göra kvalificerade bedömningar, exempelvis vad gäller kvantifiering av effektiviteten hos en viss riskreducerande åtgärd. Beräkningsresultaten utgör därmed endast en delmängd av det beslutsunderlag som den totala riskbedömningen ska utgöra. Dessa beräkningsresultat måste därför analyseras och kompletteras med kvalitativa analyser och bedömningar för att sammantaget resultera i robusta rekommendationer om disponering av närområdet kring järnvägen. I detta arbete utgör den zonindelning som återfinns i Figur 2 en viktig parameter. Då exempelvis sträckan under det upphöjda läget har specifika förutsättningar på samma sätt som det återfinns skillnad mellan de närområden som är belägna norr respektive söder om spåren.

Arbetet med att kvantifiera riskerna som beskrivs ovan är en iterativ process och kommer därmed vid behov upprepas för att bedöma potentiella effekter av riskreducerande åtgärder, bedömning av olika indatas påverkan på resultatet osv. Detta kan beskrivas i enlighet med Figur 9.



Figur 9. Hantering av beräkningsresultatet i kombination med kvalitativa analyser som en iterativ process.

I denna fördjupade kvantitativa riskbedömning beräknas först en grundnivå för både individrisk och samhällsrisk. Med grundnivå avses att ingen effekt av lokala förutsättningar eller riskreducerande åtgärder läggs in i beräkningarna. Därefter genomförs beräkningar där effekten av specifika förhållanden och möjliga åtgärder kvantifieras och adderas till beräkningarnas indata. På detta vis kan effekten av olika föreslagna och möjliga riskreducerande åtgärder illustreras.

5 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

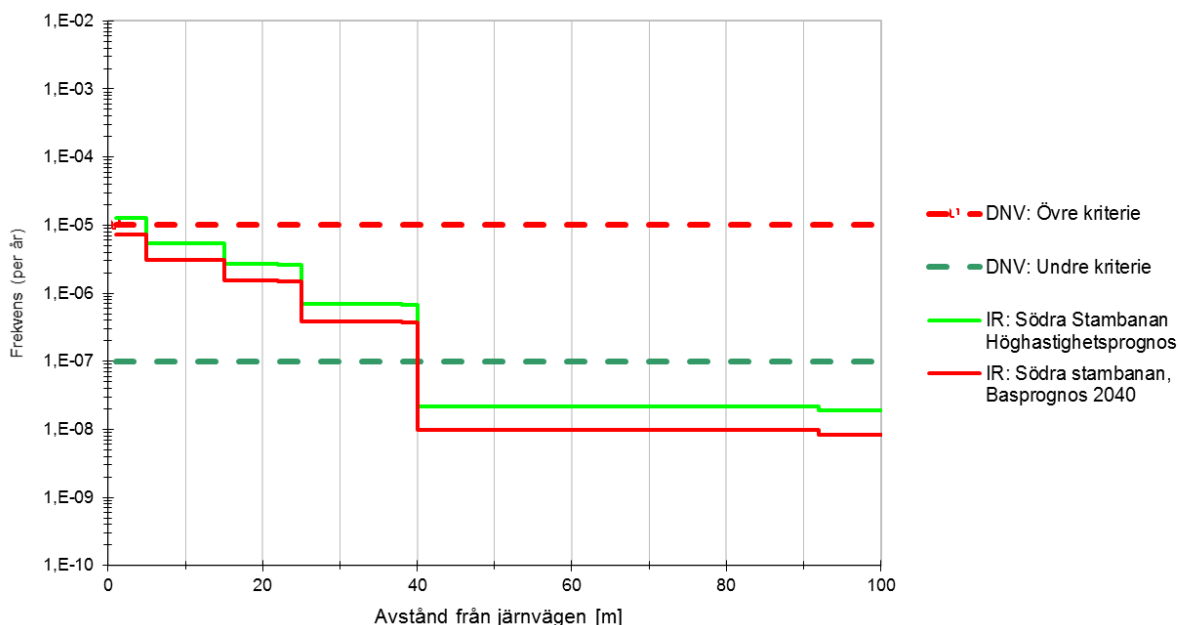
I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transport på järnväg samt urspårning. Endast grundnivån för individrisk respektive samhällsrisk redovisas här, vilket innebär att risknivåerna som presenteras och illustreras nedan är kvantitativt uppskattade utan att hänsyn tagits till någon form av riskreducerande åtgärder.

Eftersom Södra stambanan längs med hela den berörda sträckan löper norr om Ostlänken kommer de genererade risknivåerna att se olika ut för de delar av utredningsområdet som ligger norr respektive söder om det upphöjda läget. Exempelvis medför järnvägarnas inbördes placering att det blir ett större avstånd mellan godstransporterna och det södra utredningsområdet jämfört med det norra utredningsområdet.

5.1 INDIVIDRISK

I nedanstående stycken presenteras individrisknivån för det norra respektive det södra utredningsområdet.

5.1.1 Norra utredningsområdet

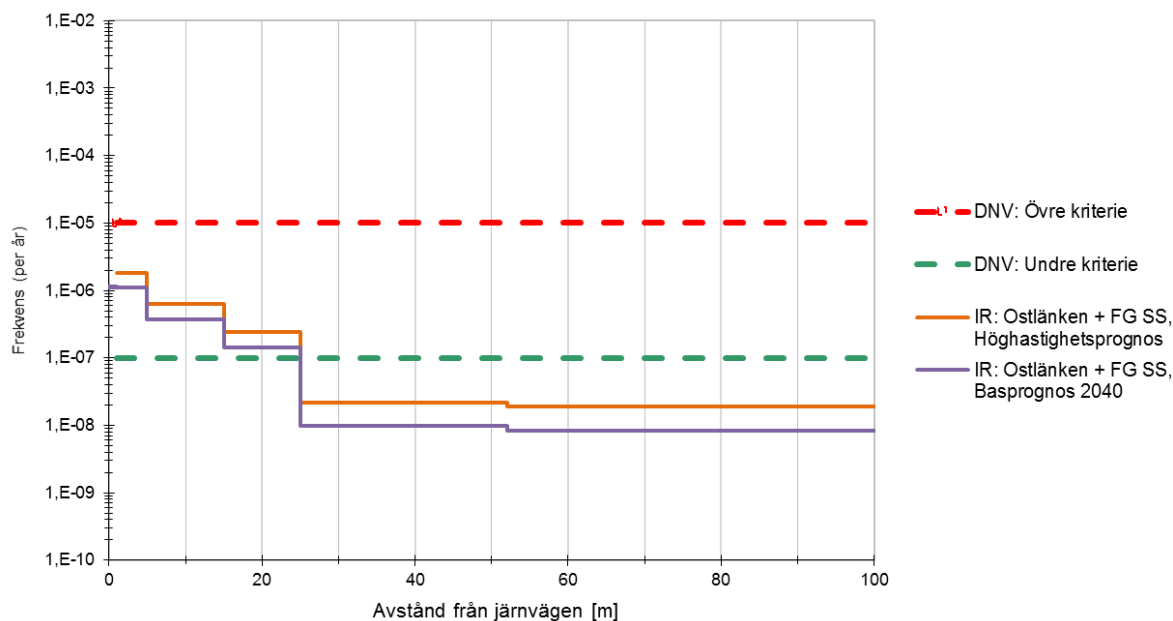


Figur 10. Individrisknivå med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan vid trafikering enligt Basprognos 2040 respektive Höghastighetsprognosen.

I Figur 10 illustreras individrisken för det norra utredningsområdet. Den gröna grafen visar individrisken med indata från höghastighetsprognosen medan den röda grafen visar indata från basprognos 2040. För båda beräkningarna används urspårningsfrekvens baserad på inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse i Sverige 2008-2015. Figur 10 indikerar att individrisken för det norra utredningsområdet ligger högt inom ALARP-området 0-15 meter från järnvägen, och inom mitten på ALARP-området 15-40 meter från järnvägen. Bortom 40 meter från järnvägen är nivån att betrakta som acceptabel. Detta

gäller oavsett vilken prognos som används som indata, men för höghastighetsprognosen (visas med grön graf) ligger risknivån något högre.

5.1.2 Södra utredningsområdet



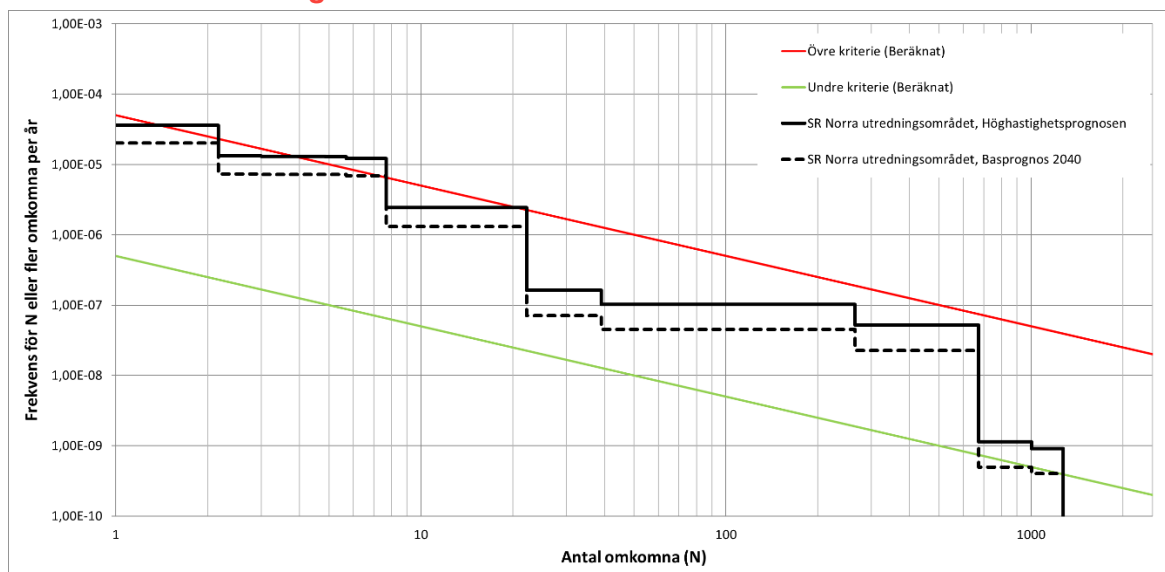
Figur 11. Individrisknivå med avseende på järnvägstransporter på Ostlänken samt farligt gods-transporter på Södra stambanan vid trafikering enligt Höghastighetsprognosen och Basprognos 2040.

I Figur 11 illustreras individrisken för det södra utredningsområdet där urspårningsrisken för Ostlänken kombineras med risken som genereras av farligt gods-transporterna på Södra stambanan. För båda beräkningarna används en urspårningsfrekvens baserad på inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse i Sverige 2008-2015. Figur 11 indikerar att individrisken för det södra planområdet inte når oacceptabla nivåer, ligger inom den nedre halvan av ALARP-området upp till 25 meter från järnvägen och blir därefter acceptabel. Detta gäller oavsett vilken prognos som används som indata, men med indata gällande godstrafik på Södra stambanan från höghastighetsprognosen (visas med orange graf) ligger risknivån något högre.

5.2 SAMHÄLLSRISK

I nedanstående stycken presenteras samhällsrisknivån för det norra respektive det södra utredningsområdet. För samtliga samhällsriskberäkningar nedan studeras påverkan på ena sidan av det upphöjda läget åt gången, eftersom påverkan från järnvägarna är olika för olika sidor (se kapitlets inledning). Det studerade området ges därmed en area på 0,5 km² istället för 1 km² (som är praxis vid beräkning av samhällsrisk). Acceptanskriterierna skalas om (grundkriterie x 0,5) för att anpassas till den mindre ytan. Befolkningsfri yta är satt till 8,5 meter mätt från spårmit för respektive yttersta järnvägsspår. Avståndet motsvarar 5 meter mätt från kantbalk på spårområdet.

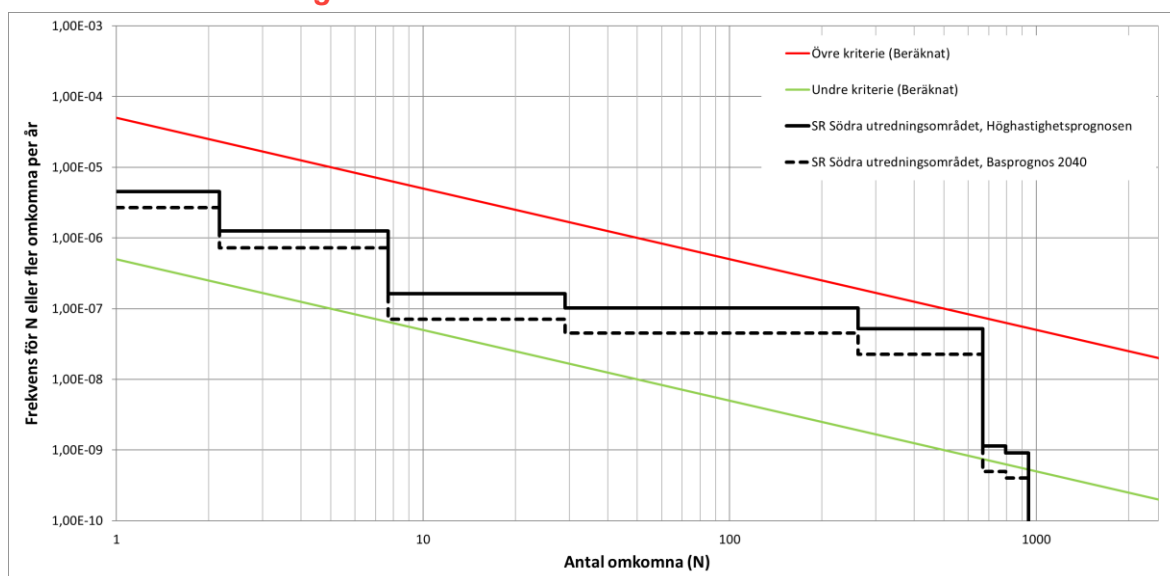
5.2.1 Norra utredningsområdet



Figur 12. Samhällsriskenivå för det norra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan.

I Figur 12 ovan illustreras samhällsrisken för det norra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan vid en trafikering enligt Höghastighetsprognosen respektive basprognos 2040. I grundberäkningen antas alla människor inom planområdet befinna sig utomhus. Befolkningsfri yta är satt till 8,5 meter mätt från spårmittpunkt för respektive yttersta järnvägsspår. Avståndet motsvarar 5 meter mätt från kantbalk på spårområdet. Resultatet visar på oacceptabla risknivåer för olyckor som resulterar i att upp till 20 personer omkommer. Därefter bedöms risknivåerna ligga högt inom ALARP. Detta innebär att riskreducerande åtgärder behöver utredas och implementeras för att projektet ska kunna genomföras med ansatt persontäthet och skyddsavstånd.

5.2.2 Södra utredningsområdet



Figur 13. Samhällsriskenivå för det södra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan samt Ostlänken.

I Figur 13 ovan illustreras samhällsriskerna för det södra utredningsområdet baserat på tågtrafik samt farligt gods-transporter på Södra stambanan samt Ostlänken. I grundberäkningen antas alla människor inom planområdet befinna sig utomhus. Befolkningsfri yta är satt till 8,5 meter mätt från spårmittpunkt för respektive yttersta järnvägsspår. Avståndet motsvarar 5 meter mätt från kantbalk på spårområdet. Resultatet visar på att risknivåerna ligger inom ALARP för olyckor som resulterar i att upp till 100 personer omkommer. Därefter bedöms risknivåerna ligga högt inom ALARP. Detta innebär att riskreducerande åtgärder behöver utredas och implementeras för att projektet ska kunna genomföras med ansatt persontäthet och skyddsavstånd.

5.3 SAMHÄLLSRISK - FÖRDJUPNING

Ovanstående beräkningar bygger på att samtliga personer vistas utomhus och är oskyddade i händelse av en olycka som leder till urspårning eller olycka med farligt gods. Detta är en förenkling. I praktiken kommer istället majoriteten av personerna inom utredningsområdet befinna sig inomhus och därmed vara skyddade under olyckans akuta skede. Som ett komplement till ovanstående beräkningar har samhällsrisknivåerna även beräknats givet antagandet om skyddsgrad för inomhusvistelse. Skyddsgraden kommer variera beroende på olycksscenario och summeras i Tabell 9. Skyddsgraderna bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar, tidigare riskbedömningar inom samhällsplanering [26] och internationella vägledningar så som CPR 18E [27].

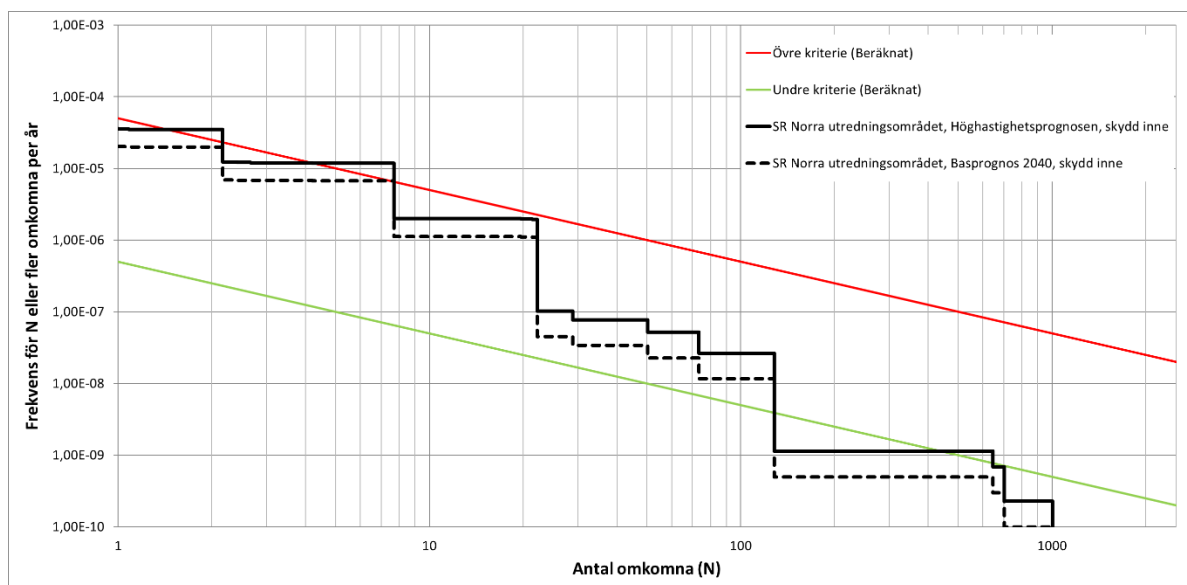
Tabell 9. Ansatta skyddseffekter för individer som befinner sig inomhus vid en farlig gods-olycka på järnvägen (Södra stambanan). En skyddsgrad på 50 % innebär att hälften av individerna som befinner sig inom konsekvensområdet och inomhus förväntas omkomma till följd av olyckan.

RID-Klass	Scenario	Konsekvensavstånd	Skyddsgrad inomhus
1	Explosiva ämnen 25 ton	250	0 %
	Explosiva ämnen 100 kg	25	0 %
2.1	BLEVE	200	50 %
	Jetflamma punktering	18	50 %
	Gasmoln punktering	18	50 %
	Jetflamma stort hål	92	50 %
	Gasmoln stort hål	21	50 %
2.3	Punktering giftig gas svag vind	38	90 %
	Punktering giftig gas stark vind	34	90 %
	Stort hål giftig gas svag vind	755	90 %
	Stort hål giftig gas stark vind	880	90 %
3	Liten pölbrand	22	90 %
	Stor pölbrand	40	90 %
5	Explosion oxiderande ämnen 25 ton	250	0 %
	Brand oxiderande ämnen	40	90 %

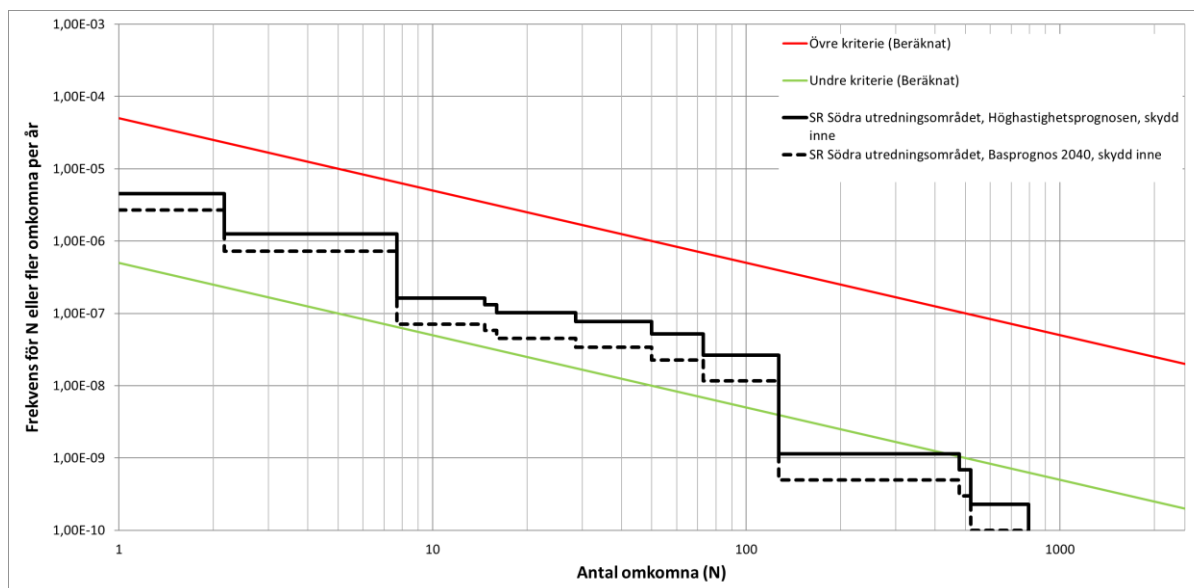
Andelen personer som förväntas vistas inomhus följer de värden som redovisas i RIKTSAM, se Tabell 10. Resultatet från beräkningarna redovisas i Figur 14 och Figur 15.

Tabell 10. Andel inomhus/utomhus dag/nattetid enligt RIKTSAM [28].

Tid på dygnet	Andel inomhus	Andel utomhus
Dagtid	90 %	10 %
Nattetid	99 %	1 %



Figur 14. Samhällsrisiknivåer till följd av skyddsgrad inomhus, Norra utredningsområdet.



Figur 15. Samhällsrisiknivåer till följd av skyddsgrad inomhus, Södra utredningsområdet.

Resultatet från de fördjupade beräkningarna för Norra utredningsområdet visar fortsatt på oacceptabla risknivåer för olyckor som resulterar i att upp till 20 personer omkommer. Därefter bedöms risknivåerna ligga lägre inom ALARP. För södra området resulterar antagandena i att samhällsrisknivåerna antas ligga inom ALARP för samtliga olyckor, förutom de allra största som ligger på acceptabla nivåer. Sammanfattningsvis innebär resultatet att riskreducerande åtgärder fortsatt behöver utredas och implementeras för att projektet ska kunna genomföras. Notera dock att ovanstående fördjupning endast gäller för olyckans akuta skede. I samband med att händelseförloppet fortgår kan därmed risknivåerna öka om inte riskreducerande åtgärder har implementerats som säkerställer skyddsgraderna. Exempelvis kan personer som vistas inomhus inledningsvis tänkas vara skyddade i händelse av pölbrand, men om branden får fäste och sprider sig till byggnaden är skyddsgraden mer tveksam. På liknande sett kan inomhusvistelse till stor del skydda mot spridning av giftig gas, men tillåts gasen sprida sig in i byggnaden kommer skyddseffekten succesivt avta. De riskreducerande åtgärder som föreslås bedöms därmed behöva uppfylla två krav, antingen enskilt eller som samlad effekt av flera åtgärder. Dessa krav är:

1. Åtgärder som reducerar risknivåerna för olyckor som resulterar i mindre olyckshändelser (upp till 20 personer omkommer)
2. Åtgärder som säkerställer att skyddsgraderna kan upprätthållas även efter olyckans akuta skede. De skyddsgrader som specifikt avses är skydd mot strålningspåverkan och skydd mot giftig gas.

6 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

För Norrköpings resecentrum visar framtagna grundberäkningar att riskreducerande åtgärder är nödvändiga att införa. I detta kapitel beskrivs först vanligt förekommande riskreducerande åtgärder. Därefter specificeras de åtgärder som bedöms mest relevanta avseende Norrköpings resecentrum. Dessa åtgärder verifieras, antingen genom nya beräkningar eller med kvalitativa resonemang. Slutligen ges ett förslag på lämpliga riskreducerande åtgärder utifrån den zonindelning som redovisas i Kapitel 2.

6.1 ALLMÄNT OM RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport *Säkerhetskänsliga åtgärder i detaljplaner* [29], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

Åtgärderna kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. Avseende Norrköpings resecentrum återfinns dock möjligheten att även beakta åtgärder som normalt inte går att reglera i en detaljplan. Detta eftersom såväl Ostlänken som Södra stambanan också omfattas av pågående planarbete och möjliggör därigenom att riskreducerande åtgärder kan vidtas som ger bästa möjliga effekt på risknivån.

6.2 VANLIGT FÖREKOMMANDE RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Nedan anges de åtgärder som är vanligt förekommande för att reducera risknivån invid en riskkälla såsom en järnväg. Till varje åtgärd anges dess lämplighet specifikt för Norrköpings resecentrum.

6.2.1 Dike

Dike anordnas med syfte att samla upp utsläpp. Åtgärden kan reducera konsekvensen av pölbrand, eftersom diket samlar upp vätskeutsläpp.

Då aktuell järnvägssträckning i huvudsak går i upphöjd läge är dike ej aktuellt. Dock är det aktuellt med uppsamling av vätska i händelse av utsläpp uppe på det upphöjda läget. Detta för att dels begränsa konsekvenserna vid en eventuell brand, dels för att räddningstjänsten och miljökontoret ska ha god kontroll på var eventuell utsläppt vätska tar vägen. Risker för kemikalieutsläpp bör beaktas i samband med utformningen av dagvattenssystemet.

6.2.2 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar, t.ex. vall och plank.

Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd och effektiviteten avtar med avståndet.

Avseende aktuell järnvägssträckning är skyddsavstånd nödvändigt för att säkerställa en acceptabel risknivå. Skyddsavståndet kan komma att variera inom de zoner som angetts i kapitel 2. Åtgärden utreds vidare.

6.2.3 Vegetation

Vegetation som riskreducerande åtgärd innebär att en trädridå planteras mellan riskkälla och skyddsvärt objekt. Åtgärden kan ha riskreducerande effekt vid giftiga gasutsläpp, explosioner och vid avåkning. Tillförlitligheten kan dock ifrågasättas, eftersom nyplanterade träd inte nödvändigtvis har tillräcklig storlek för att åstadkomma avsedd effekt, underhållsbehovet är stort och effekten är säsongsberoende om träden är lövfällande. Åtgärden kan säkerställas genom krav på marklov för trädfällning.

Då aktuell järnvägssträckning går i upphöjt läge är det tveksamt om vegetation kan sägas ha någon reell inverkan på risknivån och därför utreds inte möjligheterna till vegetation vidare som riskreducerande åtgärd.

6.2.4 Vall

En vall av jordmassor kan fungera som en fysisk barriär mellan riskkälla och planområde. Vallen tjänar som en avgränsning mot planområdet vid utsläpp av vätskor, begränsar både storlek och bildandet av pölar och därmed i förlängningen eventuella pölbränder. Gasutsläpp nära marken kan, till följd av den turbulens som vallen skapar, reduceras till cirka hälften i koncentration. Tryckvågor från explosioner kan reduceras och avåkningar mot planområdet förhindras. Åtgärden har dessutom hög tillförlitlighet och kräver ingen skötsel avseende bibehållen riskreducerande effekt. En vall är dock förhållandevis dyr och skrymmande. Vallens höjd och utbredning bör utredas i detalj för att säkerställa den riskreducerande effekten.

Vid aktuell järnvägssträckning saknas möjligheterna att upprätta en vall då sträckan är förlagd i upphöjt läge. Åtgärden utreds därför inte vidare.

6.2.5 Barriär

Mur, stödmur, kantbalk eller plank har liknande riskreducerande effekt som vall och väljs ofta som alternativ i de fall utrymmet mellan riskkälla och planområde inte är tillräckligt för en vall. Åtgärden förutsätter erforderlig höjd och grundläggning.

För aktuell järnvägssträckning är åtgärden intressant, eftersom den kan bidra till att säkerställa att ett urspåret tåg stannar kvar uppe på det upphöjda läget och därigenom minimerar konsekvenserna för närområdet. Åtgärden utreds vidare.

6.2.6 Disposition av byggnader

Åtgärden innebär disposition av lokaler i en byggnad för att uppnå ett skydd mot olyckor. Exempelvis planeras en byggnad så att inga eller få personer vistas i den del som är närmst godsleden. Utrymningsvägar bör förläggas så att de inte mynnar mot riskkällan. Dock kan åtgärden möjligen förbises vid ändring av byggnaden och tillförlitligheten är sådant fall tveksam. Dessutom innebär åtgärden uppenbarligen en begränsning av byggnadens användning.

För den bebyggelse som planeras intill aktuell järnvägssträckning är disposition av byggnader aktuellt som riskreducerande åtgärd. Särskilt eftersom det till största delen rör sig om nybyggnation och därmed är möjligheterna till påverkan större än om det hade rört sig om befintlig bebyggelse. Åtgärden utreds vidare.

6.2.7 Disposition av planområde

Genom att reglera användandet av planområdets yta kan den optimeras baserat på risknivå. T.ex. kan ekonomibygnader eller garage utgöra barriär mot mer skyddsvärda byggnader som bostäder, skola eller sjukvård. För ytor med höga risknivåer kan användandet regleras till parkmark, teknikbyggnader eller annan verksamhet som inte ger upphov till stadigvarande vistelse.

Då hela planområdet kring aktuell järnvägssträckning med få undantag innebär nybebyggelse finns här unika möjligheter att påverka risknivån genom att disponera området och aktuell bebyggelse på bästa vis ur riskhänseende. Åtgärden utreds vidare.

6.2.8 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras högt på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen för personer som vistas inomhus vid utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar. Åtgärden kan vara lämplig att reglera i detaljplan om den är projektanpassad.

Avseende nybebyggelsen kring aktuell järnvägssträckning är åtgärden relevant, särskilt inom närområdet. Vid större avstånd har även normal ventilation med t.ex. don i fasad en begränsad inträngning och därmed ett gott skydd till inomhusmiljön.

Skyddsfaktorn för individer som befinner sig inomhus när utsläppet inträffar har i denna riskbedömning ansatts till 95 %. I CPR 18E bedöms individer som befinner sig inomhus i princip vara helt skyddade (avseende risken att omkomma) vid ett utsläpp av giftig gas [8].

6.2.9 Förstärkning av stomme eller fasad

Där åtgärd om förstärkt stomme eller fasad vidtas utförs byggnaden, eller del av byggnaden, med fasad och stomme som ska kunna motstå tryckökningar motsvarande exempelvis dimensionerande explosion. Åtgärden ska ge skydd mot fortskridande ras och stå emot påkörning. Utförandet innebär tyngre konstruktion av stomme och fasad.

Avseende nybebyggelsen kring aktuell järnvägssträckning kan åtgärden ha effekt. Dock beror behovet på möjligheterna att kvarhålla ett urspåret tåg i det upphöjda läget. Åtgärden utreds därför vidare om det inte är möjligt att med hög tillförlitlighet säkerställa att ett urspåret tåg hålls kvar i upphöjt läge.

6.2.10 Begränsning av fönsterarea

Åtgärden innebär att fönsterarean, inklusive så kallad öppningskomplettering (dörr, port, glasparti) i en fasad begränsas till en viss andel av fasadarean. Även fasader helt utan fönster och öppningar kan anges. Färre öppningar innebär att fasadens svagaste konstruktionsdel minskas och vid explosioner minskas exponering för tryckvåg och splitter med färre öppningar. Även giftigt inläckage i byggnader förväntas vara mindre. Dock kan åtgärdens effektivitet förväntas vara låg, eftersom de fönster som ändå finns kan vara öppna och medge inläckage. Åtgärden innebär dessutom en möjligen önskad begränsning av planlösningsmöjligheter, eftersom dagsljusinsläpp begränsas.

Avseende nybebyggelsen kring aktuell järnvägssträckning kan åtgärden ha effekt. Dock beror behovet på möjligheterna att kvarhålla ett urspåret tåg i det upphöjda läget. Åtgärden utreds därför vidare om det inte är möjligt att med hög tillförlitlighet säkerställa att ett urspåret tåg hålls kvar i upphöjt läge.

6.2.11 Byggnadstekniskt brandskydd

Åtgärden innebär att ytterväggar, tak, fasad och/eller fönster utformas på ett sätt vilket reducerar konsekvensen i händelse av brandpåverkan till följd av pölbrand och/eller jetflamma.

Obrännbara fasadmateriell och takyttskikt kan användas för att försvåra brandspridning till byggnaden, men innebär inte explicit att brand- eller brandgasspridning in i byggnaden till följd av ledning eller otätheter förhindras. Brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster kan användas som komplement till obrännbara fasadmateriell för att förhindra brand- och brandgasspridning till inomhusmiljön. Genom att utforma ytterväggar inom 30 meter från järnvägen i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster i lägst klass EW 30 görs bedömning att risken för brandspridning in i byggnaden i händelse av pölbrand eller jetflamma reduceras på ett tillfredsställande sätt. Observera att brandklassade väggar kan utformas med brännbara materiell och yttskikt. Då brandklassad yttervägg ställer krav på täthet mot brandgaser är åtgärden även riskreducerande vid läckage av giftig gas.

Åtgärden kan regleras med detaljplan och bör då införas som funktionsbaserad bestämmelse, eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.

Avseende nybebyggelsen kring aktuell järnvägssträckning kan åtgärden ha effekt. Dock beror behovet på möjligheterna att kvarhålla ett urspåret tåg i det upphöjda läget. Åtgärden utreds därför vidare om det inte är möjligt att med hög tillförlitlighet säkerställa att ett urspåret tåg hålls kvar i upphöjt läge.

Om husfasader och tak närmst och inom 40 meter järnvägen utförs i lägst brandteknisk klass EI30 och fönster och glaspartier i lägst EW 30 finns det goda förutsättningar för att anta att ett fullständigt skydd inomhus gentemot strålningspåverkan från pölbränder (RID-klass 3) uppnås, givet att utrymning från byggnaderna kan ske bort från järnvägen.

6.2.12 Skyddsräll

Skyddsräll fungerar som ett konsekvensreducerande urspårningsskydd vars syfte är att kvarhålla en urspårat tågvagn på spåret. Om urspårade vagnar kvarhålls på spåret minskar dels sannolikheten för att vagnarna ger mekaniska skador på människor och/eller byggnader och dels sannolikheten för att vagnar med farligt gods springer läck. Skyddsräller kan exempelvis placeras på särskilt utsatta partier där det finns skyddsobjekt i järnvägens direkta närområde. I enlighet med kraven i *TDOK 2014:0389 Skyddsräller – Regler för anordnande och konstruktiv utformning* [30] används skyddsräll främst på broar samt i tunnlar. Enligt TDOK 2014:0389 ska skyddsräller anordnas på broar när broängden överstiger 30 meter, vilket bör gälla det upphöjda läget om detta likställs vid en bro.

Avseende aktuell järnvägssträckning passerar denna i upphöjt läge varvid ovanstående är relevant och krav i enlighet med TDOK 2014:0389. Åtgärdens effekt på risknivån utreds vidare.

6.3 ÅTGÄRDER ATT BEAKTA AVSEENDE NORRKÖPINGS RESECENTRUM

Utifrån ovanstående sammanställning kan konstateras att följande åtgärder bedöms aktuella att utreda vidare avseende Norrköpings resecentrum och omkringliggande bebyggelse.

- Skyddsavstånd
- Barriär (stödmur/kantbalk)
- Disposition av byggnader
- Disposition av planområde
- Placering av friskluftsintag
- Skyddsräll

Utöver ovanstående kan även följande åtgärder bli aktuella om det inte går att säkerställa att urspåret tåg kvarhålls i upphöjt läge på ett tillfredställande vis:

- Förstärkning av stomme eller fasad
- Begränsning av fönsterarea
- Byggnadstekniskt brandskydd

6.4 MOTIVERING TILL VAL AV ÅTGÄRDER

WSP har bedömt förutsättningarna vid utredningsområdet, både avseende järnvägen och Norrköpings kommuns vilja att bebygga området kring resecentrum. Norrköpings kommun vill skapa en levande och dynamisk stadsbild och i möjligaste mån undvika ytor som upplevs tomma, otrygga osv. Samtidigt behöver Trafikverket säkerställa att järnvägen inte påverkas negativt av omgivningen. Som i alla större städer är detta en balansgång som måste hanteras.

I fallet med utredningsområdet kommer järnvägen att passera genom området i upphöjt läge vilket skapar speciella förutsättningar. Å ena sidan innebär detta en naturlig separering från utredningsområdet som är positiv rent riskmässigt. Å andra sidan medför det upphöjda läget att vissa risker kan förvärras, exempelvis om ett urspåret godståg åker av det upphöjda läget och därigenom förvärras konsekvenserna av olyckan (exempelvis genom att fler vagnar springer läck) jämfört med motsvarande situation i markförlagt läge.

Mot bakgrund av ovanstående samt de grundberäkningar som har tagits fram bedömer WSP det som prioriterat att i möjligaste mån säkerställa att tågen som passerar genom utredningsområdet inte lämnar det upphöjda läget i händelse av urspärning. Om detta kan åstadkommas finns goda förutsättningar för att uppfylla såväl Norrköpings kommuns som Trafikverkets förväntningar på utredningsområdet utifrån ett riskperspektiv.

6.4.1 Kvarhållande av urspåret tåg

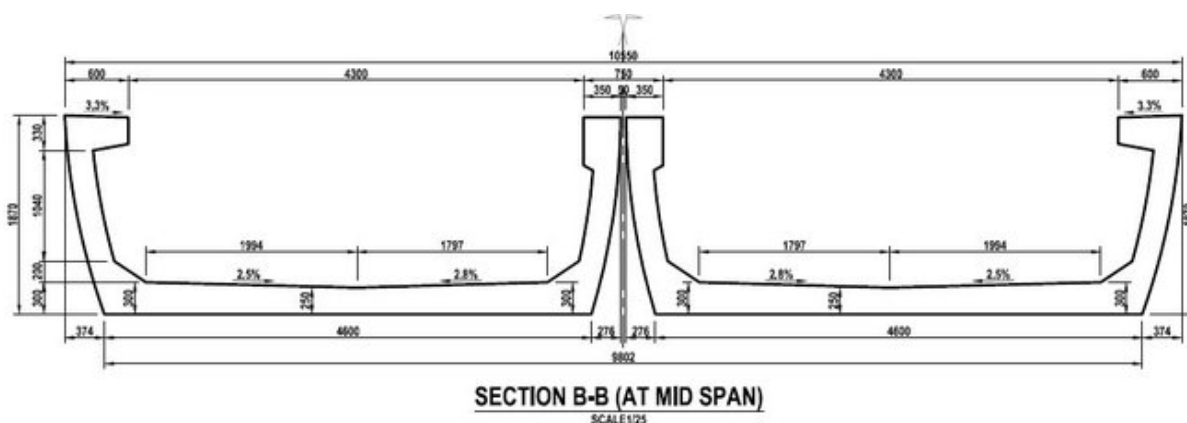
För att undvika att urspärande tåg åker av upphöjda lägen så som broar etc. föreskriver Trafikverket att skyddsräll ska användas. Syftet med skyddsrällen är att säkerställa att tåg inte åker av det upphöjda läget och därigenom medför stora konsekvenser för de eventuella personer som befinner sig ombord eller i närliggande omgivning. Skyddsrällen är därmed en åtgärd som bidrar till att uppfylla WSP:s strategi avseende hanteringen av risker vid utredningsområdet.

Skyddsrälen effekt kan diskuteras, men otvetydigt föreskrivs skyddsrälen av Trafikverket och motsvarande skyddsåtgärd används även i andra delar av världen. Skyddsrälen kan ha delvis olika konstruktion och utformning. I vissa länder används en skyddsräla som kombineras med vissa åtgärder på tågen som tillsammans ska ge en förhöjd effekt [31] [32]. Nedan har kvantitativa verifieringar genomförts avseende skyddsrälens effekt. Verifieringen bygger på skyddsräla bedöms reducera sannolikheten för en spridning större än 1 meter med 90 % för urspårningar som ej sker i växel [24].

Givet skyddsräla går det att diskutera huruvida enkom denna åtgärd är tillräcklig för att säkerställa att urspårade tåg inte lämnar det upphöjda läget. Det kommer alltid att finnas argument för och emot. Statistiken som återfinns i nuläget är inte tillräckligt omfattande för att med statistisk säkerhet ange skyddseffekten av skyddsräla. WSP bedömer därför att ytterligare, kompletterande åtgärder bör utredas. Här ska dock konstateras att Trafikverket är ålagda att säkerställa att passagerare som passerar på det upphöjda läget inte löper risk att omkomma till följd av en urspårning. Därmed finns ett gemensamt intresse för såväl Norrköping som Trafikverket att utforma aktuell järnvägssträckning så att tåg som spårar ur inte kan lämna det upphöjda läget.

Ytterligare åtgärder som kan medföra att tåg inte lämnar det upphöjda läget i händelse av urspårning är någon form av barriär. Denna barriär kan bestå av en skyddsvägg, en stödmur eller en kantbalk.

En skyddsvägg innebär att tågen byggs in och passerar genom ett "U" förbi utredningsområdet. Denna åtgärd kan principiellt beskrivas med nedanstående konstruktionsskiss.



Figur 16. Principskiss av möjlig utformning av skyddsvägg för att kvarhålla tåg i upphöjt läge (Dehli Metro Rail Coperation).

En stödmur kan upprättas enligt samma princip som figuren ovan. Stödmurens skyddseffekt kan liksom övriga barriärer sägas bestå av två delar, dels de urspårningar som de facto hålls kvar av barriären, dels den hastighetsreducering som barriären medför för ett urspårat tåg. Den sistnämnda effekten innebär att tåg som trots allt skulle forcera barriären vid en urspårning förlorar så pass mycket hastighet att själva urspårningens utbredning begränsas kraftigt. Slutligen kan en kantbalk utformas så att den förstärks för att klara vissa laster som kan uppstå i samband med urspårning.

Genom att kombinera skyddsrälen och någon av ovanstående barriär erhålls ett bättre skydd än vid enkom användandet av skyddsräla. Detta ger förutsättningar för att tillsammans med ytterligare åtgärder bedöma möjligheterna att exploatera i järnvägens närområde. Exempel på ytterligare åtgärder anges nedan.

6.4.2 Utformning av utredningsområdet

Även om det finns internationella projekt som tydligt visar på en lösning (skyddsräll i kombination med barriär) som bedöms gångbar runt om i världen och där tillförlitligheten bedöms som hög av såväl konstruktörer, infrastrukturförvaltare och myndigheter så utreds här även ytterligare åtgärder för att om möjligt öka säkerheten än mer. Detta sker genom att analysera vilka möjligheter som finns att vidta säkerhetshöjande åtgärder inom utredningsområdet.

- Skyddsavstånd: Genom skyddsavståndet skapas ytterligare skydd för omgivningen. Även om utgångspunkten är att inga tåg som spårar ur ska lämna det upphöjda läget så bedöms det rimligt att detta till trots ansätta ett skyddsavstånd. Det bedöms nödvändigt att bibehålla ett skyddsavstånd om minst 15 meter från järnvägsanläggningen (motsvarar 18, 5 meter från närmsta spårmitt).
- Placering av friskluftsintag: Friskluftsintag placeras så att de vetter bort från järnvägen. Åtgärden kan uppnå hög effektivitet då utredningsområdet till största del består av nya byggnader. Åtgärden kan därmed bedömas som kostnadseffektiv.
- Disponering av byggnad: Genom att disponera byggnader, särskilt de byggnader som ligger närmst järnvägen så att de utformas med säkerhet i åtanke kan lösningar som minskar riskerna byggas in. Detta kan exempelvis ske genom att mindre publika delar av en byggnad placeras mot järnvägen. Åtgärden behöver detaljstuderas längre fram när utformningen av utredningsområdet blir än tydligare.
- Disponering av utredningsområdet: Att disponera utredningsområdet är av stor vikt för att erhålla en acceptabel risknivå. Åtgärden består i att säkerställa att bostäder, förskolor, vårdboende och andra känsliga verksamheter placeras på lämpligt avstånd från riskkällan, dvs. järnvägen. Vidare ska tåliga konstruktioner med lägre persontäthet placeras närmst järnvägen. För att underlätta för läsaren anges i nästa delkapitel förslag till definitioner av olika typer av verksamheter som kan vara aktuella på olika avstånd intill järnvägsanläggningen.

6.5 DEFINITIONER AV VERKSAMHETER OCH FUNKTIONER

Nedan följer förslag på definitioner av verksamheter/funktioner kopplad till markanvändning. Dessa är baserade på Norrköpings kommuns strategi för en trygg exploatering i anslutning till järnvägsanläggningen och relevanta referenser från liknande projekt [33] [4] [26].

6.5.1 Tåliga verksamheter

Markanvändning med låga personantal, där människor förväntas vara vakna och ha lokal kännedom om närområdet, dvs. förutsättningar för att snabbt kunna utrymma bedöms som goda. I huvudsak är människor endast närvarande dag- och kvällstid. Förslag på tåliga verksamheter är:

- Markparkering och garage
- Parkeringshus
- Bilservice
- Kontor
- Icke-störande verksamheter
- Tekniska anläggningar
- Sällanköpshandel och servicefunktioner i mindre omfattning < 1500 kvm BTA.

6.5.2 Mindre känsliga verksamheter

Markanvändning som möjliggör för framför allt handel och service i större omfattning. Dessa verksamheter genererar besökare men dessa uppehåller sig bara en kortare tid vid verksamheterna. Vidare kan flertalet av besökarna vara resenärer som ändå vistas i järnvägsanläggningens omedelbara närhet. En begränsad mängd boende kan tillåtas under rätt förutsättningar. Dessa förutsättningar är att personintensiteten hålls låg, maximalt 40 boende inom området 30-40 meter från järnvägen per kvarter.

- Handel och service i större omfattning > 1500 kvm BTA.
- Kontor
- Bostäder i mindre omfattning – vänds ej mot fasader som vetter mot järnvägen utanför perronglägen på norra sidan.
- Idrotts- och fritidsanläggningar utan betydande åskådarplatser

6.5.3 Känsliga verksamheter

Markanvändning för människor som är på tillfälligt besök i kombination med sovande personer och/eller själva har begränsade möjligheter att utrymma (barn/äldre/funktionsnedsatta). En hög personbelastning kan förväntas.

- Hotell
- Bostäder
- Tillfällig vistelse
- Vård
- Förskola
- Skola
- Besöksanläggningar (museum, konserthus, samlingslokaler o dylikt)
- Idrotts- och fritidsanläggningar med betydande åskådarplatser

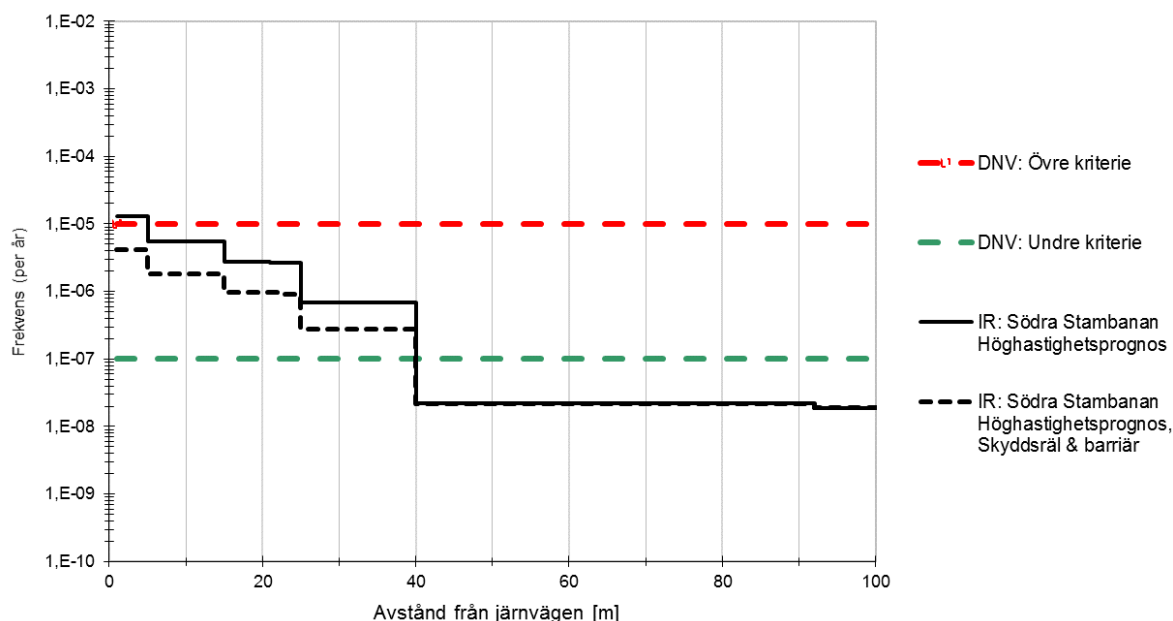
6.6 VALIDERING AV SKYDDSRÄL OCH BARRIÄR

Som nämnts tidigare så inriktas de föreslagna åtgärderna i första hand på att säkerställa att urspårade tåg stannar kvar på det upphöjda läget. De åtgärder som föreslås för att uppnå detta, skyddsräl och barriär, kommer däremot ställa högre krav på anläggningens utformning och på så sätt leda till högre kostnader. För att fördjupa diskussionen av åtgärdernas effekt avser därför detta delkapitel att belysa åtgärdernas effekt avseende reducering av risknivåerna, samt utifrån ett kostnads-nytta perspektiv.

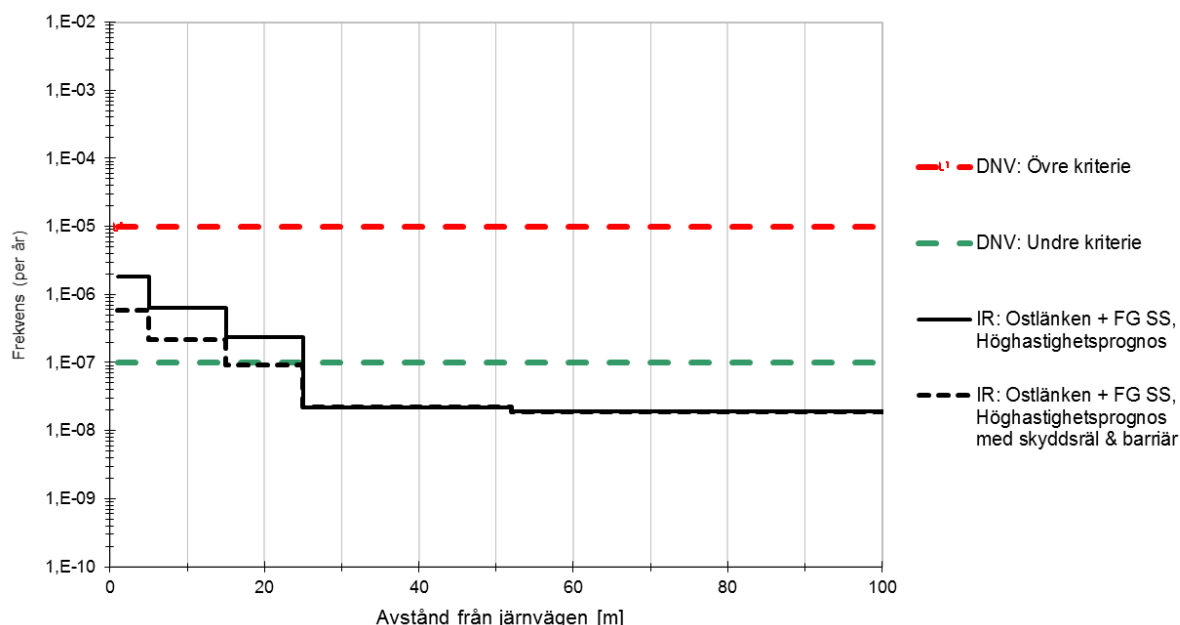
6.6.1 Riskreducering

Att kombinera skyddsräl med någon form av barriär är en vanlig åtgärds kombination för att säkerställa att tåg i upphöjda lägen kvarhålls i det upphöjda läget och inte spårar ur med konsekvenser för omgivningen. För att möjliggöra en god kombination av stadsutveckling och infrastruktur har åtgärderna använts genom många befolkningstäta områden, där Shinkansen genom Tokyo är ett tydligt exempel.

Åtgärdsförslaget i denna rapport avser både skyddsräl och barriär. Skyddsrälen antas uppfånga 90 % av de urspårade tågen när urspårningen ej sker i växel, medan kantbalken antas uppfånga hälften av de urspårade tågen som når barriären. Detta bedöms vara ett rimligt antagande då den faktiska utformningen inte är fastlagd. Här ska konstateras att barriärens förmåga är helt beroende på val av konstruktion. Resultatet av åtgärderna presenteras i figurerna nedan.



Figur 17. Individrisknivå med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan vid trafikering enligt Höghastighetsprognosen givet antagen effekt av skyddsräl och upphöjd kantbalk.



Figur 18. Individrisknivå med avseende på järnvägstransporter på Ostlänken samt farligt gods-transporter på Södra stambanan vid trafikering enligt Höghastighetsprognosen givet antagen effekt av skyddsräll och upphöjd kantbalk.

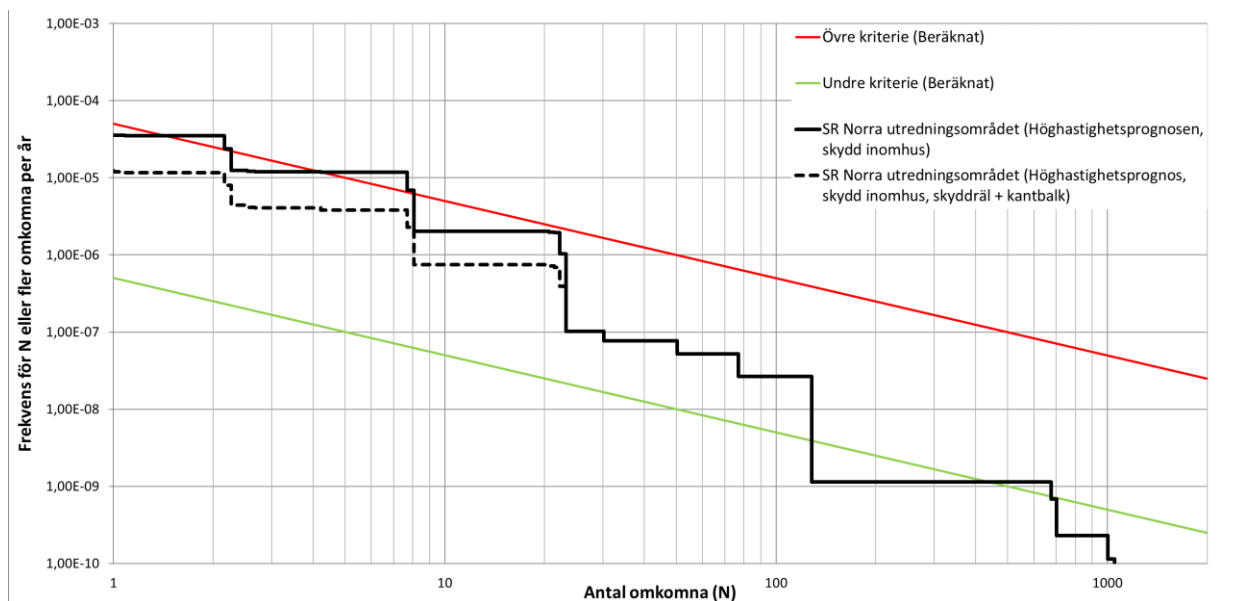
Av figurerna kan konstateras att individrisken hamnar inom ALARP-området för såväl norra som södra utredningsområdet. Vidare kan utläsas att individrisken för norra utredningsområdet ligger högt i ALARP-området bort till 25 meter från järnvägen och därefter i mitten av ALARP-området bort till 40 meter från järnvägen. Medan individrisken för södra utredningsområdet ligger inom mitten av ALARP-området bort till 25 meter från järnvägen och blir därefter acceptabel. En tydlig minskning av individrisken jämfört med grundberäkningarna kan alltså konstateras givet de förutsättningar som ansatts ovan avseende skyddsrällens och barriärens effekt.

Värt att notera är att trots att barriärens effekt antas ha en förhållandevis låg tillförlitlighet (uppfångar 50 % av urspårningarna) så uppstår en signifikant riskreduktion i de beräkningar som är genomförda. Vid en genomgång av referensprojekt, avstämning med sakkunniga så kan konstateras att tillförlitligheten bedöms som betydligt högre än ovan ansatta värden. Därmed kan konstateras att åtgärds kombinationen effekt i beräkningen inte är överskattad; men här ska också konstateras att effekten beror på val av barriär och utformning av barriär varvid ovanstående konservativa bedömningen av barriärens effekt kvarstår. Vidare finns det fler antaganden som bedöms vara konservativa och som inte har beaktats i rapportens beräkningar. Dessa inkluderar bland annat att:

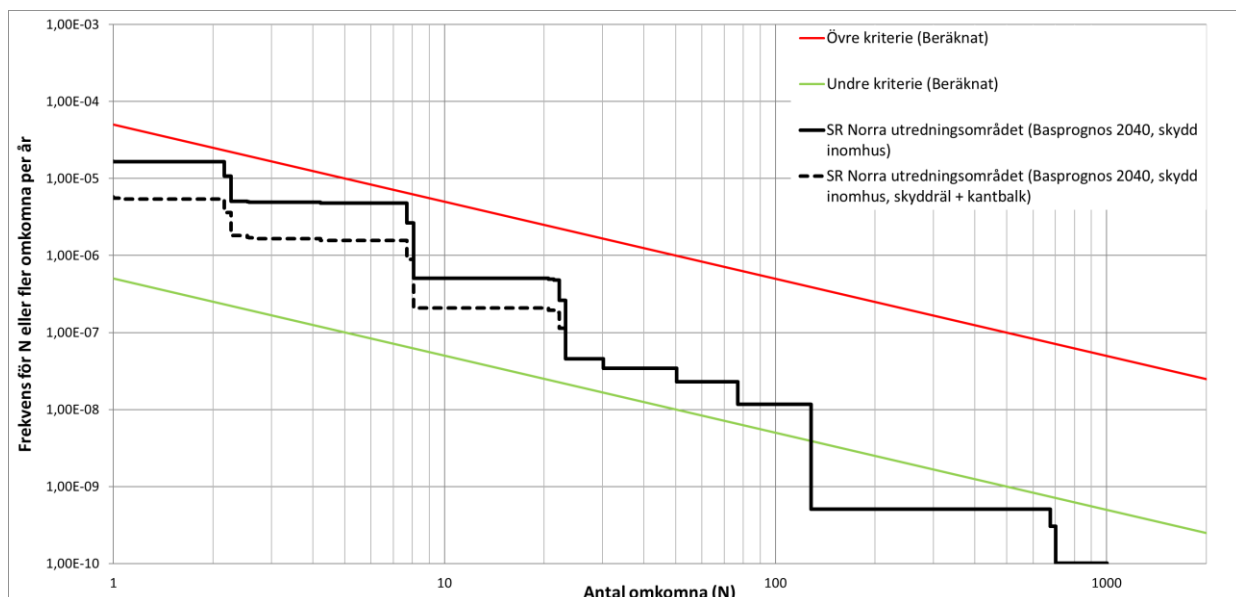
- Alla tåg bedöms passera utredningsområdet i 100 km/h. Detta stämmer inte. För det första bedöms maximal hastighet för Södra stambanan vara ca 80 km/h förbi området. För det andra kommer majoriteten av tåg som passerar att stanna i Norrköping och därigenom ha betydligt lägre hastighet. Uppskattningsvis 60 % av samtliga tåg stannar i Norrköping [34].
- Kombinationen av skyddsräll och barriär bedöms bromsa ett tågs urspårning, även i de fall som skyddsanordning inte fungerar så som tänkt. Denna bromsande effekt på urspårade tåg har inte beaktats. Det är rimligt att anta att ett urspårat tåg som exempelvis passerar genom en stödmur tappar hastighet, jämfört med ett urspårat tåg som inte behöver passera genom en stödmur.

Notera även att det i den kvantitativa analysen går att utläsa att samhällsrisknivån är hög i ALARP eller strax över ALARP för få omkomna (1-10 personer). Denna höga risknivå har en direkt koppling till

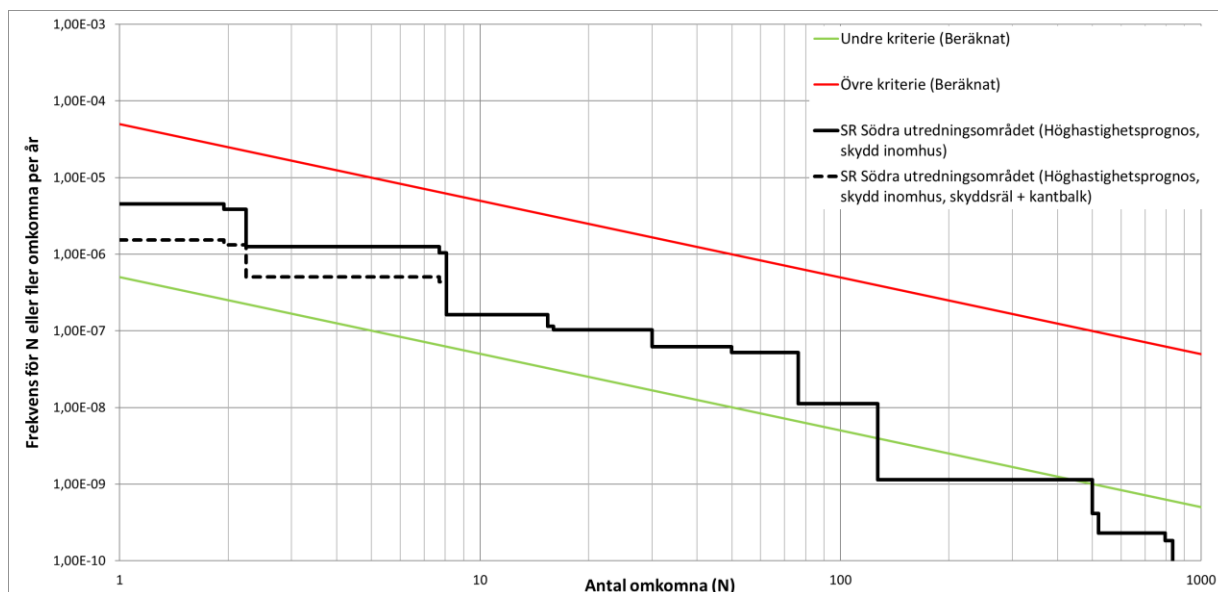
mekanisk påverkan till följd av urspåret tåg, dvs. att ett urspåret tåg faller av det upphöjda läget och träffar personer utanför järnvägen som omkommer till följd av kollisionen. Genom att begränsa risken att tågen lämnar det upphöjda läget i händelse av urspårning så kommer samhällsriskerna att reduceras. I Figur 19 och Figur 20 nedan redovisas hur samhällsrisknivån minskar för det Norra utredningsområdet givet införandet av skyddsrärl samt kantbalk. I Figur 21 och Figur 22 nedan redovisas motsvarande beräkning för det Södra utredningsområdet.



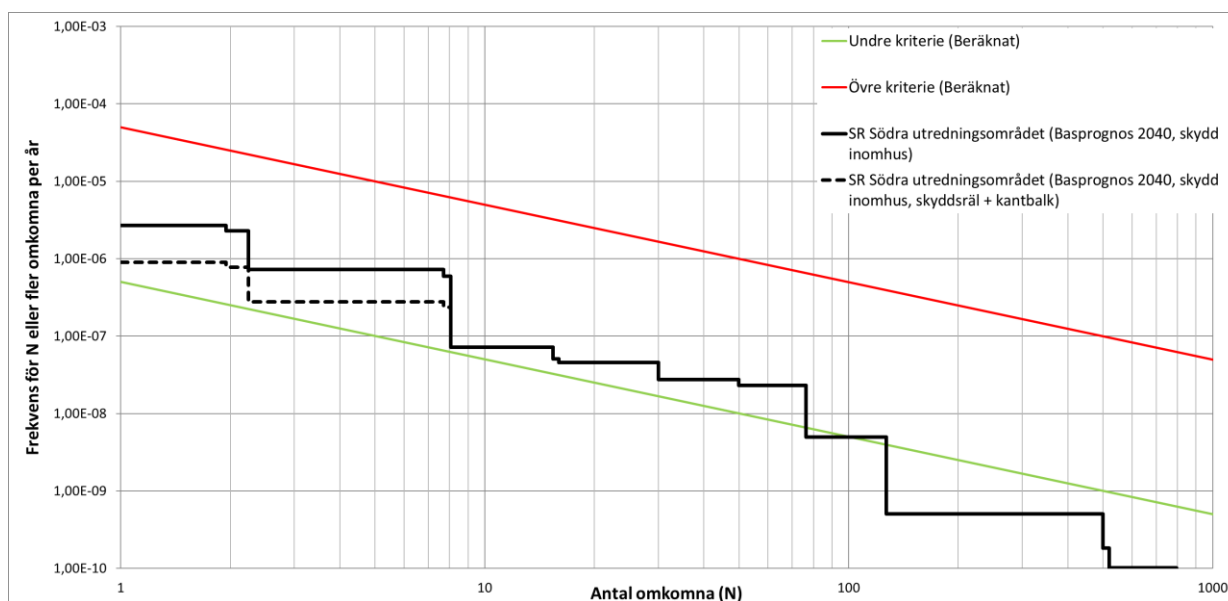
Figur 19. Uppskattad samhällsrisknivån för Norra utredningsområdet vid införandet av åtgärden skyddsrärl samt kantbalk. Trafikering enligt höghastighetsprognosen.



Figur 20. Uppskattad samhällsrisknivån för Norra utredningsområdet vid införandet av åtgärden skyddsrärl samt kantbalk. Trafikering enligt basprognosen 2040.



Figur 21. Uppskattad samhällsrisiknivå för Södra utredningsområdet vid införandet av åtgärden skyddsräll samt kantbalk. Trafikering enligt höghastighetsprognosen.



Figur 22. Uppskattad samhällsrisiknivå för Södra utredningsområdet vid införandet av åtgärden skyddsräll samt kantbalk. Trafikering enligt basprognosen 2040.

6.6.2 Kostnads- och nyttoanalys avseende barriär

För att bedöma vilken form av barriär som är den mest kostnadseffektiva i förhållande till dess riskreducerande effekt har en kvalitativ kostnadsuppskattning genomförts, som sedan ställs i paritet till den nytta som åtgärden bedöms medföra. Denna kostnadsuppskattning har genomförts med sakkunniga inom järnväg som har tagit del av underlag och riskbedömningen och därefter intervjuats [35] [36]. Givet det val av konstruktion som Trafikverket har presenterat avseende det upphöjda läget så bedöms i första hand en förhöjd kantbalk alternativt lägre stödmur vara mest rimligt som lösning. Detta eftersom en skyddsvägg eller högre kantbalk (1,80 m eller motsvarande) bedöms medföra en kostnadsökning för hela konstruktionen på cirka 30 %. En sådan kostnadsökning står inte i paritet med

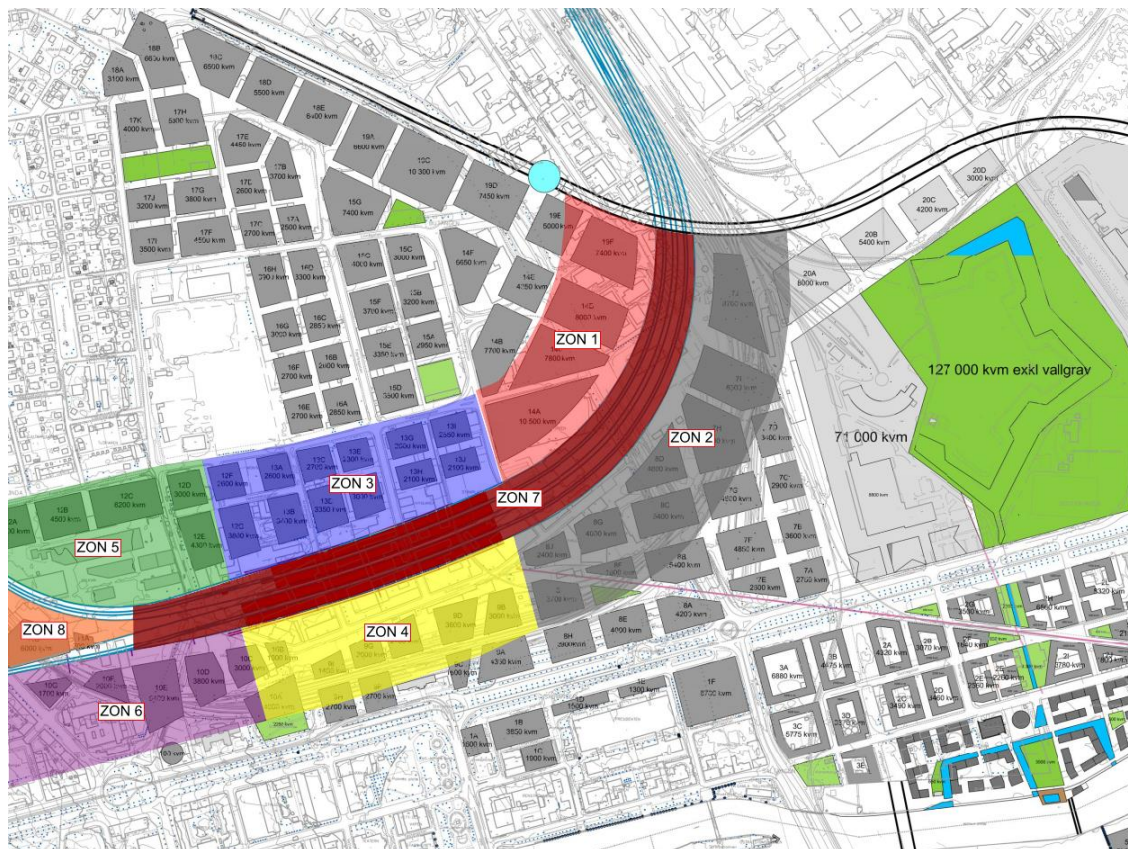
den nytta som åtgärden medför. Därför måste andra åtgärder vidtas. Genom att ha en förhöjd kantbalk eller stödmur som har motsvarande höjd som en perrong så ges dock ytterligare ett urspårningsskydd utöver skyddsrälen, dvs. ytterligare ett urspårningsskydd utöver kravnivån som Trafikverket ställer på sin anläggning avseende urspårningsskydd. Därtill kan planerade bullerskärmar placeras ovanpå stödmuren/kantbalken. Då en förutsättning är att kantbalken/stödmuren kan utformas så att brokonstruktionen inte behöver förstärkas så är det svårt att bedöma tillförlitligheten av denna åtgärd. Därför kvarstår det låga antagandet om att barriären uppfångar 50 % av samtliga urspårningar, dessutom bedöms barriären innebära en kraftig hastighetsreducering av urspårade tåg vilket medför att längden som ett urspårat tåg kan avvika från spåret minskar.

6.6.3 Slutsats avseende effekten av skyddsräil och barriär

Utifrån TDOK 2014:0389 som föreskriver skyddsräil vid broar över 30 meter så får detta ses som Trafikverkets bedömning av erforderligt skydd för att tåg inte ska falla ned från upphöjda lägen och människor ombord på tågen ska omkomma till följd av detta. Skyddsräil ska alltså återfinnas längs med hela utredningsområdet. En ännu högre skyddseffekt bedöms uppkomma vid kombinationen av skyddsräil och barriär i form av skyddsvägg, stödmur eller kantbalk. Åtgärden bör genomföras så långt det är ekonomiskt försvarbart, baserat på ovanstående resonemang avseende kostnad och nytta. Avseende Norrköpings resentrum bedöms det ekonomiskt försvarbart att uppföra en förhöjd kantbalk alternativt en stödmur motsvarande en perrongs höjd, cirka 700 mm.

6.7 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER PER ZON

I detta kapitel anges rekommenderade åtgärder för varje zon. Rekommendationerna baseras på ovan förda diskussion om åtgärder samt de specifika förutsättningar som råder vid varje zon. Först presenteras ett åtgärdspaket som gäller för samtliga zoner, därefter presenteras behov av ytterligare åtgärder per zon. Zonindelningen illustreras i Figur 23 nedan.



Figur 23. Zonindelning utredningsområdet.

6.7.1 Gemensamma åtgärder för zon 1-6

För samtliga zoner rekommenderas följande åtgärder:

- Skyddsräll
- Barriär i form av stödmur eller kantbalk (cirka 700 mm i höjd)
- Skyddsavstånd om 15 meter från järnvägsanläggningen (motsvarar 18,5 meter mätt från spårmit))
- För nya byggnader ska friskluftsintag placeras så att de vetter bort från järnvägen
- Disponering av planområdet

Motivering: Såväl kvantitativa som kvalitativa analyser indikerar att risknivån kräver riskreducerande åtgärder. Genom att i möjligaste mån säkerställa att tåg som spårar ur inte lämnar upphöjt läge möjliggörs för en exploatering i närområdet av järnvägen. Även om anläggningen utformas så att tåg som spårar ur inte ska kunna lämna det upphöjda läget finns alltid en sannolikhet att systemen inte fungerar fullt ut så som tänkt, eller att underhåll blir eftersatt osv. Därför föreslås också att ett

skyddsavstånd bibehålls. Beräkningarna indikerar att åtminstone 15 meter bör hållas bebyggelsefritt (avståndet motsvarar 18,5 meter mätt från spårmittpunkt för respektive yttersta järnvägsspår).

I tillägg till ovanstående urspårningsskydd och skyddsavstånd förespråkar WSP även att plan/utredningsområdet utformas på ett sätt som minimerar riskexponeringen för de personer som vistas inom området. För att inte underskatta risknivåerna förutsätter riskbedömningens beräkningar en jämn persontäthet inom hela området. I praktiken kommer persontätheten att variera beroende på typ av verksamhet och markanvändningens utformning. Genom att placera personintensiva verksamheter längre bort ifrån järnvägen, alternativt i byggnadsdelar som inte vetter mot järnvägen, kan den samlade risknivån därmed minimeras, utan att det totala personantalet inom området förändras. Detta gäller även för markanvändning som bedöms vara extra känslig (så som exempelvis svårutrymda byggnader). För att undvika att underskatta risknivåerna har denna rapport i grundutförandet inte beaktat möjligheten till att persontätheten kan variera inom planområdet. Detta innebär att resultatet även ska vara gällande även om personintensiva/känsliga verksamheter kan komma att placeras nära järnvägen. Genom att medvetet placera dessa verksamheter så långt bort från järnvägen som möjligt kan därmed risknivåerna minimeras, utan att slutsatserna i rapporten förändras. För respektive zon nedan, föreslås markanvändning i enlighet med definitionerna i kapitel 6.5.

6.7.2 Zon 1

Zon 1 återfinns inom utredningsområdets norra sida, längst österut. Utöver de gemensamma åtgärderna föreslås här:

- Inom 15 till 40 meter från järnvägen ska endast tåliga verksamheter tillåtas.
- Husfasader och tak närmst och inom 40 meter från järnvägen utförs i brandteknisk klass EI 30 eller högre samt att fönster och glaspartier utförs i lägst EW 30.
- Bortom 40 meter kan även mindre känslig och känslig verksamhet tillåtas.

Motivering: Generellt är risknivån på den norra sidan av det upphöjda läget högre jämfört med södra sidan och för de förvisso konservativa beräkningar som har genomförts så återfinns såväl individ- som samhällsrisik inom ALARP-området. Dock är området placerat i innerkurva vilket medför att sannolikheten för mekanisk skada i samband med urspårning är lägre. Till följd av innerkurvan så bedöms att skyddsavståndet inte behöver utökas, däremot ska byggnader som upprättas inom 40 meter från järnvägen vara av tålig karaktär. Avståndet 40 meter hänger samman med individriskkurvan. Till följd av farligt gods-transporter på Södra stambanan bedöms även brandtekniska åtgärder vara nödvändiga för husfasader (lägst EI 30) och glaspartier (lägst EW 30) som vetter emot järnvägen.

6.7.3 Zon 2

Zon 2 återfinns på den södra sidan av järnvägen. Utöver de gemensamma åtgärderna föreslås här:

- Inom 15-25 meter från järnvägen ska endast tåliga verksamheter tillåtas.
- Inom 25-30 meter från järnvägen kan mindre känslig verksamhet tillåtas.
- Efter 30 meter kan även känslig verksamhet tillåtas.

Motivering: Generellt är risknivån på den södra sidan av det upphöjda läget lägre jämfört med den norra sidan, vilket innebär att såväl individ- som samhällsrisik är lägre jämfört med zon 1 ovan. Dock är hela området i ytterkurva vilket kan innebära att sannolikheten för mekanisk skada i samband med

urspårning är högre. Givet urspårningsskydd är dock risknivån att betrakta som tolerabel. Vidare bedöms mindre tålig bebyggelse kunna upprättas närmre järnvägen jämfört med norra sidan till följd av att risken för påverkan från farligt gods-olyckor är betydligt mindre på södra sidan jämfört med norra sidan.

6.7.4 Zon 3

Zon 3 återfinns norr om järnvägen och parallellt med perrongerna. För denna zon bedöms följande åtgärder som nödvändig:

- Husfasader och tak närmst och inom 25 meter från järnvägen utförs i brandteknisk klass EI 30 eller högre samt att fönster och glaspartier utförs i lägst EW 30.
- Inom 15-25 meter ska endast tålig verksamhet tillåtas.
- Inom 25-40 meter kan mindre känslig verksamhet tillåtas.
- Efter 40 meter är även känslig verksamhet acceptabel.

Motivering: Precis som för zon 1 påverkas zon 3 av den förhöjda risk som farligt gods-transporterna på Södra Stambanan medför. Dock är hela zonen i höjd med perrongerna vilket medför att perrongerna ger ett extra urspårningsskydd för de inre spåren vilket bedöms medföra en reduktion av risknivån. Till följd av detta bedöms endast brandtekniska åtgärder för husfasader (lägst EI 30) och glaspartier (EW 30) som ligger närmst och vetter mot järnvägen vara nödvändigt som ytterligare skyddsåtgärd.

6.7.5 Zon 4

Zon 4 återfinns söder om järnvägen och parallellt med perrongerna. För denna zon bedöms inga ytterligare åtgärder utöver de gemensamma nödvändiga. Avseende markanvändning föreslås följande:

- Inom 15-25 meter kan tålig och mindre känslig verksamhet tillåtas, dock inte bostäder.
- Inom 25-40 meter kan mindre känslig verksamhet tillåtas samt bostäder tillåtas.
- Efter 40 meter är även känslig verksamhet acceptabel.

Motivering: Zon 4 påverkas i mindre utsträckning än zon 3 av olyckor med farligt gods på södra stambanan och på samma sätt som zon 3 så medför perrongerna ett skydd mot urspårning, därför bedöms inte heller här att några ytterligare åtgärder utöver de gemensamma som nödvändiga. Här bedöms också de bästa förutsättningarna för exploatering för hela utredningsområdet att finnas.

6.7.6 Zon 5

Zon 5 återfinns norr om järnvägen och består av befintlig bebyggelse i huvudsak industri- och kontorsbyggnader uppförda i tegel. Utöver de gemensamma åtgärderna rekommenderas här följande åtgärder:

- Friskluftsintag ska vändas bort från järnvägen även för de befintliga byggnader som befinner sig inom 40 meter.
- Inom 15-25 meter ska endast tålig verksamhet upplåtas.

- Inom 25-40 meter kan mindre känslig verksamhet tillåtas.
- Efter 40 meter är även känslig verksamhet acceptabel.

Motivering: Området befinner sig norr om järnvägen och påverkas därför i högre utsträckning av farligt gods-olyckor än södra sidan. Dock är byggnaderna relativt glest utplacerade, varav flertalet befinner sig på betryggande avstånd från järnvägen. Denna disponering av zonen medför att ovanstående tillägg till de gemensamma åtgärderna bedöms som erforderliga.

6.7.7 Zon 6

Zon 6 återfinns söder om järnvägen. Området har en naturlig barriär i form av en väg som innebär ett skyddsavstånd på cirka 25 meter. Till följd av det utökade skyddsavståndet bedöms inte att en barriär i form av stödmur eller förhöjd kantbalk som nödvändig. Av de gemensamma åtgärderna bedöms följande vara applicerbara:

- Skyddsräll.
- För nya byggnader ska friskluftsintag placeras så att de vetter bort från järnvägen.
- Disponering av planområdet.

Till ovanstående läggs alltså även ett skyddsavstånd om 25 meter. Disponering av planområdet föreslås ske enligt följande:

- Inom 25-30 meter kan mindre känslig verksamhet tillåtas.
- Efter 30 meter är även känslig verksamhet acceptabel.

Motivering: Givet det utökade skyddsavståndet om 25 meter ovanstående åtgärder tillräckliga för att uppnå ett acceptabelt skydd.

6.7.8 Zon 7 (under respektive före och efter perrongerna)

Zon 7 utgörs av området under det upphöjda läget. Området skyddas delvis av järnvägskonstruktionen. Vid upprättande av denna riskbedömning är det ännu inte fastställt om hela det upphöjda läget kommer att bestå av ett gemensamt tätt spårpaket eller om delar av det upphöjda läget kommer bestå av enkel- och dubbelspårsbroar. Parallellt med perrongerna kommer dock spårpaketet vara tätt och för denna del av zon 7 föreslås följande:

- Mindre känslig verksamhet tillåts (förutom bostäder).
- Det ska säkerställas att brandfarlig vätska i händelse av olycka rinner ut via dagvattenssystemet och att detta ansamlas på specifik plats som inte återfinns under perrongerna.
- Det ska säkerställas att tyngre föremål inte kan ramla ned under spåren (tex föremål som lossnar från tåg eller från järnvägsanläggningen, eller verktyg i samband med underhållsarbete).

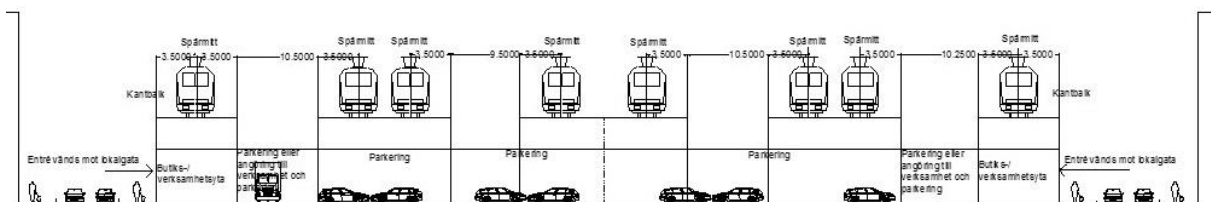
Motivering: Under perrongerna återfinns ett utökad urspårningsskydd. Verksamheterna som bedrivs under perrongerna kommer medföra att många människor rör sig i detta område och därför är det viktigt med det utökade urspårningsskydd som perrongerna medför för att ytterligare minimera risken att ett urspårat tåg träffar tredje man. En farligt gods-olycka på Södra stambanan skulle kunna medföra en risk för personer som vistas under spåren och därför är det viktigt att brandfarlig vätska leds bort

från perrongområdet. Vidare ska här också konstateras att de människor som uppehåller sig i och omkring denna del av järnvägsanläggningen är resenärer och att servicefunktioner med mera är nödvändiga.

För delar av zon 7 som inte återfinns under perrongerna kan det inte uteslutas att det upphöjda läget består av enkel- och dubbelspårsbroar. Detta medför en risk att tåg kan spåra ur mellan broarna och påverka verksamheten under. Införandet av skyddsräll på dessa delsträckor bedöms minska risken för att urspårade fordon ska lämna broarna. Likaså kan farligt gods-olyckor medföra större konsekvenser under det upphöjda läget, jämfört med situationen vid perrongerna. Till följd av detta föreslås följande nyttjande av ytorna under järnvägsanläggningen bortom perrongerna:

- Tåliga verksamheter i form av sällanköpshandel och service i mindre omfattning tillåts under de yttre spåren.
- Övriga ytor som ovanstående inte tar i anspråk får endast upplåtas till parkering och dagvattenhantering.

Motivering: Då urspårning mellan broarna inte kan uteslutas och att konsekvenserna av en farligt gods-olycka kan medföra en högre individ- och samhällsrisik jämfört med situationen under perrongerna föreslås ovanstående begränsningar. Detta kan principiellt beskrivas genom nedanstående figur.



Figur 24. Principskiss över nyttjandet av ytor under järnvägsanläggningen bortom perrongerna.

6.7.9 Zon 8

Zon 8 återfinns längst västerut i utredningsområdet, mellan Södra stambanan och Ostlänken. Detta område har därmed något annorlunda förutsättningar jämfört med övriga zoner. Kommunen har här framfört önskemål om parkeringshus. Detta medför att följande åtgärder rekommenderas:

- Inom 15-40 meter från järnvägen ska endast tåliga verksamhet tillåtas. Parkeringshus bedöms utgöra denna typ av tålig verksamhet.
- In- och utfart samt gångstråk bör riktas mot Ostlänkssidan.

Motivering: Södra stambanan passerar i ytterkurva och det motiverar till att personer mellan parkeringshus och Södra stambanan ska undvikas.

7 DISKUSSION

Riskbedömningar, oavsett om de är kvantitativa eller kvalitativa är alltid förknippade med osäkerheter. Det ligger i riskbedömningens natur. Nedan diskuteras osäkerhetsaspekten ur olika perspektiv, dessutom diskuteras det fortsatta arbetet och behovet av riskhantering inom utredningsområdet.

7.1 OSÄKERHETER

Som nämnts ovan är riskbedömningar av detta slag alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. Relevanta exempel i denna riskbedömning är:

- Urspårningsfrekvens.
- Bedömning av hur urspårade fordon hamnar i relation till spåret i händelse av en olycka.
- Antal tåg som trafikerar aktuell sträckning.
- Omfattning av farligt gods-transporter på Södra stambanan.
- Personantal inom området.
- Utformning och disposition av bebyggelse.
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.
- Effekt av skyddsåtgärder.
- De begränsningar som en modellering av verkligheten innebär.

7.1.1 Hantering av osäkerheter

Hantering av osäkerheter kan ske på flera vis. I vissa fall kan känslighetsanalyser genomföras för att bedöma en viss parameters inverkan på slutresultatet. I andra fall kan osäkerheten hanteras genom jämförande studier av liknande projekt för att på så vis skapa ett bredare underlag och delvis nya infallsvinklar. Ytterligare hantering av osäkerhet kan ske genom eliminering av osäkerheten eller att konservativa antaganden genomförs för att skapa en säkerhetsmarginal.

7.1.2 Hantering av urspårningsfrekvens, spridning av tåg och antal tåg

Gällande urspårningsfrekvens har denna hanterats genom känslighetsanalys, som återfinns i Bilaga D. Än viktigare är att de tre första punkterna ovan och den osäkerhet i analysen som dessa bidrar med kan sägas hanteras genom att de riskreducerande åtgärder som föreslås syftar till att förhindra att urspårande tåg får några konsekvenser för omgivningen. På så vis elimineras till stor del de osäkerheter som är förknippade med de parametrar som berör urspårningsfrekvens.

7.1.3 Omfattning av farligt gods-transporter

Av den kvantitativa riskbedömningen kan konstateras att farligt gods-transporter har en påverkan på risknivån, särskilt på den norra sidan av järnvägen. Detta kan medföra att persontätheten bör hållas lägre på den norra sidan jämfört med den södra sidan, alternativt att det sker en större spridning av persontätheten på den norra sidan. Med detta menas att verksamheter som genererar en låg

persontäthet ska placeras närmast järnvägen, medan de mer personintensiva verksamheterna som genererar en hög persontäthet ska placeras på lämpligt avstånd från järnvägen. Detta har skett praktiskt genom de förslag till markanvändning som återfinns till respektive zon.

En definitiv hantering av osäkerheten vore om godstransporterna kunde ta en annan väg och inte passera centrala Norrköping. Detta skulle utöver att minska risknivån inom utredningsområdet också ha en positiv inverkan på övriga planområden i järnvägens närhet i centrala Norrköping samt minska bullernivåerna.

7.1.4 Personantal inom området

De persontätheter som är ansatta är att betrakta som konservativa. Detta innebär att persontätheten överskattas. Detta slår igenom på samhällsrisken. Ansatsen med konservativa uppskattningar är genomförd för att osäkerheten inte ska påverka slutsatserna på ett vis som underskattar risknivåerna.

I denna riskbedömning är persontätheterna satta till 10500 respektive 11000 personer/km². Vidare är persontätheten jämnt fördelad inom utredningsområdet. I verkligheten kommer mer personintensiva funktioner såsom bostäder, skolor och liknande placeras längre ifrån järnvägen.

7.1.5 Utformning och disposition av bebyggelse och utvecklingsområdet

Denna osäkerhet är att betrakta som en stor möjlighet inom utredningsområdet. Detta eftersom området till stor del består av nybyggnation där kommunen har möjlighet att utforma bebyggelsen med hänsyn till risknivån kopplad till järnvägen. Denna förutsättning möjliggör för en proaktiv hantering avseende känsliga verksamheter osv. Därmed utgör denna osäkerhet i första hand en möjlighet som ska tas tillvara och det är därför viktigt att det säkerställs att området utformas med hänsyn tagen till denna riskbedömning.

Disposition av utvecklingsområdet med avseende på olika typer av verksamheter inom olika zoner och på olika avstånd från järnvägen bör hanteras och studeras i detalj i kommande detaljplaner. I denna rapport har förslag till avstånd för tre olika kategorier av markanvändning föreslagits.

7.1.6 Antal personer som förväntas omkomma vid varje skadescenario

Denna osäkerhet hanteras i första hand genom konservativa antaganden. Då järnvägen är förlagd i upphöjt läge bidrar detta ytterligare till osäkerheter. Exempel på osäkerhet kan vara utsläpp av giftig gas från upphöjt läge. Ofta bedöms utsläpp på högre höjd som en förmildrande omständighet eftersom gasen snabbare blandas med luft och koncentrationen sjunker. I de fall det rör sig om tung gas kan dock denna i stället spridas till lågt belägna platser. I genomförda beräkningar har inte hänsyn tagits till detta. Det finns stora beräkningstekniska osäkerheter i att bedöma antal omkomna i händelse av att ett farligt gods-tåg spårar ur och åker ned från det upphöjda läget. Osäkerheter gäller bland annat frågor som om hela tågsättet kommer att rasa ned eller endast enskilda vagnar. Detta är ytterligare en anledning till att fokusera de riskreducerande åtgärderna på åtgärder som säkerställer att tågen inte lämnar det upphöjda läget i händelse av urspårning.

7.1.7 Effekter av skyddsåtgärder

Att bedöma effekten av skyddsåtgärder är svårt. Då järnvägen i grunden är vårt säkraste transportmedel så finns det för få allvarliga olyckor för att det kan sägas utgöra ett statistiskt säkerställt underlag när det gäller effekten av olika typer av skyddsåtgärder. I olika projekt har olika ansatser genomförts.

Dessa återanvänds även här, dock känslighetsanalyseras dessa antaganden också i Bilaga D. Vidare har en internationell utblick genomförts för att belysa hur liknande projekt har hanterats runt om i världen. Därigenom skapas ett bredare underlag att dra slutsatser ifrån.

7.1.8 De begränsningar som en modellering av verkligheten innebär

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [37]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [37]

7.2 KÄNSLIGHETSANALYS

För att bedöma hur olika parametrar påverkar de beräkningar som har upprättats har en känslighetsanalys genomförts. Denna presenteras i sin helhet i Bilaga D. Av känslighetsanalysen kan konstateras att urspårningsfrekvens har betydelse för såväl individ- som samhällsrisknivån. Används Fredéns modell [20] erhålls en generellt högre risknivå och i vissa fall är risknivån oacceptabelt hög. Motiveringen till att använda den statistik som nyttjats i denna rapport är att den statistiken använder Trafikverket själva i allt större utsträckning vid nyproduktion av järnväg. Fredéns modell är baserad på äldre statistik och bedöms därför inte vara lika representativ. Men som nämnts ovan så kan denna osäkerhet minskas genom att riskreducerande åtgärder som förhindrar att urspårningar lämnar det upphöjda läget införs, på så vis blir val av urspårningsfrekvens mindre avgörande.

En systemutformning med separata järnvägsbroar bedöms generellt medföra lägre risknivåer för utredningsområdena men kan medföra en ökad risk för personer som uppehåller sig under broarna. Notera även att skillnaden i risknivån mellan utformningarna troligtvis överskattas då det inbördes avståndet mellan spåren i grundberäkningen (sammanhängande spårpaket) enbart antas uppgå till 4,5 meter.

Vidare bedöms påverkan av antal farligt gods-transporter och här kan konstateras att även om mängden farligt gods som transporteras skulle öka är resultatet av denna bedömning robust, dvs. påverkan bedöms som förhållandevis liten. Om farligt gods-transporter i stället helt utesluts så är risknivåerna i närområdet fortfarande på sådan nivå att åtgärder krävs, på avstånd bortom 40 meter krävs däremot inga åtgärder.

Slutligen har effekten av skyddsåtgärder i form av skyddsräll och barriär beaktats. Även när effekten av skyddsräll sänks till 50 % är påverkan på risknivån ändå signifikant.

7.3 FORTSATT ARBETE

Att aktivt och i förebyggande syfte bedriva ett riskhanteringsarbete för att möjliggöra bästa möjliga statsutveckling i samklang med god infrastruktur samtidigt som en hög säkerhet bibehålls kräver ett kontinuerligt arbete. Denna riskbedömning utgör en delmängd i detta arbete. Riskbedömningen utgör en fördjupning av tidigare genomfört riskhanteringsarbete. Då denna rapport utgör underlag i programskede är det viktigt att föreslagna åtgärder och föreslagen markanvändning vid behov ytterligare specificeras och hanteras i kommande detaljplaner för att säkerställa att riskhantering i enlighet med denna rapport genomförs.

Norrköpings kommun och Trafikverket måste arbeta i nära samarbete för att möjliggöra rätt förutsättningar för såväl staden som järnvägen. Detta arbete behöver pågå genom hela planprocessen och vidare genom projektering och utförande, för att slutligen i driftskedet säkerställa att de åtgärder som har föreslagits också har blivit utförda så som tänkt och att skyddseffekten av dessa är i nivå med den förväntade.

7.4 JÄMFÖRELSE TIDIGARE RISKBEDÖMNINGAR

I inledande kapitel av rapporten hänvisas till tidigare upprättade riskbedömningar och de slutsatser som dras i dessa. Här kan konstateras att vissa åtgärder återkommer i både denna riskbedömning och de som har genomförts tidigare, medan andra riskreducerande åtgärder skiljer sig åt. En huvudsaklig skillnad är skyddsavstånd, då exempelvis WSP:s rapport från 2015 [1] föreslår att skyddsavstånd om 30 meter medan denna rapport föreslår ett skyddsavstånd om 15-20 meter. Anledningen till att rekommendationerna skiljer sig något åt är flera. En huvudsaklig skillnad är detaljeringsgraden. Vid rapporten 2015 var inte underlaget lika detaljerat som befintligt underlag. Med större detaljeringsgrad är det möjligt att mer specifikt ange kombinationer av riskreducerande åtgärder för att uppnå en full god effekt. Vidare ska här konstateras att syftet med de båda rapporterna delvis skiljer sig åt. För rapporten 2015 var syftet att bedöma riskbilden generellt om Norrköpings resecentrum placerades i upphöjt läge och förflyttades norrut jämfört med nuvarande resecentrum. Syftet med denna rapport har varit att bedöma hur nära järnvägsanläggningen som Norrköpings kommun kan exploatera med beaktande av riskbilden.

7.5 ÖVRIGT

Denna fördjupade kvantitativa riskbedömning har avgränsats till att enbart beakta plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, i detta fall avses i huvudsak urspårning och/eller olycka som involverar utsläpp av farligt gods. Det bör dock påpekas att den nya anläggningen kommer att generera ett totalt riskbidrag för omgivningen som inkluderar fler aspekter än urspårningar och utsläpp. I detta ingår även händelser så som olovligt beträdande av spårområdet (s.k. spårspring), elsäkerhet etc. där riskerna förväntas minska i och med det upphöjda läget.

Utifrån statistik kring allvarliga skador och dödsfall i anslutning till järnvägsanläggningar kan konstateras att de flesta som omkommer och skadas svårt i järnvägssystemet saknar behörighet att befinna sig där. Detta gäller oavsett om självmord räknas med eller inte. Den näst vanligaste olycksgruppen är plankorsningstrafikanter, det vill säga personer inblandade i påkörningsolyckor vid passage över järnväg. Den typen av olyckor sker ofta vid så kallade passiva plankorsningar, där det saknas skyddsanordningar som ljud- och ljussignaler för vägtrafiken. [38]

På det upphöjda läget finns inga plankorsningar och inga naturliga möjligheter till att gena över spåren. Även om det upphöjda läget inte påverkar antalet självmord så kan den nya anläggningen ändå bidra till att minska den totala risken för dödsfall och allvarliga skador längs den aktuella sträckan.

8 SLUTSATSER

WSP bedömer det som möjligt att exploatera 15-25 meter från järnvägen, givet att riskreducerande åtgärder enligt denna rapport genomförs.

Närområdet kring resecentrum har delats in i 8 olika zoner och för samtliga zoner rekommenderas följande åtgärder:

- Skyddsräll
- Barriär i form stödmur eller förhöjd kantbalk motsvarande perronghöjd (ca 700 mm)
- Skyddsavstånd om 15 meter från järnvägsanläggningen (motsvarar 18,5 meter mätt från spårmittpunkt för respektive yttersta järnvägsspår)
- För nya byggnader ska friskluftsintag placeras så att de vetter bort från järnvägen
- Disponering av planområdet

Därutöver föreslås specifika åtgärder för vissa zoner. Dessa åtgärder redovisas i kapitel 6.

WSP bedömer det som möjligt att exploatera 15-25 meter från järnvägen, givet att riskreducerande åtgärder enligt denna rapport genomförs. Dessa åtgärder redovisas i kapitel 6.

Då denna rapport utgör underlag i programskede är det viktigt att föreslagna åtgärder och föreslagen markanvändning vid behov ytterligare specificeras och hanteras i kommande detaljplaner för att säkerställa att riskhantering i enlighet med denna rapport genomförs.

A METOD FÖR RISKHANTERING

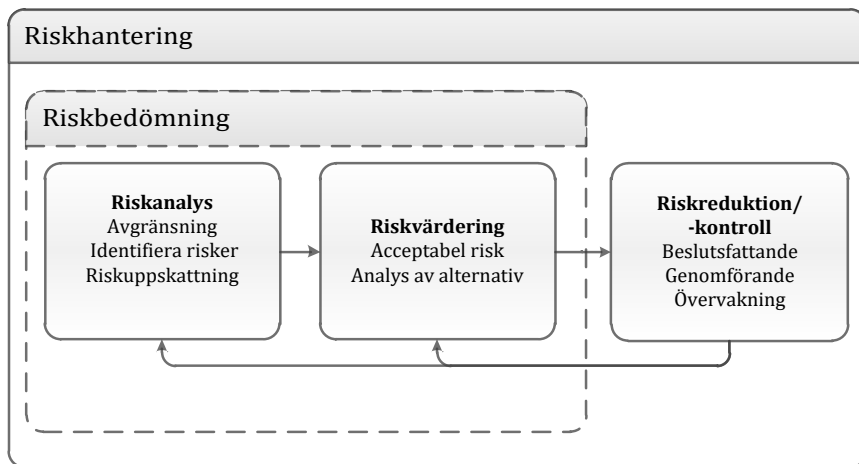
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

A.1 BEGREPP OCH DEFINITIONER

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [39] [40], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 25. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.



Figur 25. Riskhanteringsprocessen.

Efter att riskerna analyserats görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas riskreduktion/-kontroll. I det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/-kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

A.2 RISKANALYSMETODER

Vad gäller riskanalysmetoder skiljer man ofta på kvalitativa, semi-kvantitativa och kvantitativa metoder enligt nedan:

I **kvalitativa metoder** används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten. Eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra, görs inget försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall [41]. Inom de kvalitativa metoderna ryms även logiska resonemang.

De **semi-kvantitativa metoderna** är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ [41].

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [42]. Kvantitativa metoder för riskanalys relaterat till transport av farligt gods innefattar ofta uppskattning av riskmåten individrisk och samhällsrisk.

B FREKVENSBERÄKNINGAR

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. I denna riskbedömning uppskattas urspårningsfrekvensen baserat på inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse inom Sverige mellan åren 2008-2015 (TRAFA) [19]. Motiveringen till detta är att på aktuell sträcka är både Ostlänken och Södra stambanan nyproduktion. I en känslighetsanalys studeras sedan hur resultaten påverkas om urspårningsfrekvensen istället beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [43] (i rapporten benämnd som Fredéns modell). Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med dessa modeller.

B.1 URSPÅRNINGSFREKVENSBASERAT PÅ INTRÄFFADE ALLVARLIGA URSPÅRNINGAR 2008-2015

Enligt statistiken tillgänglig via TRAFA inträffade 68 allvarliga urspårningar vid tågrörelse inom Sverige under tidsperioden 2008-2015 [22]. Baserat på ett utdrag³ från Trafikverkets olycksdatabas Synergi fastställs att 13 av de 68 inträffade allvarliga urspårningarna under tidsperioden involverade persontåg (se Tabell 11). Följdaktningen antas de resterande 55 inrapporterade olyckorna avse godståg.

En allvarlig urspårning definieras enligt följande: Olycka som är relaterad till järnvägsfordon i rörelse och som har medfört att minst en person blivit allvarligt skadad eller att järnvägsfordon, järnvägsinfrastruktur, miljö eller egendom som inte transporterats med järnvägsfordonet fått sådana skador att kostnaderna för dessa uppgått till minst 150 000 euro (1,4 MSEK) eller trafikavbrott i minst sex timmar. [44]

Tabell 11. Inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse samt trafikarbete för respektive tågslag under tidsperioden 2008-2015 [19] [45] [46].

Allvarliga urspårningar 2008-2015	Antal händelser
Allvarliga urspårningar med persontåg	13
Allvarliga urspårningar med godståg	55
Totalt	68
Trafikarbete 2008-2015	Tågkm (miljoner)
Persontrafik	844
Godstrafik	325

³ Utdraget från Synergi togs fram och bearbetades av Andreas Bergensund som underlag till dennes examensarbete *Riskanalyismetoder för höghastighetsjärnväg* [69]

Tabell 12. Inrapporterade allvarliga urspårningar med persontåg i Sverige 2008-2015 (utdrag från Synergi).

Datum	Orsak	Orsakskategori
2008-06-04	Vagnaxelbrott	Fordonsfel, vagnaxelbrott/varmgång
2009-07-08	Växellådan i loket rasade ner på spåret	Fordonsfel, övriga
2010-01-11	Snö på spåret	Banfel, snö/is på spåret
2011-07-24	Hög hastighet i växel	Utesluts, ingen ATC på sträckan
2012-01-05	Bristande snöröjning	Banfel, snö/is på spåret
2012-02-23	Nedblåst träd	Beteendefel, påkörning av hinder
2012-12-03	Rälsbrott	Banfel, rälsbrott
2013-06-09	Nötkreatur på spåret	Beteendefel, påkörning av hinder
2014-01-20	Snö och is	Banfel, snö/is på spåret
2014-08-09	Stenblock som fallit ned på rälsen	Beteendefel, påkörning av hinder
2014-09-24	Krock med dumper	Beteendefel, påkörning av hinder
2015-09-06	Översvämning	Banfel, översvämning
2015-10-26	Halt spår samt för hög hastighet	Beteendefel, övriga

För att erhålla en representativ urspårningsfrekvens för Södra stambanan och Ostlänken har ovanstående data gallras. En (1) olycka från materialet utesluts då den inträffade på en sträcka utan ATC. För de kvarstående 12 händelserna genomförs en grov indelning med avseende på orsaken bakom urspårningen, se Tabell 13. Olycksfrekvensen per tågkm för respektive orsakskategori erhålls genom att dividera antalet inträffade händelser med det totala antalet producerade tågkm av persontåg under tidsperioden 2008-2015 ($0,84 \cdot 10^9$ tågkm).

Tabell 13. Antal händelser per orsakskategori.

Banfel	Allvarliga urspårningar	Olycksfrekvens per tågkm
Rälsbrott	1	$1,19 \cdot 10^{-9}$
Snö/is/översvämning	4	$4,75 \cdot 10^{-9}$
Fordonsfel		
Axelbrott/varmgång	1	$1,19 \cdot 10^{-9}$
Övriga	1	$1,19 \cdot 10^{-9}$
Beteendefel		
Påkörning av hinder	4	$4,75 \cdot 10^{-9}$
Övriga	1	$1,19 \cdot 10^{-9}$
Totalt	12	$1,15 \cdot 10^{-8}$

Den beräknade urspårningsfrekvensen per tågkm för persontåg i Tabell 13 bedöms vara representativ för landet i helhet men bör justeras för att återspegla de lokala förutsättningarna i anslutning till Norrköpings resecentrum. Eftersom järnvägen går i upphöjt läge bedöms risken för urspårningar till följd av påkörning av hinder vara lägre än riksgenomsnittet. En schablonmässig reducering på 50 % av olycksfrekvensen per tågkm genomförs för urspårning till följd av påkörning av hinder. Frekvensbidraget från övriga olycks kategorier lämnas oförändrat.

För de 55 allvarliga urspårningarna vid tågrörelse under tidsperioden 2008-2015 som antas involvera godståg uppskattas urspårningsfrekvensen per tågkm genom att dividera antalet inträffade händelser med det totala trafikarbetet av godståg under motsvarande tidsperiod.

Tabell 14. Uppskattade olycksfrekvenser per tågkm för händelsen allvarlig urspårning av persontåg respektive godståg.

Händelse	Olycksfrekvens per tågkm
Allvarlig urspårning persontåg	$1,18 \cdot 10^{-8}$
Allvarlig urspårning godståg	$1,69 \cdot 10^{-7}$

B.2 URSPÅRNINGSFREKVENSN ENLIGT FRÉDENS MODELL

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka enligt Fredéns modell [43] är följande:

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år). Vid trafikering enligt basprognos 2040 blir antalet tåg per år 79 878. Vid trafikering enligt höghastighetsprognosen blir antalet tåg per år 71 924.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år). Ett persontåg på sträckan antas i snitt bestå av 5 stycken vagnar. Ett godståg på sträckan antas i snitt bestå av 20 stycken vagnar.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antalet växlar per spår på den studerade sträckan antas uppgå till 2 stycken. Dvs. ett tåg som passerar sträckan i höjd med Norrköpings resecentrum antas i snitt passera 2 järnvägsväxlar [47].
- Inga plankorsningar förekommer på den studerade sträckan

Utifrån ovanstående indata skattas urspårningsfrekvensen ur följande samband (Ekvation 1).

Ekvation 1:

$$\varphi^* = \sum W_i \cdot \varepsilon_i$$

φ^* = Frekvensskattning för urspårning

W_i = produktionsvariabel

ε_i = Felintensitet för en specifik olyckstyp

Ett direkt linjärt samband antas mellan felintensitet och tillhörande produktionsvariabel för den studerade järnvägssträckan, exempelvis antas antal urspårningar på grund av vagnfel (ε) vara proportionellt mot antalet vagnaxelkm (W).

Den totala olycksfrekvensen (φ^*) för urspårning skattas således genom att summera bidraget från alla olyckstyper för urspårning i Tabell 15:

Tabell 15. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm (godståg)
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
Vagnfel		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg, annat)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm (godståg)

Vissa olyckshändelser i Tabell 15 som kan resultera i en urspårning är specifikt kopplade till godstrafik, exempelvis vagnfel godståg och lastförskjutningar. Olycksfrekvenserna för dessa händelser allokteras därmed enbart till φ^* (godståg). Frekvensbidraget från olyckshändelser som inte specifikt rör godståg fördelas genom att vikta för andelen tåg av respektive trafikslag enligt nedanstående exempel:

$$\varphi^*(\text{Godståg, rälsbrott}) = \varphi^*(\text{rälsbrott}) \cdot \text{Andel godståg}$$

$$\text{Andel godståg} = \frac{\text{Antal godståg}}{\text{Antal godståg} + \text{Antal persontåg}}$$

Tabell 16. Fördelning av olycksfrekvenser för respektive tågslag.

Urspårning godståg	Olycksfrekvens (per år)
Vagnfel godståg	$\varphi^*(\text{vagnfel godståg})$
Lastförskjutning	$\varphi^*(\text{lastförskjutning})$
Okänd orsak	$\varphi^*(\text{okänd orsak})$
Spårlägesfel	$\varphi^*(\text{spårlägesfel})$
Solkurvor	Andel godståg \cdot $\varphi^*(\text{solkurvor})$
Växel sliten, trasig	Andel godståg \cdot $\varphi^*(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	Andel godståg \cdot $\varphi^*(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	Andel godståg \cdot $\varphi^*(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	Andel godståg \cdot $\varphi^*(\text{annan orsak})$
Σ	$\varphi^*(\text{godståg})$
Urspårning persontåg	Olycksfrekvens (per år)
Vagnfel persontåg	$\varphi^*(\text{vagnfel persontåg})$
Solkurvor	Andel persontåg \cdot $\varphi^*(\text{solkurvor})$
Växel sliten, trasig	Andel persontåg \cdot $\varphi^*(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	Andel persontåg \cdot $\varphi^*(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	Andel persontåg \cdot $\varphi^*(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	Andel persontåg \cdot $\varphi^*(\text{annan orsak})$
Σ	$\varphi^*(\text{persontåg})$

B.2.1 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning mellan tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [43] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

B.2.2 Plankorsningsolyckor

På den studerade sträckan finns inga plankorsningar.

B.2.3 Rangering

På den studerade sträckan sker ingen rangering eller tågbildning (hopkoppling av vagnar och lok till ett nytt tåg).

B.3 SAMMANSTÄLLNING AV URSPÅRNINGSFREKVENSER

I Tabell 17 sammanställs de beräknade olycksfrekvenserna för urspårning på en 1 km lång delsträcka av Södra stambanan samt Ostlänken i höjd med Norrköpings resecentrum som går i upphöjt läge.

Tabell 17. Sammanställning av beräknade olycksfrekvenser.

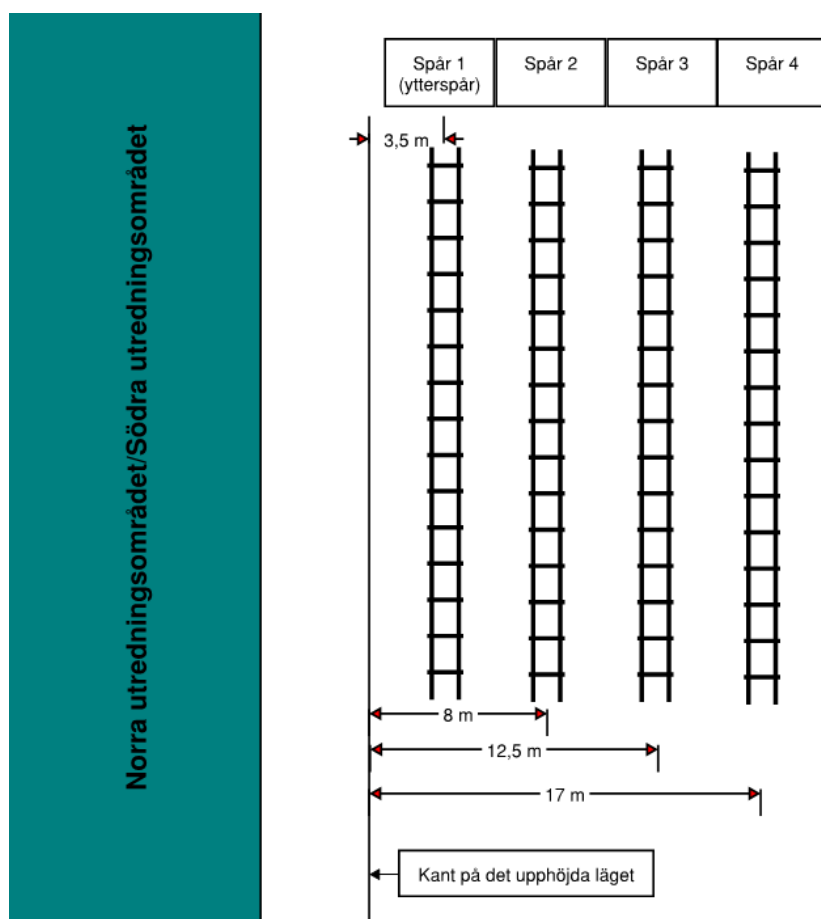
Urspårningsfrekvenser baserade på inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse i Sverige mellan åren 2008-2015 (TRAFÄ):	
Händelse	Olycksfrekvens (per år)
Urspårning persontåg vid trafikering enligt Basprognos 2040	$8,24 \cdot 10^{-4}$
Urspårning godståg vid trafikering enligt Basprognos 2040	$1,67 \cdot 10^{-3}$
Urspårning persontåg vid trafikering enligt höghastighetsprognosen	$5,86 \cdot 10^{-4}$
Urspårning godståg vid trafikering enligt höghastighetsprognosen	$4,14 \cdot 10^{-3}$
Urspårningsfrekvenser baserade på Fredéns modell*:	
Händelse	Olycksfrekvens (per år)
Urspårning persontåg vid trafikering enligt Basprognos 2040	$1,60 \cdot 10^{-2}$
Urspårning godståg vid trafikering enligt Basprognos 2040	$6,08 \cdot 10^{-3}$
Urspårning persontåg vid trafikering enligt höghastighetsprognosen	$1,14 \cdot 10^{-2}$
Urspårning godståg vid trafikering enligt höghastighetsprognosen	$1,51 \cdot 10^{-2}$

* Urspårningsfrekvenser beräknade enligt Fredéns modell används enbart för Södra stambanan i känslighetsanalyserna.

B.3.1 Avstånd från spår för urspårande vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. Vid en allvarlig urspårningsolycka skulle ett tåg i teorin kunna forcera urspårningsskydd/ barriärer och köra över kanten på det upphöjda läget. En eller flera vagnar skulle på detta vis kunna orsaka mekaniska skador på personer som befinner sig på angränsande ytor eller eventuellt i angränsande byggnader. Under förutsättning att urspårade fordon stannar kvar på det upphöjda läget bedöms mekanisk påverkan på omgivningen utebli.

I beräkningarna antas trafiken vara jämt fördelad över alla fyra spår på respektive järnväg. Urspårningsrisken blir därmed också jämt fördelad över spåren. Avståndet mätt från centrumlinjerna mellan två parallella spår antas uppgå till 4,5 meter. Vidare antas avståndet mellan ytterspåret och kantbalken på det upphöjda läget uppgå till 3,5 meter.



Figur 26. Avstånd från stödmur/kantbalk på det upphöjda läget till centrumlinjerna för respektive spår. Figuren är ej skalendig.

Spår 1 (ytterspår) – Avståndet mellan spårets centrumlinje och stödmur/kantbalk antas uppgå till 3,5 meter.

Spår 2 – Avståndet mellan spårets centrumlinje och stödmur/kantbalk antas minst uppgå till 8 meter.

Spår 3 – Avståndet mellan spårets centrumlinje och stödmur/kantbalk antas minst uppgå till 12,5 meter.

Spår 4 – Avståndet mellan spåret centrumlinje och stödmur/kantbalk antas minst uppgå till 17 meter.

Notera att den totala bredden på hela spårområdet uppgår till cirka 80 meter (40 meter spårområde Södra stambanan + 40 meter spårområde Ostlänken). Angreppssättet bedöms därmed vara konservativt då avståndet mellan två parallella spår i den slutgiltiga utformningen troligtvis kommer överstiga 4,5 meter.

I Tabell 18 redovisas fördelningen för avstånd från spår (spridning) som vagnar förväntas hamna efter urspårning för respektive tågslag [43].

Tabell 18. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar [20].

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	> 25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%

Enligt Tabell 18 varierar sannolikheten för respektive spridningsavstånd något beroende på tågtyp. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används för att ta fram medelvärden. Viktningen baseras på andelen persontåg (resandetåg) respektive andelen godståg på sträckan. I Tabell 19 redovisas sammanvägda medelvärden för spridningsavstånden av urspårade fordon för respektive trafikprognos.

Tabell 19. Fördelning över spridning av urspårade fordon för Södra stambanan och Ostlänken vid trafikering enligt Basprognos 2040 respektive höghastighetsprognosen.

		Spridning av urspårade fordon				
Järnväg	Trafikprognos	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	> 25 m
Södra stambanan	Basprognos 2040	76,64%	18,20%	2,65%	2,24%	0,27%
Södra stambanan	Höghastighetsprognos	75,15%	18,57%	3,32%	2,23%	0,73%
Ostlänken	Basprognos 2040	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Ostlänken	Höghastighetsprognos	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%

I de fall då urspårningen är riktad mot kantbalken och spridningsavståndet överstiger avståndet mellan centrumlinjen och kantbalken antas urspårade fordon ramla ner från det upphöjda läget och då orsaka mekanisk påverkan på omgivningen.

B.3.1.1 EFFEKT AV SKYDDSRÄL/SÄKERHETSÄL

Syftet med skyddsräl är att vid händelse av en urspårning begränsa förflyttningen av tåget i sidled och därmed minska risken att tåget kolliderar med närliggande objekt kring spåret. Skyddsräl/säkerhetsräl anses vara en effektiv skyddsåtgärd upp till 160 km/h [25]. Tågens maxhastighet på sträckan bedöms högst uppgå till 100 km/h [48]. Skyddsrälen bedöms inte minska risken för att en urspårning ska uppstå men antas kraftigt reducera sannolikheten för en spridning av urspårade fordon större än 1 meter. Spridning avser det vinkelräta avståndet mellan urspårade fordon och spårets centrumlinje. I säkerhetsvärderingen av Varbergstunneln bedömdes införandet av skyddsräl reducera sannolikheten för en spridning större än 1 meter med 90 % för urspårningar som ej sker i växel [24].

Skyddsräil kan inte installeras vid spårväxlar. Växlingsrörelser på aktuell sträcka antas ske i högst 80 km/h [48]. Enligt underlagsmaterialet till säkerhetsvärderingen av Citybanan [49] skedde 55 av totalt 93 urspårningar med persontåg mellan åren 1985-1999 i växel. Enbart vid 9 av de totalt 55 urspårningarna i växel var felfunktion av själva växeln orsaken bakom olyckan [49]. I övriga fall var orsaken bakom urspårningen ej relaterad till växlingsrörelsen men urspårningen inträffade när tåget passerade växeln. Exempelvis ett tidigare vagnaxelbrott som vid passage av en växel resulterar i en urspårning.

I modellen antas 59 % av urspårningarna på sträckan ske i växel. Vid urspårning i växel beaktas ej den konsekvensreducerade effekten av skyddsräilen. För de urspårningar som ej sker i växel antas skyddsräilen reducera förekomsten av spridningsavstånd större än 1 meter med 90 %. I Tabell 20 redovisas hur den antagna skyddseffekten av skyddsräilen påverkar fördelningen över spridningsavstånd.

Tabell 20. Fördelning över spridning av urspårade fordon givet antagen konsekvensreducerande effekt av skyddsräil. Notera att fördelningen enbart används för den andel av urspårningarna som ej antas ske i växel (41 % av olyckorna).

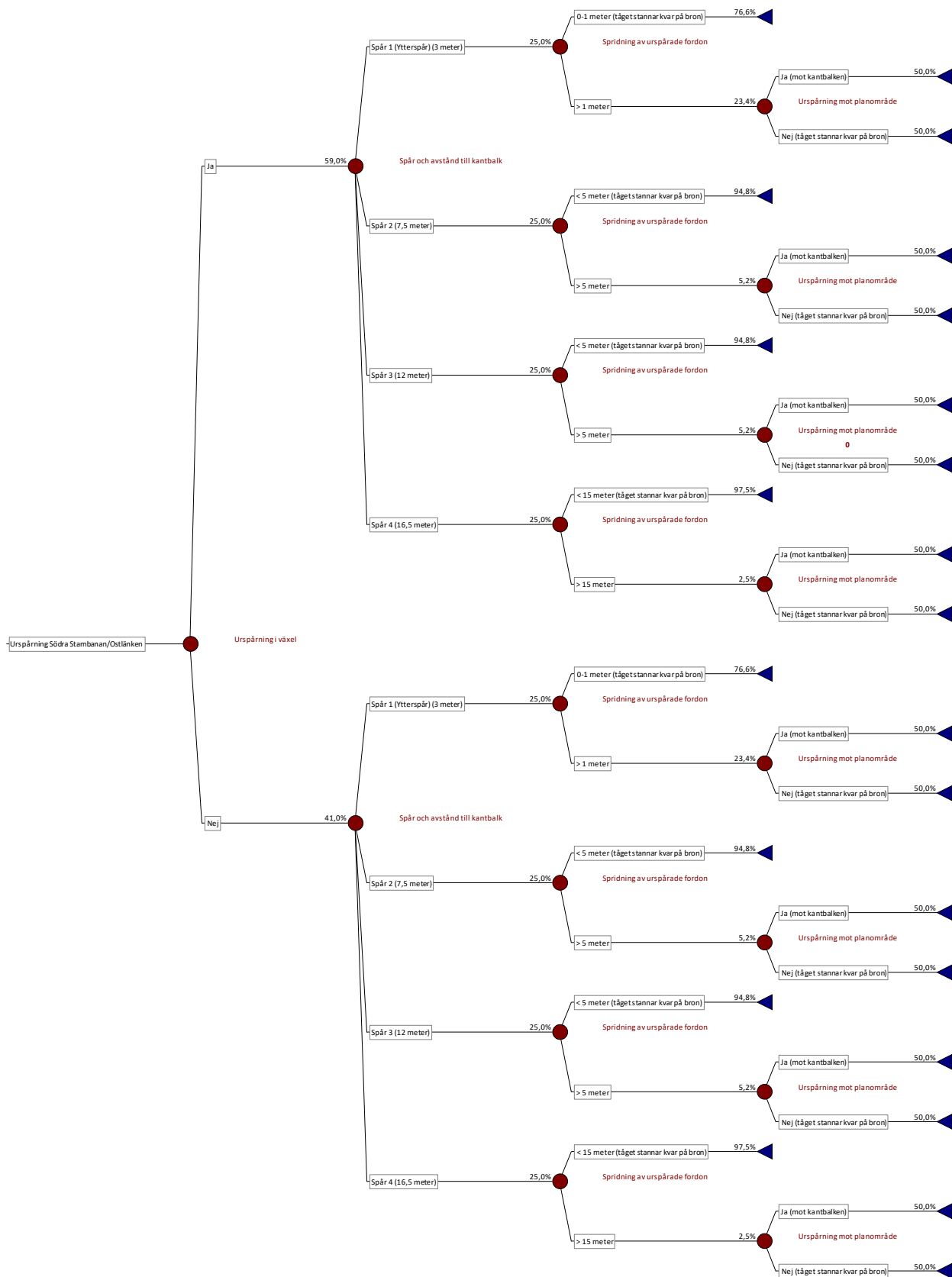
		Spridning av urspårade fordon givet skyddsräil				
Järnväg	Trafikprognos	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	> 25 m
Södra stambanan	Basprognos 2040	97,66%	1,82%	0,26%	0,22%	0,03%
Södra stambanan	Höghastighetsprognos	97,52%	1,86%	0,33%	0,22%	0,07%
Ostlänken	Basprognos 2040	97,75%	1,80%	0,22%	0,22%	0,00%
Ostlänken	Höghastighetsprognos	97,75%	1,80%	0,22%	0,22%	0,00%

B.3.1.2 EFFEKT AV FÖRHÖJD OCH FÖRSTÄRKT KANTBALK

Kantbalken bör dimensioneras för att klara en rimlig påkörningslast från ett tåg samt höjas upp för att förhindra att urspårade fordon tippar över vid en kollision. Åtgärden förstärkt och förhöjd kantbalk antas förhindra att urspårade fordon, som kolliderar med kantbalken, faller ner från det upphöjda läget i 50 % av fallen. Då skyddsräil ej kan användas vid järnvägsväxlar kan en eventuell lokal förstärkning av kantbalken genomföras längs de delsträckor som ligger i höjd med växelpartier. I känslighetsanalysen studeras hur risknivån påverkas om skyddseffekten istället antas uppgå till 90 %.

I Figur 27 redovisas det händelsetråd som används när risken för mekanisk påverkan på omgivningen till följd av en urspårning på det upphöjda läget uppskattas. Sluthändelser där urspårade fordon lämnar det upphöjda läget utgör drygt 4,5 % av utfallsrummet, dvs. ungefär 1 av 20 urspårningar på det upphöjda läget antas generera mekanisk påverkan på utredningsområdet.

För de urspårningar som ej sker i växel reduceras sannolikheten för spridningsavstånd större än 1 meter med 90 % när effekten av skyddsräilen beaktas. Vidare antas den förstärkta samt förhöjda kantbalken i 50 % av fallen kunna förhindra att urspårade fordon lämnar det upphöjda läget. Sluthändelser där urspårade fordon lämnar det upphöjda läget utgör drygt 1,5 % av utfallsrummet när den antagna effekten av skyddsåtgärderna inkluderas i beräkningarna. Detta innebär att drygt 1 av 67 urspårningar på det upphöjda läget antas generera mekanisk påverkan på utredningsområdet.



Figur 27. Händelse-träd för urspärning på det upphöjda läget.

B.4 JÄRNVÄGSOLYCKA VID TRANSPORT AV FARLIGT GODS

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [50] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 21 redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 21. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [50].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [51].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [52]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån i anslutning till de berörda järnvägarna. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Statistiken som ligger till grund för de kvantitativa analyserna har inhämtats från Trafikverkets databas LUPP (Leveransuppföljningssystemet) genom Trafikverkets statistikavdelning [16]. Statistiken innefattar: antal godståg, antal godståg med farligt gods, antal vagnar med farligt gods, antal ton farligt gods samt mängder av och fördelningen mellan transporterade RID-klasser på Södra stambanan delsträckan Norrköping-Linköping samt delsträckan Norrköping-Åby under tidsperioden 2013-2016 [16].

Ovan beskriven statistik är konfidentiell och kan därmed ej redovisas i rapporten. Statistiken ligger likväl till grund för de kvantitativa analyserna.

Rangerbangården i Norrköping ligger både i nuläget och efter utbyggnaden norr om Norrköpings resecentrum (på delsträckan Norrköping-Åby). I grundberäkningen används dock statistiken över farligt gods-transporter på Södra stambanan delsträckan Norrköping-Linköping som ingångsvärde till analysen. Detta bedöms rimligt då endast södergående godstransporter från rangerbangården passerar Norrköpings resecentrum och dessa transporter ingår i statistiken för delsträckan Norrköping-Linköping.

I dagsläget särskiljs inte vagnar innehållande farligt gods från vanliga godsvagnar, utan ett godståg kan innehålla båda sorters vagnar. Det finns heller inget kontrollsystem i dagsläget för detektering av farligt gods, utan ett tåg kan innehålla vilken typ av gods som helst så länge transportören har tillstånd att transportera farligt gods. Detta medför att alla godståg som trafikerar Södra Stambanan antas transportera farligt gods.

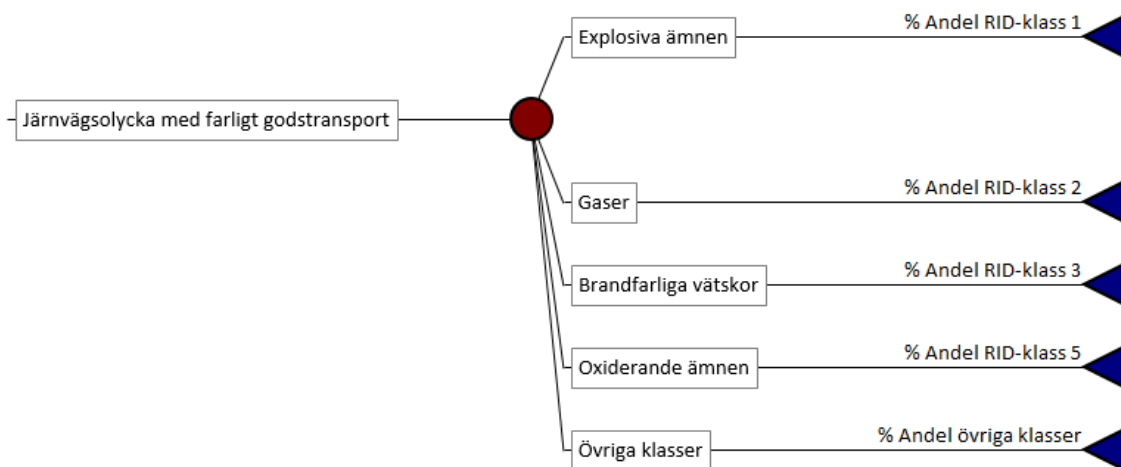
I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [20]. Sannolikheten för att minst en godsvagn med farligt gods ska vara inblandad vid urspårning av ett godståg blir då följande:

$$P(\geq 1 \text{ FaGo vagn}) = 1 - (1 - \text{andel godsvagnar med farligt gods})^{3,5}$$

Frekvensen för en järnvägsolycka men en farligt godstransport uppskattas på följande sätt:

$$f(\text{järnvägsolycka med farligt godstransport}) = f(\text{urspårning godståg}) \cdot (1 - (1 - \text{andel godsvagnar med farligt gods})^{3,5})$$

I händelseträdet, se Figur 28, redovisas hur olycksfrekvensen fördelas över respektive RID-klass baserat på den inbördes fördelningen mellan transporterade klasser på sträckan.



Figur 28. Baserat på fördelningen över transporterade RID-klasser fördelas ingångsfrekvensen över respektive RID-klass.

B.5 OLYCKSSCENARIER – HÄNDELSETRÄDSMETODIK

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

B.5.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton och små mängder begränsas till 50-100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

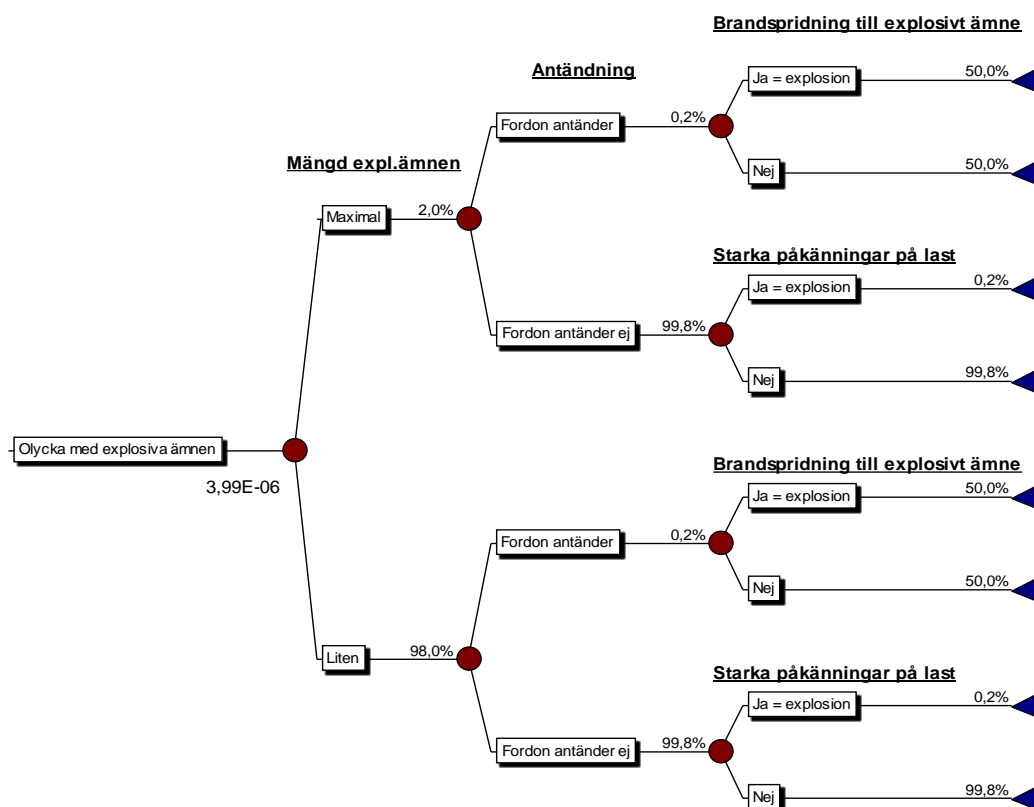
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods [53]. Denna siffra gäller för Sverige i helhet och en nedbrytning till transporter på en specifik sträcka går inte göra på något enkelt sätt. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels företagsmässigt och dels säkerhetsmässigt. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg hade de endast tre transporter med klass 1 under hela 2011 i Sverige. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transportererna på mer än 500 kg explosivt ämne [54].

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka [55] [56]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [26].

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [57]. Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO [58] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 29 redovisas möjliga scenarier.



Figur 29. Händelse-träd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

B.5.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [59], antas 87 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar antas vara 1 % i båda fallen [43]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

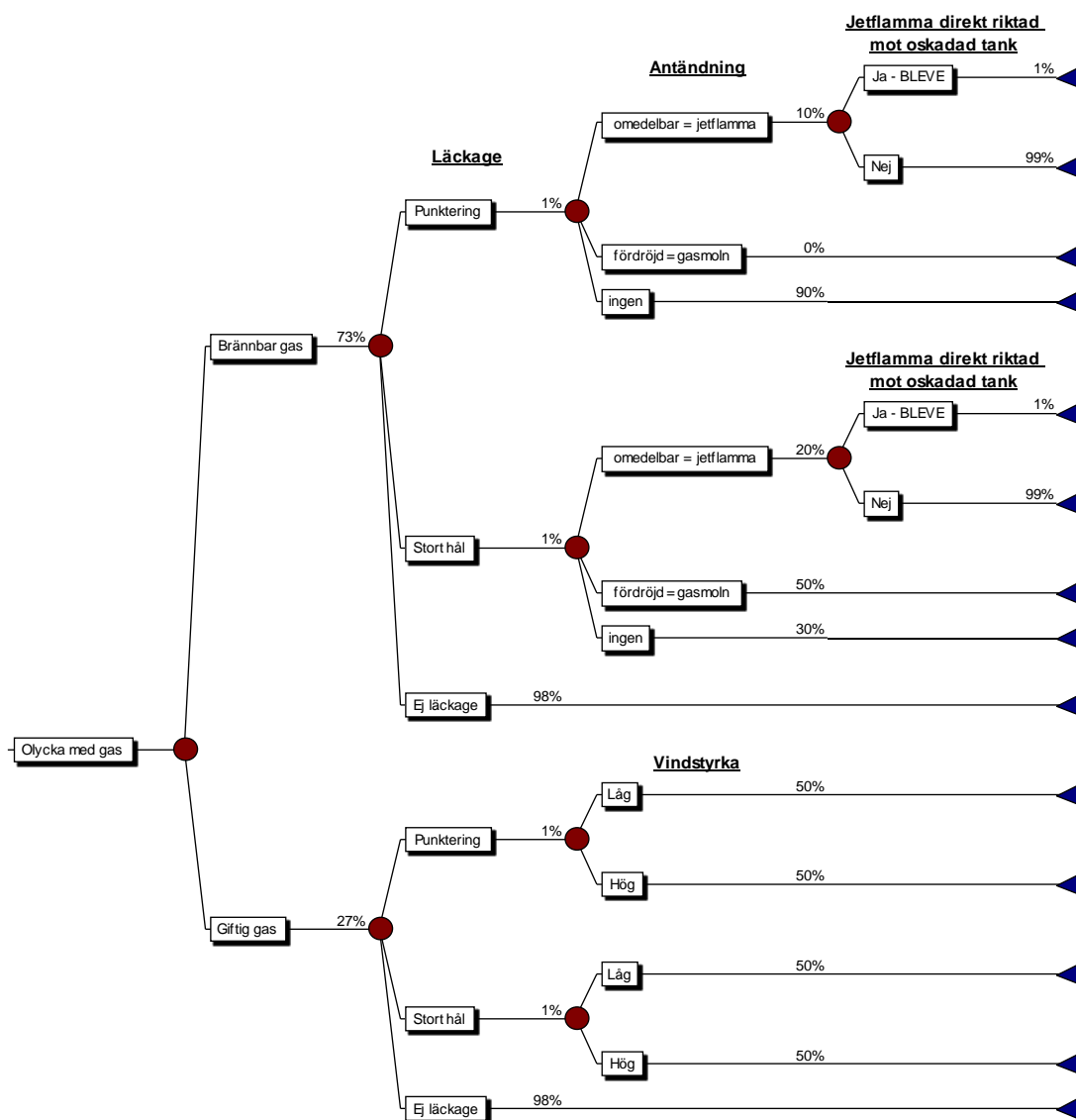
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänts omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänts direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [60] för:

- Omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- Fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- Ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % [60]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 30 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

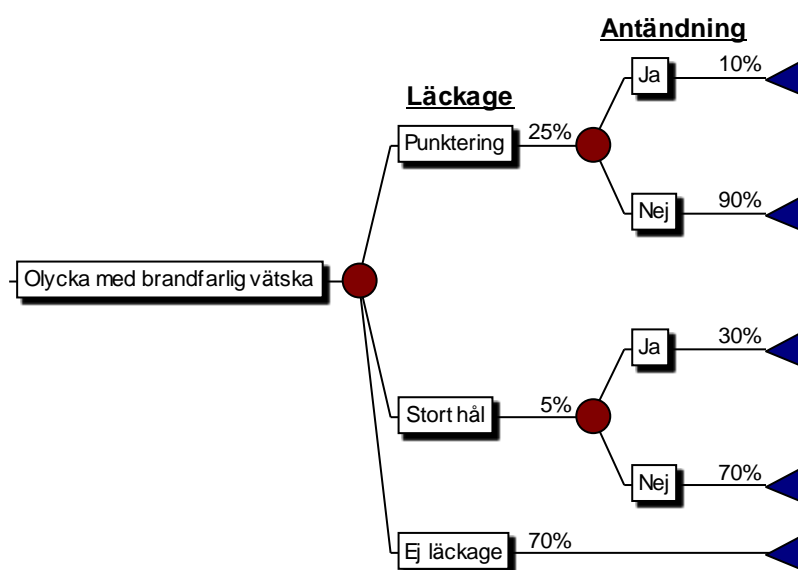


Figur 30. Händelse-träd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

B.5.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [43]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % [43]. I Figur 31 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 31. Händelsesträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

B.5.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

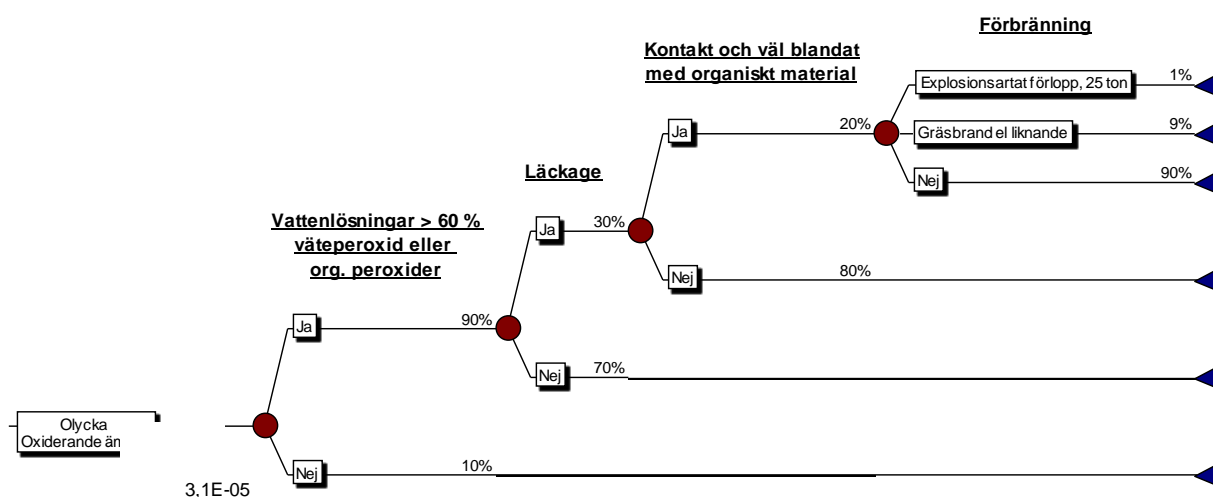
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik [53] anger att 93 % av transportererna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transportererna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se avsnitt B.5.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % [26]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 32 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 32. Händelse-träd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

B.6 ANPASSNING AV SANNOLIKHETEN ATT PÅVERKAS UTIFRÅN KONSEKVENSAVSTÅNDETS LÄNGD

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan ger därmed en frekvensreduktionsfaktor för respektive scenario.

Även för samhällriskberäkning anpassad till utredningsområdet tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal döda uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen i samhällriskberäkning anpassad till planområdet halveras då jetflamman (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till grupprisken för planområdet. Förfarandet bedöms vara konservativt, då vissa scenarier har ett spridningsområde (andel av cirkulärt område) som är mindre än 50 % - vilket de i praktiken nu får. För olycksscenarioer med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reduktion.

C KONSEKVENSBERÄKNINGAR

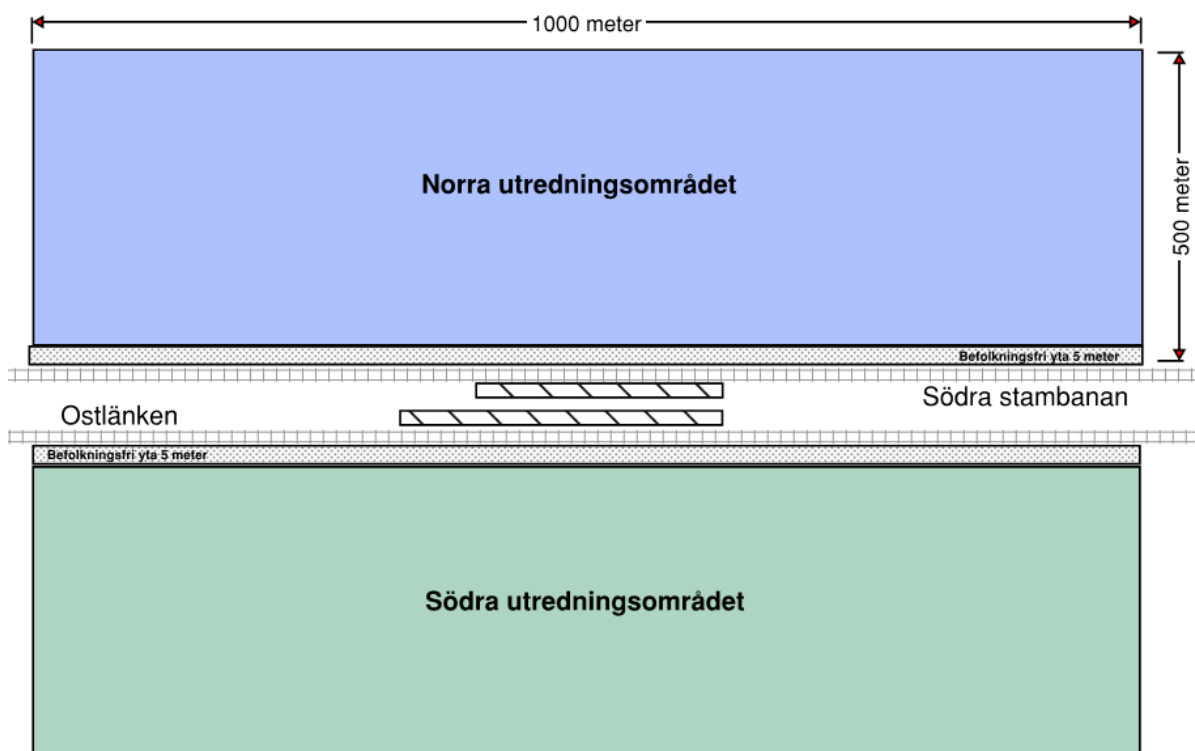
De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar på det upphöjda läget, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas. Vid beräkning av mekanisk skada orsakad av urspårning har dock de urspårande vagnarnas avstånd från spåret beaktats.

C.1 PERSONTÄTHET

I samhällsriskberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring järnvägen, vilket görs genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor med centrum i aktuell riskkälla samt åt 500 meter i vardera riktningen, se Figur 33. Inom respektive utredningsområde (Norra/Södra) antas en homogen persontäthet. Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta på 5 meter ansätts mellan järnvägen och närliggande bebyggelse. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsriskberäkningarna. Avståndet är mätt från kantbalk på spårområdet och motsvarar ett avstånd på 8,5 meter mätt från spårmitte för respektive yttersta järnvägsspår.

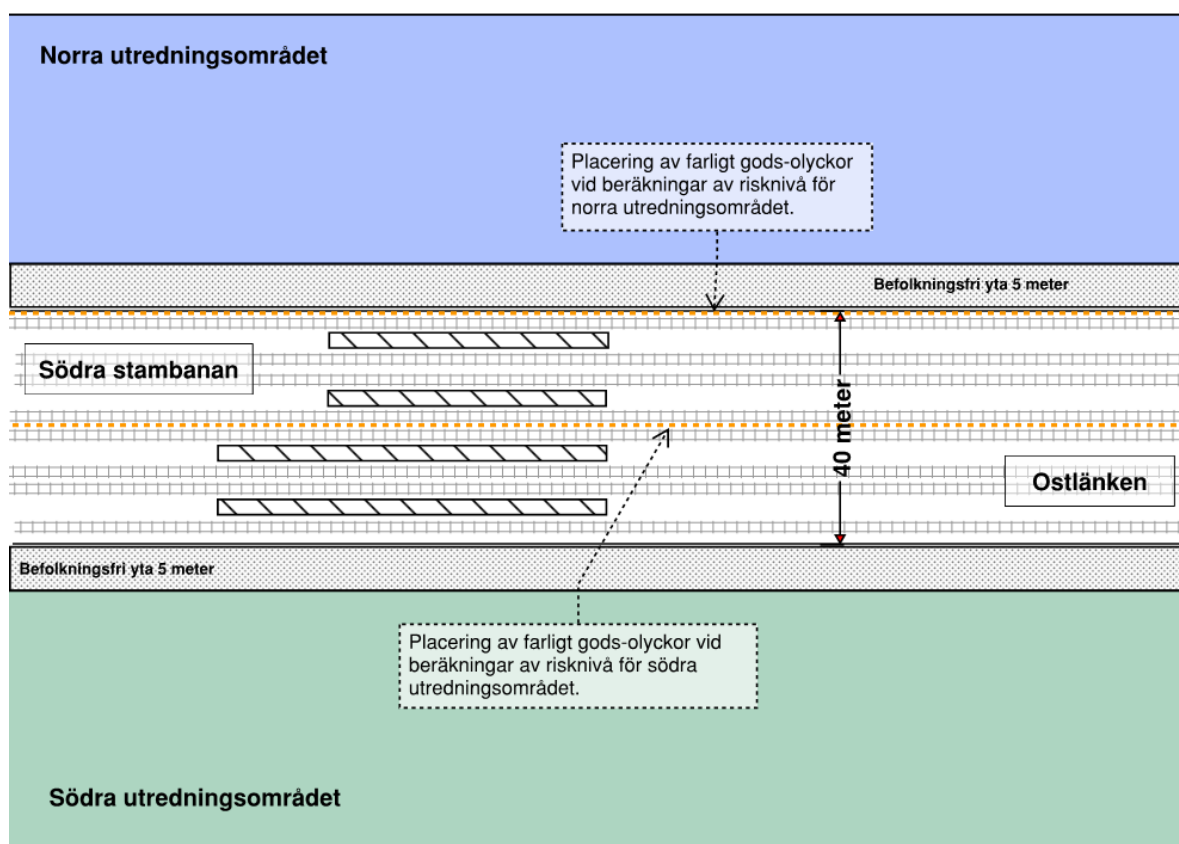
För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmättet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd från järnvägen under ett års tid omkommer.



Figur 33. Modell för beräkning av samhällsriskenivå inom ett begränsat område (0,5 km²). Personerna inom respektive område (Norra/Södra) antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Tabell 22. Andel inomhus/utomhus dag/nattetid enligt RIKTSAM [28].

Tid på dygnet	Andel inomhus	Andel utomhus
Dagtid	90 %	10 %
Nattetid	99 %	1 %



Figur 34. Placering av farligt gods-olycka vid beräkningar av samhällsrisknivå för norra respektive södra utredningsområdet.

I Figur 34 redovisas hur konsekvensberäkningarna för respektive utredningsområde har genomförts med avseende på olycksscenarioer med farligt gods. Vid konsekvensberäkningar för norra utredningsområdet placeras farligt gods-olyckor längs kanten på det upphöjda läget. Den befolkningfria ytan antas uppgå till 5 meter vid konsekvensberäkningar för norra utredningsområdet. Vid konsekvensberäkningar för södra utredningsområdet placeras olyckan längs det innersta spåret av Södra stambanan. Den befolkningfria ytan antas uppgå till 45 meter (40 meter spår område Ostlänken + 5 meter bebyggelsefri yta) vid konsekvensberäkningar för södra utredningsområdet med avseende på farligt gods-olyckor på Södra stambanan.

C.2 MEKANISK SKADA VID URSPÅRNING

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-40 m.

C.3 UPPSKATTADE KONSEKVENSER FÖR OLYCKOR MED FARLIGT GODS

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i B. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

C.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna för människor beror bland annat på mängden explosiv vara, omgivningens utformning (tillgång till skydd i form av bebyggelse eller liknande) samt hur personer befinner sig i förhållande till explosionen.

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål som splitter kastas mot människor (sekundära) [61].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg och antalet omkomna till följd av splittersverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splittersverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [62]. Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt Göteborgs fördjupade översiktsplan för sektorn transporter av farligt gods blir konsekvensavståndet då cirka 120 meter för en 25 tons laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter [26].

Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). I FÖP Göteborg [26] anges att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meters avstånd från en 25 tons explosion. Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meters avstånd.

C.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara, inerta och giftiga. Det är endast de brännbara (RID-S-klass 2.1) och giftiga gaserna (RID-S-klass 2.3) som antas kunna innebära dödliga konsekvenser för omgivningen vid olycka.

Brännbar gas, RID-S-klass 2.1

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton [63].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [64]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [65], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m² (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering). De indata som använts i *Gasol* för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 23 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 23. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Källstyrka	Antändning	Konsekvensavstånd
BLEVE	-	-	Cirkulärt 200 m radie
Punktering	2,4 kg/s	Jetflamma	18 m
		Gasmoln	18 m
Stort hål	60 kg/s	Jetflamma	91 m
		Gasmoln	21 m

Giftig gas, RID-S-klass 2.3

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [66] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^4) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [66]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [66].

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 24.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

Tabell 24. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt gods-olycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Källstyrka	Vindstyrka	Konsekvensavstånd
Punktering	0,45 kg/s	3 m/s	38 m
		8 m/s	34 m
Stort hål	112 kg/s	3 m/s	755 m
		8 m/s	880 m

C.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [64].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägstank cirka 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack och därför är sannolikheten för att all bensen läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m² stor pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² stor pöl.

⁴ Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [67].

I Tabell 25 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen bredds ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 25. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensin (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensin (400 m ²)	11 m	29 m	40 m

C.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-S-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplösiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplösiva varor [26], se vidare avsnitt B.5.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt B.5.3.

Tabell 26. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Avstånd till dödliga förhållanden
Explosion 25 ton	250 m
Gräsbrand etc.	40 m

C.4 BEDÖMNING AV ANTAL OMKOMNA I RESPEKTIVE SCENARIO

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt B.5, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt C.3, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt C.1. Samtliga personer inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser antas omkomma i grundberäkningen.

D KÄNSLIGHETSANALYS

Grundberäkningen utgörs alltid av den som redovisas i kapitel 5.2 Samhällsrisk – Fördjupning. Alla genomförda känslighetsanalyser utgår från en trafikering enligt höghastighetsprognosen. Följande känslighetsanalyser har genomförts:

1. **Befolkningsfri yta = 30 meter istället för 5 meter**
I grundberäkningen antas den befolkningsfria ytan intill spåren vara 5 meter. I känslighetsanalysen studeras hur risknivån påverkas om avståndet utökas till 30 meter.
2. **Effekt av separata broar**
I grundberäkningen antas spårpaketet för respektive järnväg vara sammanhängande. Ursparningar som sker på innerspåren antas vid denna utformning kunna generera en mekanisk påverkan på utredningsområdena givet att spridningsavståndet vid ursparningen är tillräckligt stort. I denna känslighetsanalys studeras hur risknivån påverkas om en systemlösning med separata järnvägsbroar väljs. Vid denna utformning bedöms endast ursparningar på ytterspåren kunna medföra en mekanisk påverkan på utredningsområdena.
3. **Dubbelt så mycket farligt gods transporteras på Södra Stambanan**
I grundberäkningen används statistiken över farligt godstransporter på Södra stambanan delsträckan Norrköping-Linköping mellan åren 2013-2016 som ingångsvärde till analysen. I känslighetsanalysen studeras hur risknivåerna påverkas om andelen farligt gods-transporter på sträckan fördubblas fram till horisontår 2040 jämfört med 2013-2016 års siffror.
4. **Olycksfrekvensen utgår ifrån Fredéns modell och inte TRAFAs statistik**
I känslighetsanalysen studeras hur risknivåerna för utredningsområdena påverkas när uppskattningen av ursparningsfrekvensen baseras på Fredéns modell istället för TRAFAs statistiken.
5. **Inga godstransporter tillåts genom Norrköping**
Påverkan på risknivån om alla godstransporter på Södra stambanan förläggs på ett nytt spår norr om Norrköping. Vid detta scenario antas inga farligt gods-transporter på järnväg passera utredningsområdet.
6. **Lägre antagen skyddseffekt av skyddsräll**
Effekten av åtgärden skyddsräll baseras på antaganden från tidigare infrastrukturprojekt (Varbergstunneln). Skyddsrällen bedöms minska sannolikheten för en spridning av ursparade fordon större än 1 meter med 90 % [24]. Föregående antagande gäller endast för de ursparningar som ej inträffar i en växel (41 % av ursparningar). I känslighetsanalysen studeras hur risknivån påverkas om effekten av skyddsrällen endast antas uppgå till 50 % (sannolikheten spridningar större än 1 meter reduceras med 50 %).

D.1 SAMMANSTÄLLNING AV KÄNSLIGHETSANALYSER

Baserat på genomförda känslighetsanalyser kan det konstateras att urspårningsfrekvens har betydelse för såväl individ- som samhällsrisknivån. Används Fredéns modell [20] erhålls en generellt högre risknivå och i vissa fall är risknivån oacceptabelt hög. Motiveringen till att använda den statistik som nyttjats i denna rapport är att den statistiken använder Trafikverket själva i allt större utsträckning vid nyproduktion av järnväg. Fredéns modell är baserad på äldre statistik och bedöms därför inte vara lika representativ. Men som nämnts ovan så kan denna osäkerhet minskas genom att riskreducerande åtgärder som förhindrar att urspårningar lämnar det upphöjda läget införs, på så vis blir val av urspårningsfrekvens mindre avgörande.

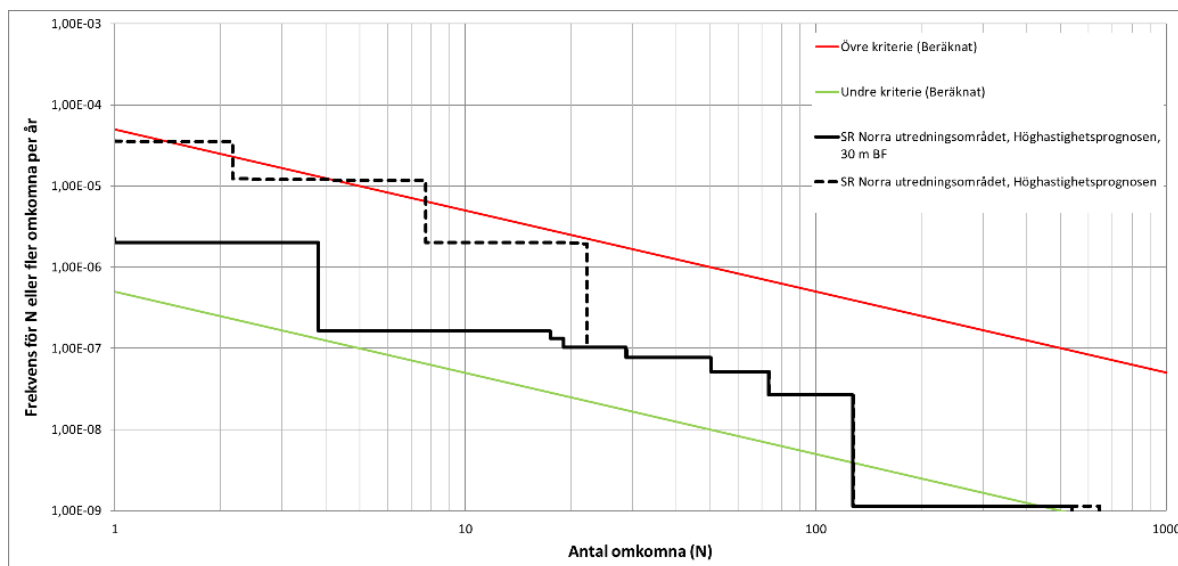
Utökade skyddsavstånd mellan järnvägen och omgivande bebyggelse resulterar i markant lägre risknivåer för tredje man. Bidraget från olycksscenarier med farligt gods medför dock att samhällsrisknivån fortfarande ligger inom ALARP även vid utökade skyddsavstånd. Ett utökat skyddsavstånd reducerar behovet av att vidta konsekvensreducerande åtgärder avseende urspårningar ur ett tredje-man-perspektiv. Personsäkerheten för resenärer kan dock fortfarande motivera att konsekvensreducerade åtgärder införs avseende urspårningar på det upphöjda läget. En systemutformning med separata järnvägsbroar bedöms generellt medföra lägre risknivåer för utredningsområdena men kan medföra en ökad risk för personer som uppehåller sig under broarna. Notera även att skillnaden i risknivån mellan utformningarna troligtvis överskattas då det inbördes avståndet mellan spåren i grundberäkningen (sammanhängande spårpaket) enbart antas uppgå till 4,5 meter.

Vidare bedöms påverkan av antal farligt gods-transporter och här kan konstateras att även om mängden farligt gods som transporteras skulle öka är resultatet av denna bedömning robust, dvs. påverkan bedöms som förhållandevis liten i relation till grundberäkningen. Om gods-transporter på järnvägarna istället helt utesluts så är risknivåerna i närområdet fortfarande på sådan nivå att åtgärder avseende urspårningar krävs, på avstånd bortom 40 meter krävs däremot inga åtgärder.

Slutligen har effekten av skyddsåtgärder i form av skyddsräll och barriär beaktats. Även när effekten av skyddsräll sänks till 50 % är påverkan på risknivån ändå signifikant.

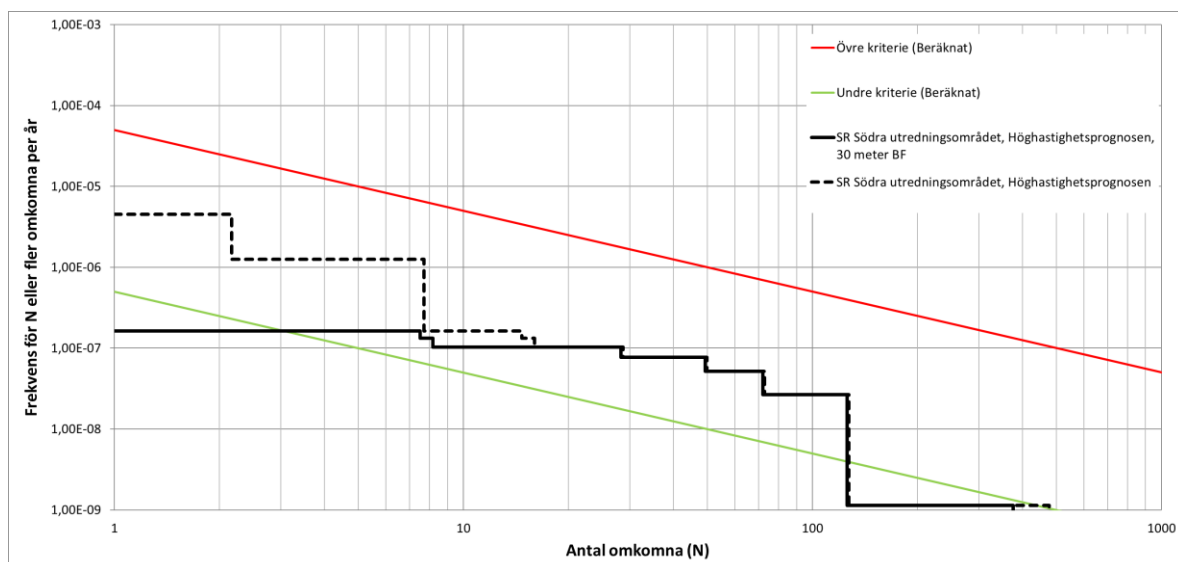
D.2 BEFOLKNINGSFRI YTA

I Figur 35 nedan syns hur samhällsrisknivå för det Norra utredningsområdet påverkas om den befolkningsfria ytan ökas från 5 till 30 meter.



Figur 35. Befolkningsfri yta 30 meter i relation till 5 meter som används i grundberäkningarna. Grafen illustrerar samhällsrisk i det norra utredningsområdet vid en trafikering enligt i höghastighetsprognosen.

Då den befolkningsfria ytan ökar från 5 meter till 30 meter i det norra utredningsområdet sjunker samhällsriskerna markant och ligger inom ALARP. För olyckor med fler än 20 omkomna följer de båda kurvorna varandra. En ökning av det befolkningsfria området från 5 meter till 30 meter ger följaktligen riskreducerande effekt för antalet olyckor med färre än 20 omkomna, medan antalet olyckor med fler än 20 omkomna inte förändras. Bidraget från olycksscenarioer med mekanisk påverkan på omgivningen minskar markant med utökade skyddsavstånd. Bidraget från olycksscenarioer med farligt gods resulterar dock i att samhällsrisknivån fortfarande når ALARP-området även vid utökade skyddsavstånd.



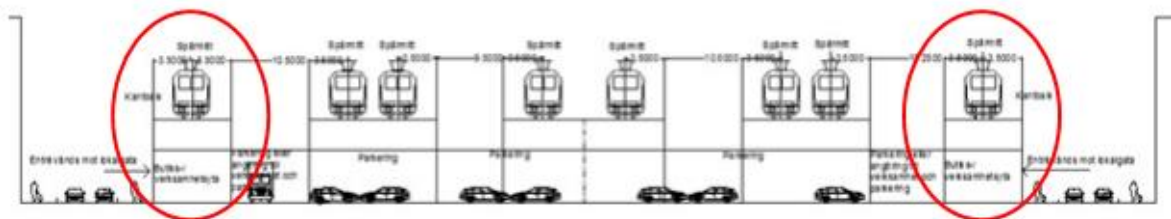
Figur 36. Befolkningsfri yta 30 meter i relation till 5 meter som används i grundberäkningarna. Grafen illustrerar samhällsrisk i det södra utredningsområdet vid en trafikering enligt höghastighetsprognosen.

I Figur 36 ovan syns hur samhällsrisknivån för det Södra utredningsområdet påverkas om den befolkningsfria ytan ökas från 5 till 30 meter.

Då den befolkningsfria ytan ökar från 5 meter till 30 meter i det södra utredningsområdet sjunker samhällsriskerna markant för antalet olyckor med färre än 8 omkomna. Samhällsrisknivån ligger dock fortfarande inom ALARP. Antalet olyckor med fler än 8 omkomna förändras inte nämnvärt då den befolkningsfria ytan utökas utan ligger fortsatt lågt inom ALARP. Bidraget från olycksscenarioer med mekanisk påverkan på omgivningen minskar markant med utökade skyddsavstånd. Bidraget från olycksscenarioer med farligt gods resulterar dock i att samhällsrisknivån fortfarande når ALARP-området även vid utökade skyddsavstånd.

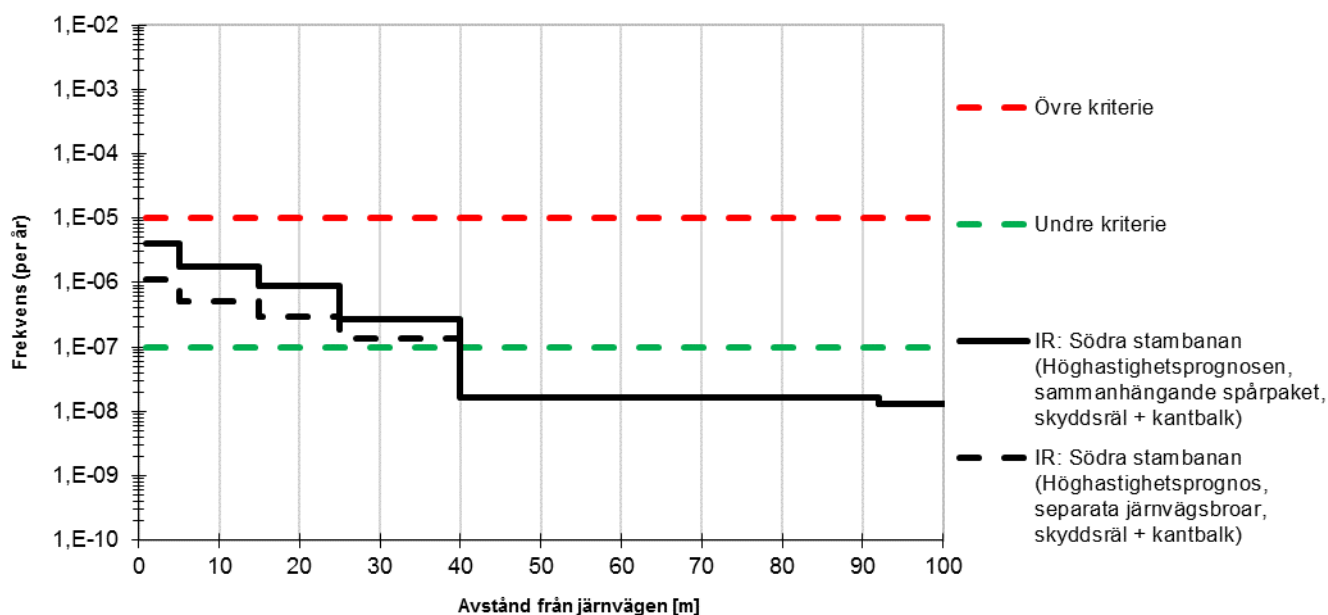
D.3 EFFEKT AV SEPARATA BROAR

I grundberäkningen antas spårpaketet för respektive järnväg vara sammanhängande. Urspårningar som sker på innerspårna antas vid denna utformning kunna generera en mekanisk påverkan på utredningsområdena givet att spridningsavståndet vid urspårningen är tillräckligt stort. I denna känslighetsanalys studeras hur risknivån påverkas om en systemlösning med separata järnvägsbroar väljs. Vid denna utformning bedöms endast urspårningar på ytterspårna kunna medföra en mekanisk påverkan på utredningsområdena, se Figur 37 nedan. Urspårningar som inträffar på de inre broarna kommer fortfarande kunna generera en mekanisk påverkan på ytor mellan spårna. Dessa ytor beaktas dock inte vid beräkningen av samhällsriskerna för utredningsområdena.



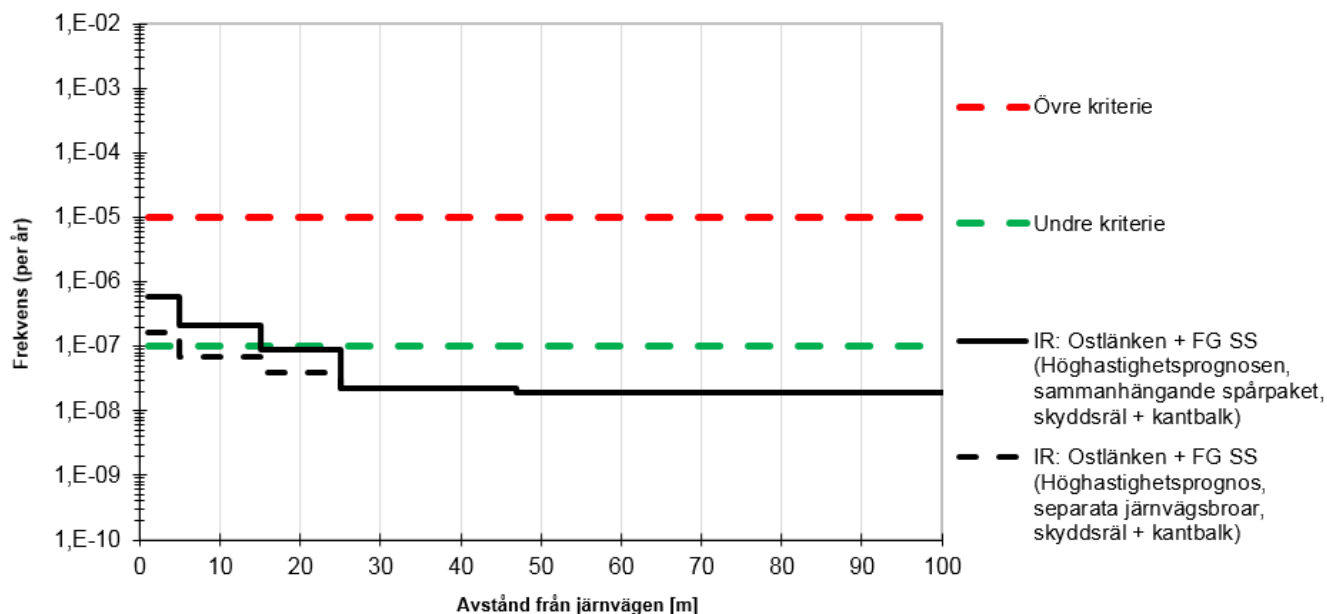
Figur 37. Systemlösning med separata järnvägsbroar. Endast urspårningar på ytterspårna bedöms kunna generera en mekanisk påverkan på utredningsområdena.

I beräkningarna nedan beaktas den ansatta skyddseffekten av skyddsräll och kantbalk. Vid beräkningarna av samhällsrisk beaktas även skyddsfaktorerna vid inomhusvistelse enligt Tabell 9.



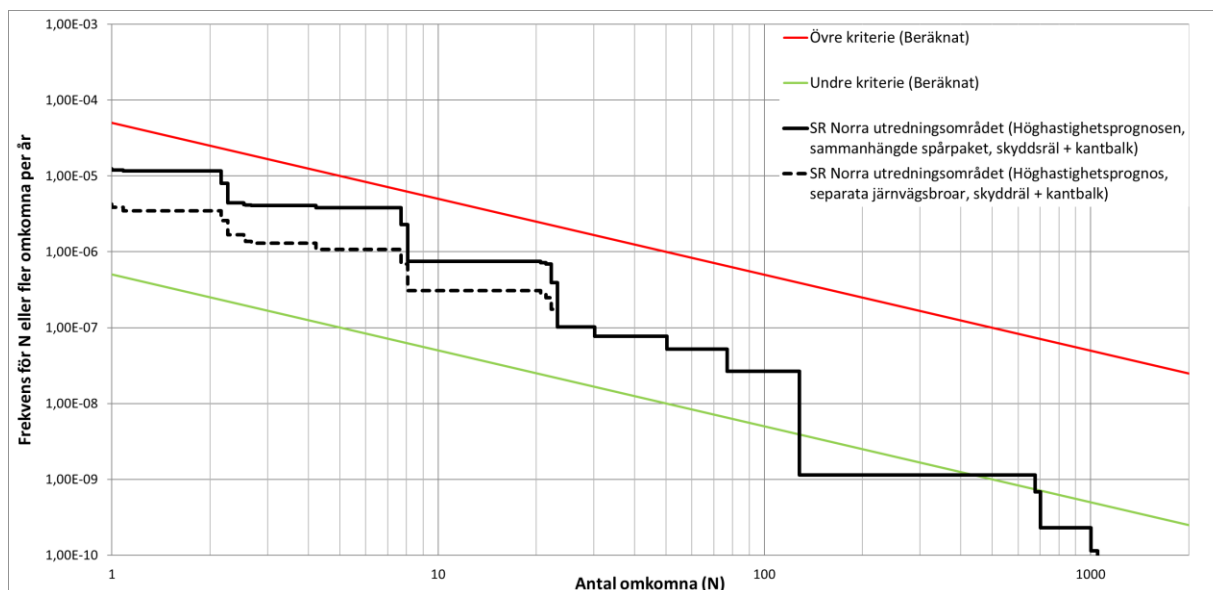
Figur 38. Uppskattad individrisknivå längs Södra stambanan vid ett sammanhängande spårpaket respektive vid en utformning med separata järnvägsbroar.

I Figur 38 ovan syns den uppskattade individrisknivån för det Norra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan vid ett sammanhängande spårpaket (grundberäkning) respektive vid en utformning med separata järnvägsbroar. Känslighetsanalysen indikerar på en utformning med separata järnvägsbroar resulterar i en markant minskning av individrisknivån längs ytterspåret. Båda utformningarna resulterar dock i en individrisknivå som ligger inom ALARP-området upp till 40 meter från järnvägen.



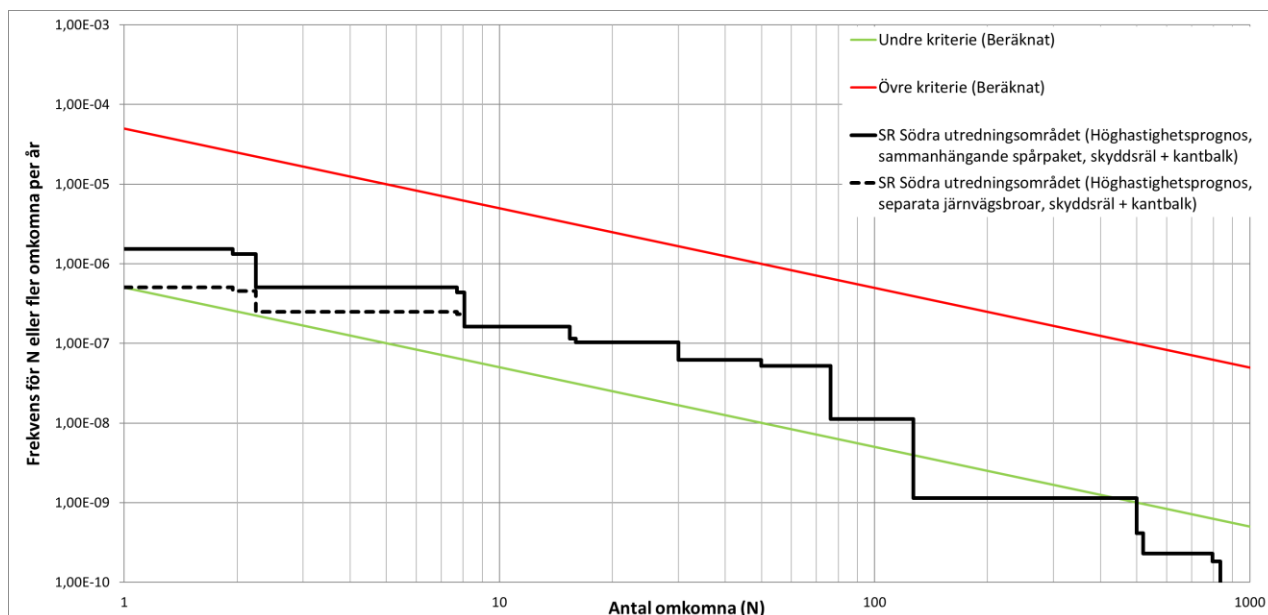
Figur 39. Uppskattad individrisknivå längs Ostlänken vid ett sammanhängande spårpaket respektive vid en utformning med separata järnvägsbroar.

I Figur 39 ovan syns den uppskattade individrisknivån för det Södra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Ostlänken vid ett sammanhängande spårpaket (grundberäkning) respektive vid en utformning med separata järnvägsbroar. Känslighetsanalysen indikerar på en utformning med separata järnvägsbroar resulterar i en markant minskning av individrisknivån längs ytterspåret. Vid ett sammanhängande spårpaket uppskattas individrisknivån ligga inom ALARP upp till 25 meter från ytterspåret och blir därefter acceptabel. Vid en utformning med separata järnvägsbroar ligger individrisknivån mycket lågt inom ALARP upp till 5 meter från spåret och bedöms därefter vara acceptabel.



Figur 40. Uppskattad samhällsriskenivå för Norra utredningsområdet vid sammanhängande spårpaket respektive vid en utformning med separata järnvägsbroar.

I Figur 40 ovan syns den uppskattade samhällsriskenivån för det Norra utredningsområdet vid sammanhängande spårpaket (grundberäkning) respektive vid en utformning med separata järnvägsbroar. Känslighetsanalysen indikerar att en utformning med separata järnvägsbroar genererar en signifikant lägre risknivå för det Norra utredningsområdet. Båda systemutformningar bedöms dock resultera i en samhällsriskenivå som ligger inom ALARP.



Figur 41. Uppskattad samhällsriskenivå för Södra utredningsområdet vid sammanhängande spårpaket respektive vid en utformning med separata järnvägsbroar.

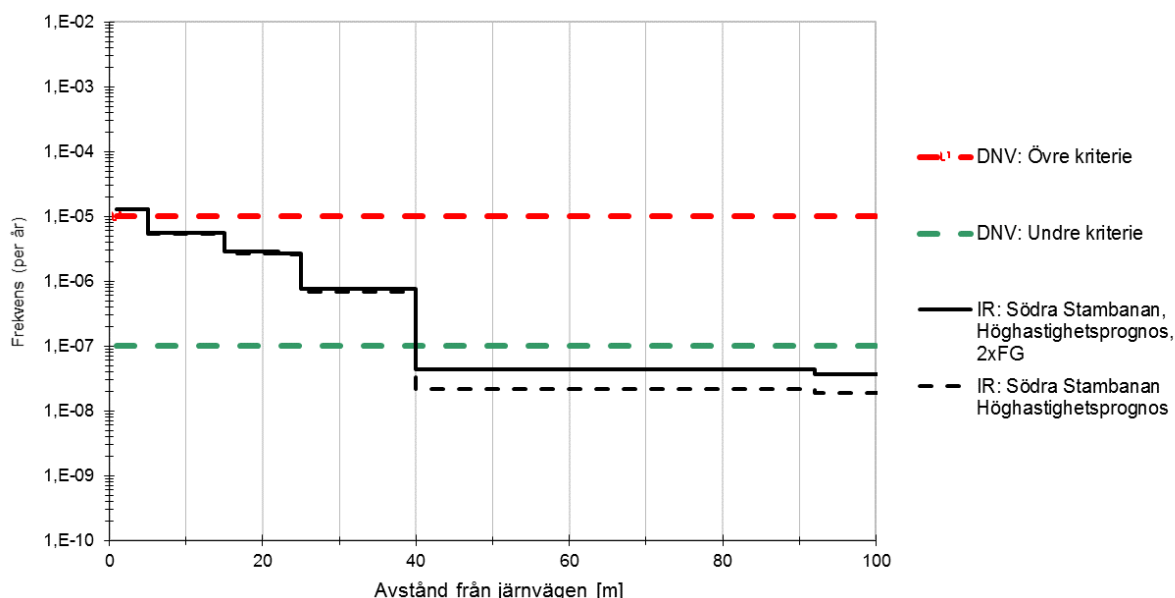
I Figur 41 ovan syns den uppskattade samhällsriskenivån för det Södra utredningsområdet vid sammanhängande spårpaket (grundberäkning) respektive vid en utformning med separata järnvägsbroar. Känslighetsanalysen indikerar att en utformning med separata järnvägsbroar genererar

en signifikant lägre risknivå för det Södra utredningsområdet. Båda systemutformningar bedöms dock resultera i en samhällsrisknivå som ligger inom ALARP.

Notera att skillnaden i risknivå med avseende på systemutformning (sammanhängande spårpaket kontra separata järnvägsbroar) troligtvis överskattas då det inbördes avståndet mellan spåren i grundberäkningen enbart antas uppgå till 4,5 meter.

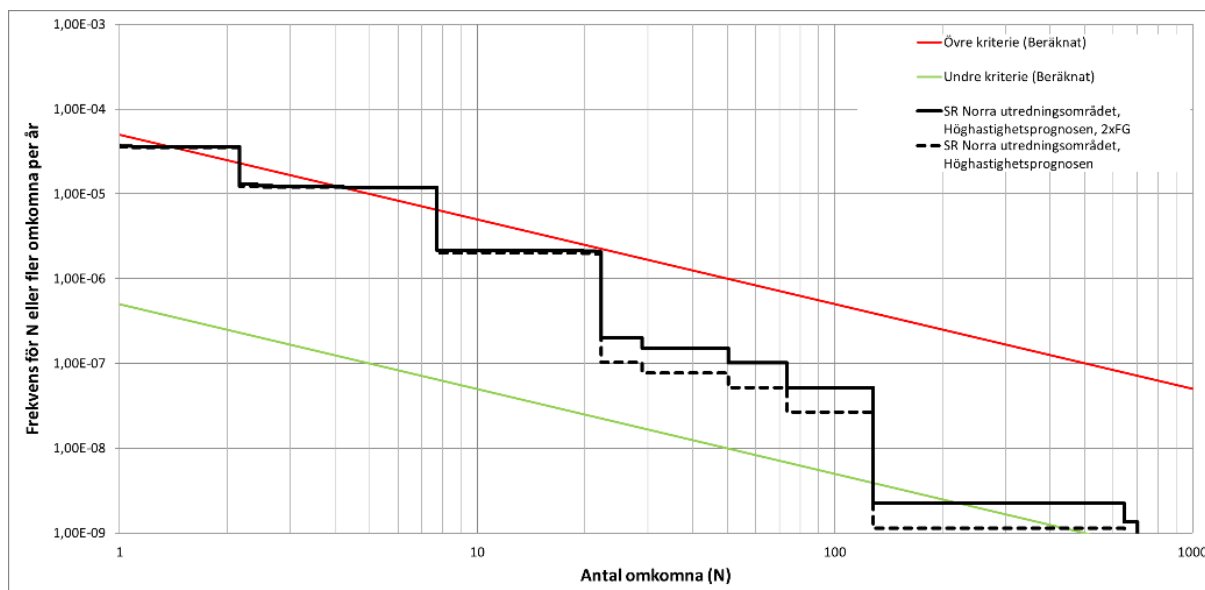
D.4 DUBBELT SÅ MYCKET FARLIGT GODS PÅ SÖDRA STAMBANAN

Andelen farligt gods-transporter på sträckan utgör konfidentiell information från Trafikverket och presenteras därför inte i rapporten. Uppgifterna har dock använts som indata i grundberäkningen samt fördubblats i känslighetsanalysen för att studera risknivån påverkas vid eventuella framtida ökning av transporter.



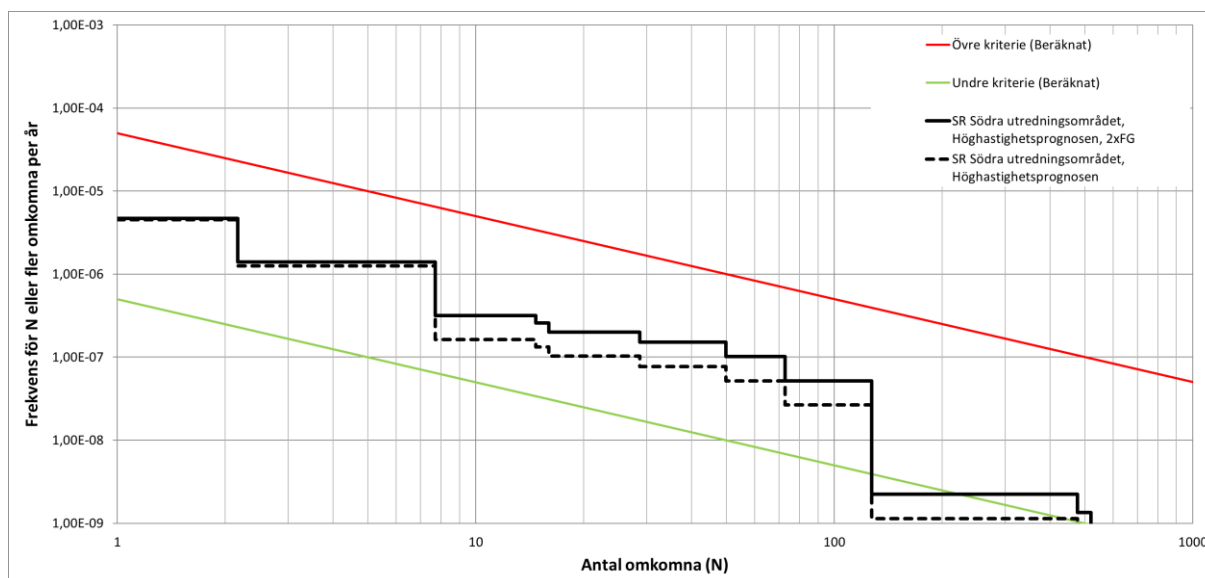
Figur 42. Uppskattad individrisknivå längs aktuell delsträcka av Södra Stambanan om andelen framförda farligt gods-vagnar fördubblas jämfört med höghastighetsprognosen

I Figur 42 syns hur den uppskattade individrisknivån längs aktuell delsträcka av Södra stambanan påverkas om andelen framförda farligt gods-vagnar fördubblas jämfört med höghastighetsprognosen. Känslighetsanalysen indikerar att individrisknivån längs Södra stambanan är robust med avseende på en framtida ökad omfattning av farligt gods-transporter.



Figur 43. Uppskattad samhällsriskenivå i det norra utredningsområdet vid fördubblad andel farligt godsvagnar.

I Figur 43 syns hur samhällsriskenivån för norra utredningsområdet påverkas om andelen framförda farligt gods-vagnar på sträckan fördubblas jämfört med 2013-2016 års statistik. Känslighetsanalysen indikerar att resultaten är relativt robusta gentemot framtida ökningar av farligt gods-transporter på Södra stambanan. Samhällsriskenivån når oacceptabla nivåer både i grundberäkningen och i känslighetsanalysen på grund av olycksscenarioer med mekanisk påverkan på omgivningen till följd av en urspårning på det upphöjda läget.

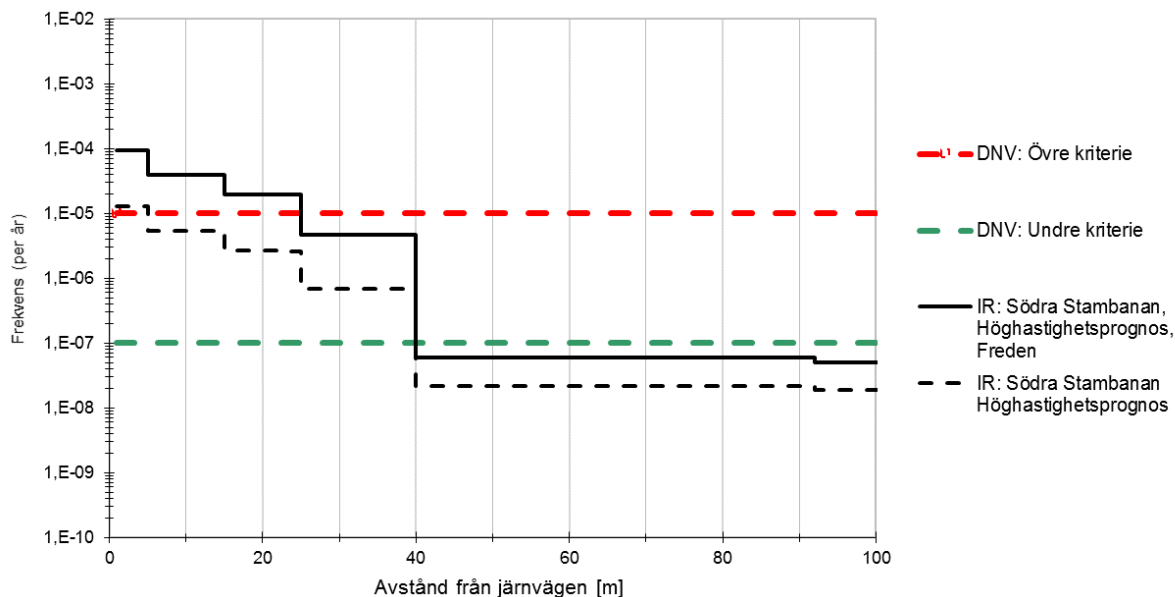


Figur 44. Beräknad samhällsriskenivå i det södra utredningsområdet vid fördubblad andel farligt godsvagnar.

I Figur 44 syns hur samhällsriskenivån för södra utredningsområdet påverkas om andelen framförda farligt gods-vagnar på Södra stambanan fördubblas jämfört med grundberäkningen. Känslighetsanalysen indikerar att resultaten är relativt robusta gentemot framtida ökningar av farligt godstransporter på Södra stambanan. Samhällsriskenivå ligger i mitten av ALARP-området för både grundberäkningen och känslighetsanalysen.

D.5 URSPÅRNINGSFREKVENSENS ENLIGT FRÉDENS MODELL

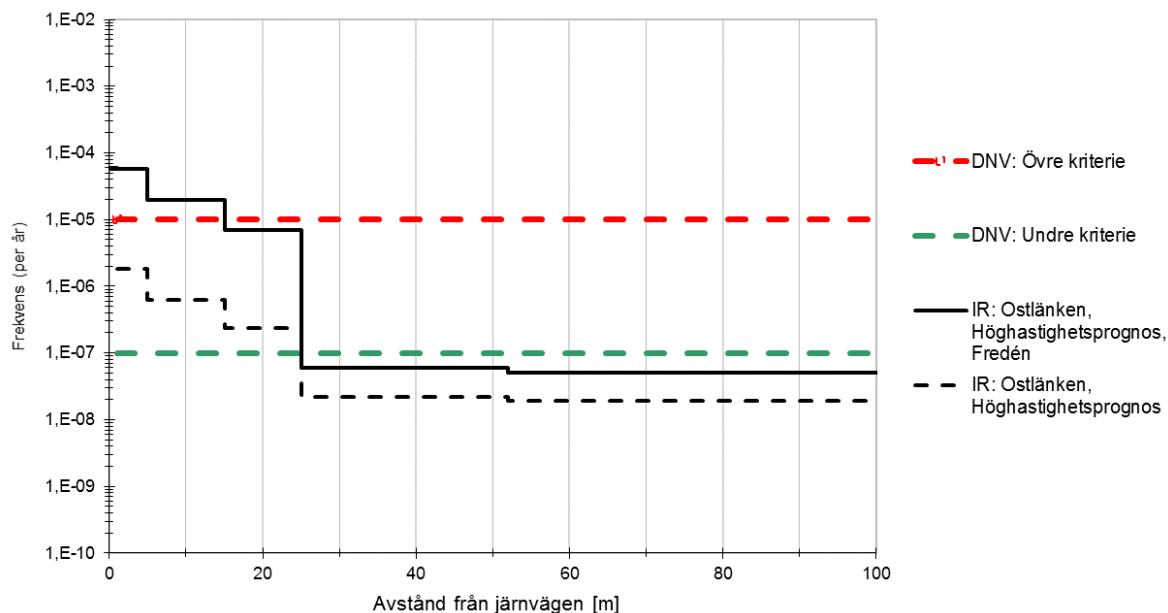
I detta avsnitt redovisas hur risknivåerna påverkas om urspårningsfrekvensen för Södra stambanan beräknas enligt Fredéns modell. Den uppskattade urspårningsfrekvensen blir högre när Fredéns modell används vid beräkningarna jämfört med när urspårningsfrekvensen baseras på inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse i Sverige mellan åren 2008-2015. Detta resulterar i att de uppskattade individ- och samhällsrisknivåerna längs järnvägarna generellt blir högre när Fredéns modell används jämfört med grundberäkningarna.



Figur 45. Uppskattad individrisknivå längs Södra stambanan när Fredéns modell används för att uppskatta urspårningsfrekvensen (heldragen linje) respektive när olycksfrekvensen baseras på TRAFAs statistik (sträckad linje, grundberäkning)

I Figur 45 syns uppskattad individrisknivå längs Södra stambanan vid en trafikering enligt höghastighetsprognosen. Den streckade linjen illustrerar risknivån vid grundberäkningarna medan den heldragna linjen illustrerar risknivån när urspårningsfrekvensen beräknas enligt Fredéns modell.

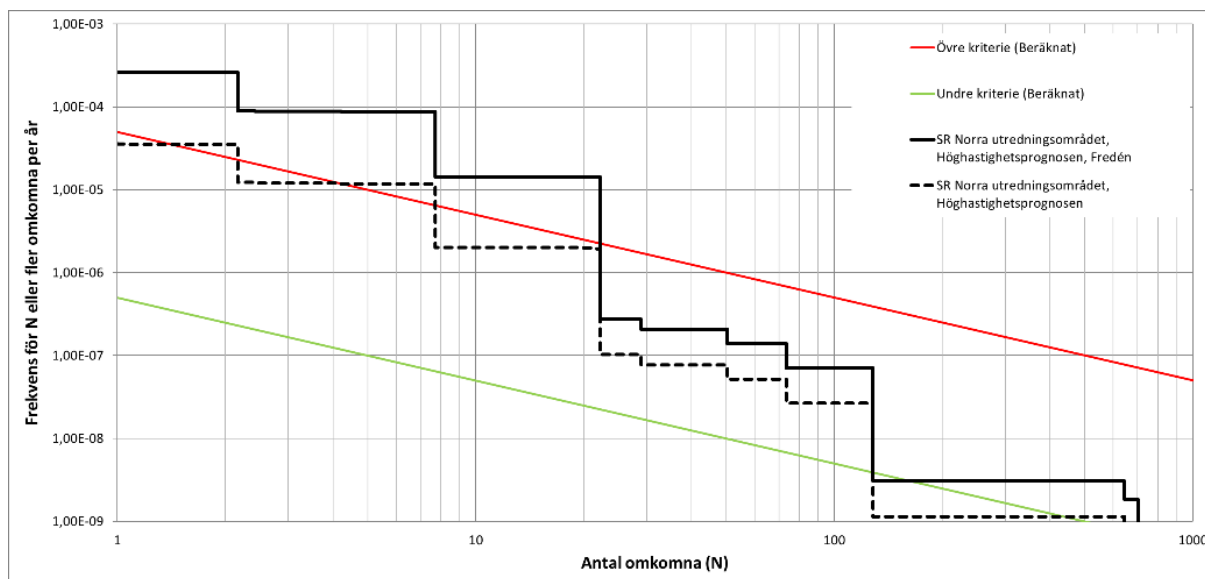
Känslighetsanalysen indikerar att individrisknivån då Fredéns modell används är oacceptabelt hög inom 25 meter från järnvägen. Därefter ligger individrisken högt inom ALARP upp till 40 meter från järnvägen. Bortom 40 meter bedöms individrisknivån ligga inom acceptabla nivåer. I grundberäkningen ligger individrisknivån längs Södra stambanan högt inom ALARP-området upp till 25 meter från järnvägen när de konsekvensreducerande åtgärderna för urspårningar beaktas i beräkningarna. Även här nås acceptabla nivåer först vid ett avstånd av 40 meter från järnvägen.



Figur 46. Uppskattad individrisknivå längs Ostlänken när Fredéns modell används för att uppskatta urspåringsfrekvensen (heldragen linje) respektive när olycksfrekvensen baseras på TRAFAs statistiken (sträckad linje, grundberäkning)

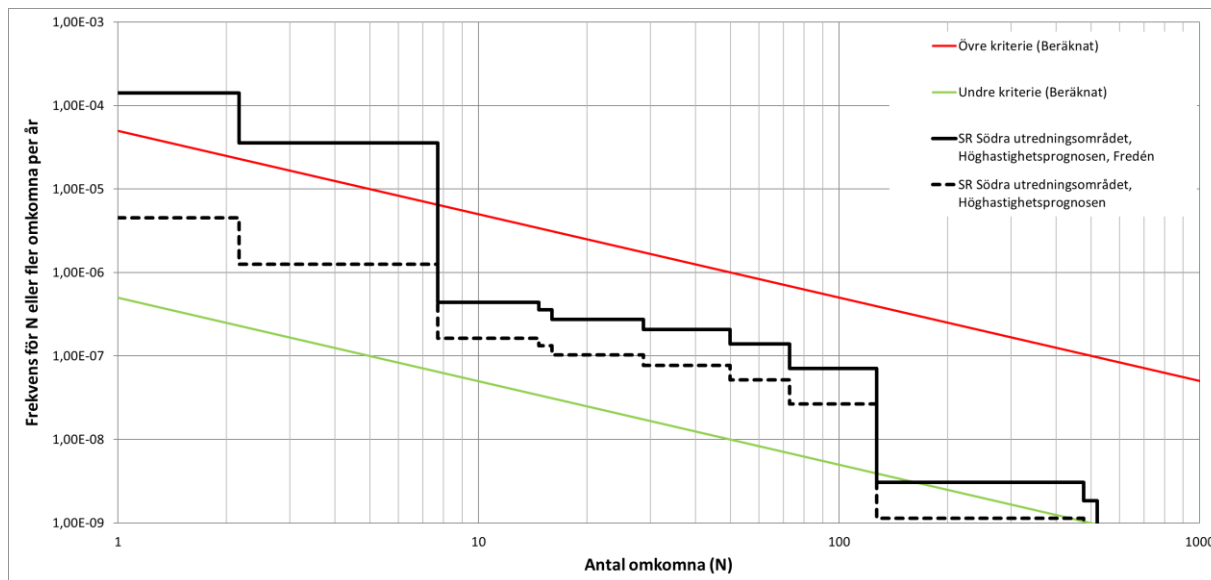
I Figur 46 syns uppskattad individrisknivå längs Ostlänken. Den streckade linjen illustrerar risken vid grundberäkningarna medan den heldragna linjen illustrerar risken då urspåringsfrekvensen beräknas enligt Fredéns modell.

Känslighetsanalysen indikerar att individrisknivån då Fredéns modell används är oacceptabelt hög eller nära oacceptabla risknivåer inom 25 meter från järnvägen. Vid grundberäkningarna är risknivån hög inom ALARP inom 5 meter för att därefter sjunka till måttlig och sedan låg nivå inom ALARP fram till 25 meter. Bortom 25 meter bedöms individrisknivån ligga inom acceptabla risknivåer både vid grundberäkningar och då Fredéns modell används.



Figur 47. Uppskattad samhällsrisiknivå för norra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan vid trafikering enligt höghastighetsprognosen. Urspåringsfrekvensen är beräknad enligt Fredéns modell i den heldragna linjen samt med statistik från TRAVA (grundberäkning) i den streckade linjen.

I Figur 47 syns den uppskattade samhällsrisiknivån för norra utredningsområdet givet riskreducerande åtgärder och trafikering enligt höghastighetsprognosen. Den streckade linjen illustrerar risken vid grundberäkningarna medan den heldragna linjen illustrerar risken då urspåringsfrekvensen beräknas enligt Fredéns modell. Beräkningarna indikerar att samhällsrisiknivån blir oacceptabelt hög för scenarier med färre än 20 omkomna individer då Fredéns modell används. Resultatet är liknande vid grundberäkningarna men samhällsrisiknivån ligger högre inom det oacceptabla området när Fredéns modell nyttjas för att uppskatta urspåringsfrekvensen.



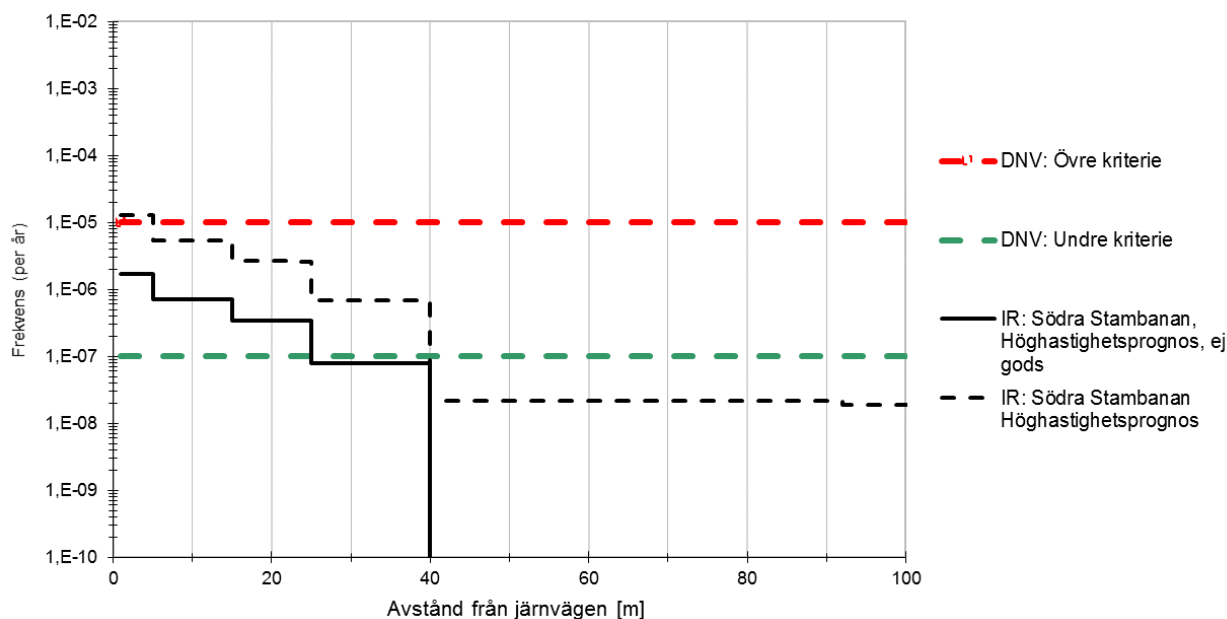
Figur 48. Uppskattad samhällsrisiknivå för södra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Ostlänken och Södra stambanan vid trafikering enligt höghastighetsprognosen. Urspåringsfrekvensen är beräknad enligt Fredéns modell.

I Figur 48 syns den uppskattade samhällsrisiknivån för södra utredningsområdet givet riskreducerande åtgärder och trafikering enligt höghastighetsprognosen. Den streckade linjen illustrerar risken vid grundberäkningarna medan den heldragna linjen illustrerar risken då urspåringsfrekvensen beräknas

enligt Fredéns modell. Beräkningarna indikerar att samhällsrisknivån för södra utredningsområdet ligger i mitten av ALARP-området vid grundberäkningarna medan risknivån är oacceptabelt hög för olyckor med färre än åtta förolyckade då Fredéns modell används. I jämförelse med grundberäkningen så hamnar samhällsrisknivån för södra utredningsområdet på oacceptabla nivåer för olyckor med färre än 8 förolyckade samt något högre inom ALARP för olyckor med högre antal förolyckade när Fredéns modell används för att uppskatta urspårningsfrekvensen.

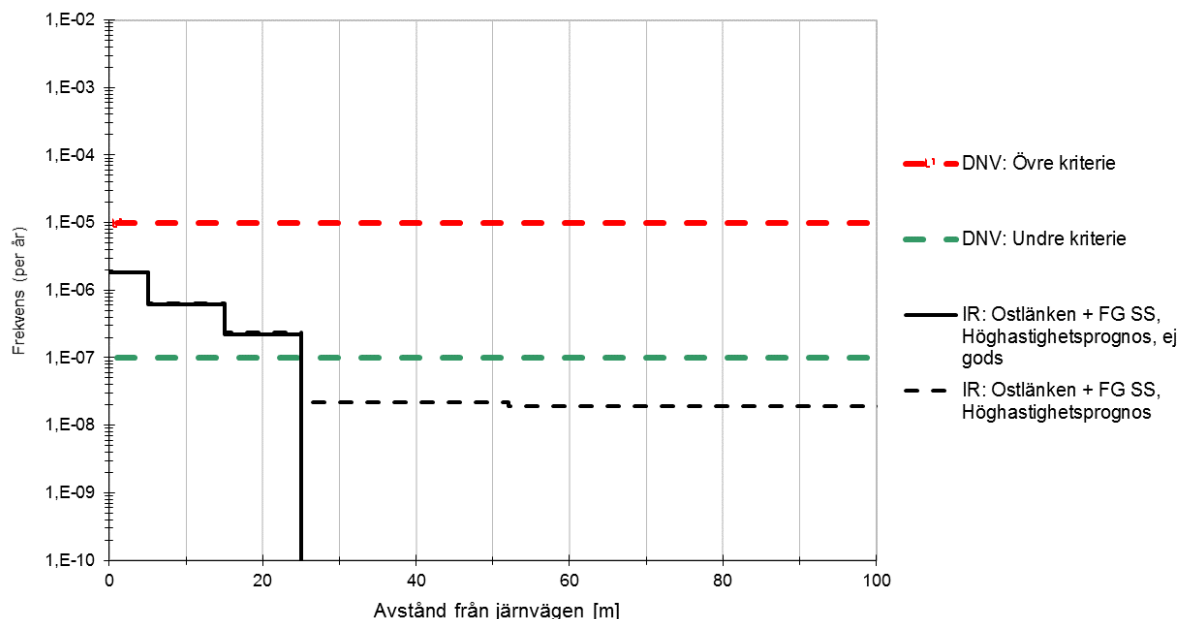
D.6 INGA GODSTRANSPORTER GENOM NORRKÖPING

I denna känslighetsanalys studeras hur risknivåerna påverkas om alla godstransporter på Södra stambanan förläggs på en separat/ny bana norr om Norrköping. Omläggningen antas medföra att inga gods-transporter passerar Norrköpings resecentrum. Generellt så blir samhällsrisknivån markant lägre i jämförelse med grundberäkningarna när påverkan från olycksscenarioer med farligt gods samt urspårningar med godståg kan uteslutas. Individrisknivån inom 40 meter från Ostlänken blir dock i princip oförändrad jämfört med grundberäkningen då urspårningsrisken är dominerande inom detta område. Individrisknivån inom 40 meter från Södra stambanan blir markant lägre jämfört med grundberäkningen då bidraget till urspårningsfrekvensen från godstågen försvinner.



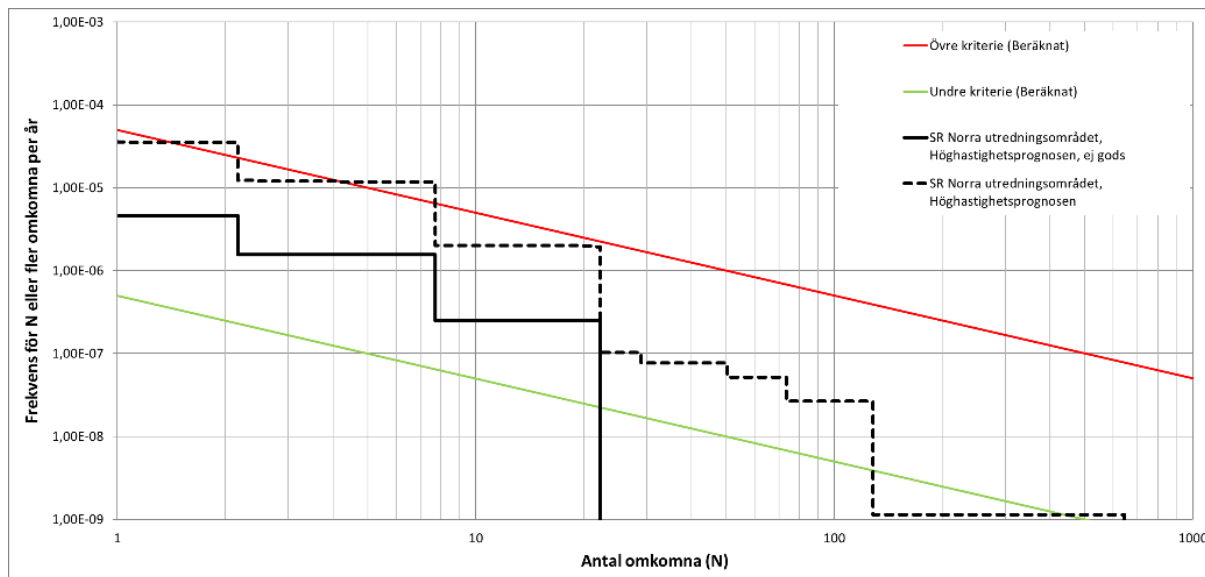
Figur 49. Individrisknivå med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan vid trafikering enligt höghastighetsprognosen samt ett scenario där godstrafiken förläggs på bana norr om Norrköping, det vill säga omleds till annan bana. Urspårningsfrekvensen baseras på inträffade allvarliga urspårningar vid tågrörelse i Sverige mellan åren 2008-2015.

I Figur 49 illustreras skillnaden i individrisk då godstransporter tillåts respektive leds bort från Södra Stambanan. Beräkningarna indikerar att individrisknivån då godstransporter förekommer ligger inom ALARP-området upp till 40 meter från järnvägen. Då godstransporterna istället leds om till annan bana är risknivåerna generellt lägre och sjunker till acceptabla nivåer vid ett avstånd på 25 meter.



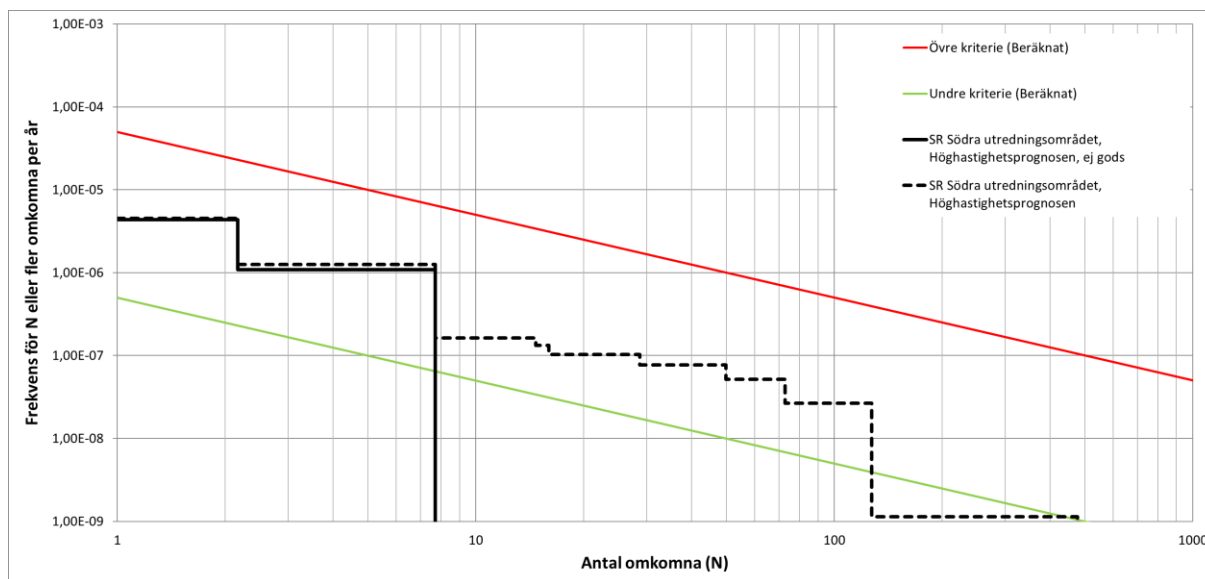
Figur 50. Individrisknivå längs aktuell delsträcka av Ostlänken med farligt gods-transporter enligt höghastighetsprognosen samt ett scenario där all godstrafik på Södra stambanan omleds till bana norr om Norrköping.

I Figur 50 syns hur individrisknivån längs aktuell delsträcka av Ostlänken påverkas om all godstrafik på Södra stambanan förläggs på bana norr om Norrköping.



Figur 51. Beräknad samhällsrisknivå för norra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan när godstrafik förläggs på en bana norr om Norrköping. Som referens ses den streckade linjen där godstransporterna fortfarande tillåts.

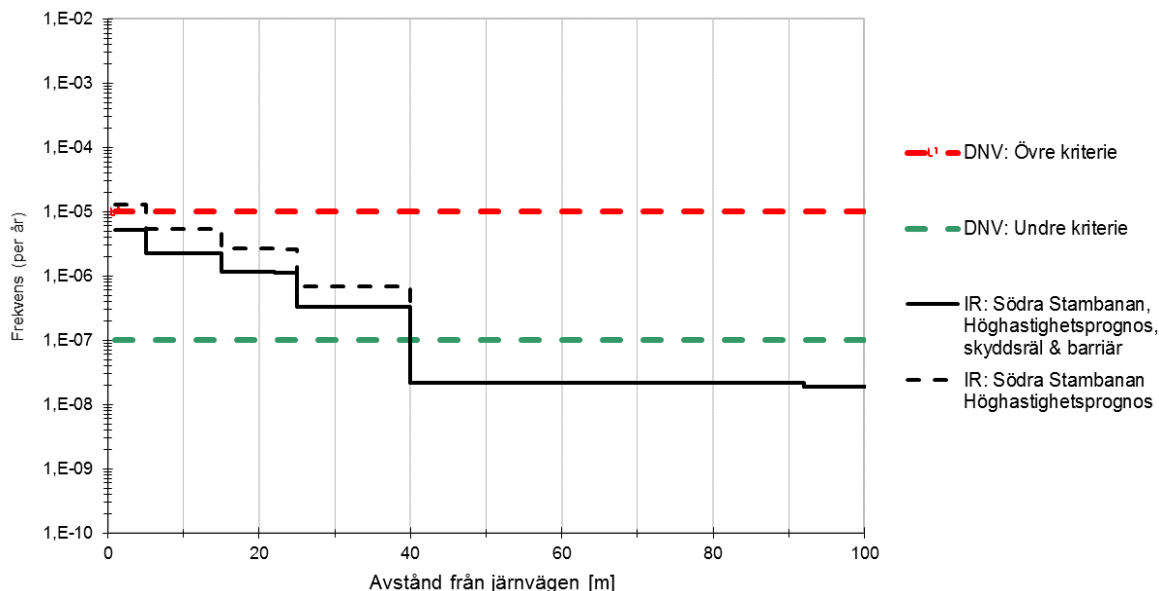
I Figur 51 syns hur samhällsrisknivån för norra utredningsområdet påverkas om alla godstransporter på Södra stambanan förläggs på en bana norr om Norrköping. Om så sker indikerar beräkningarna att samhällsrisknivån ligger inom ALARP-området. Med omledd godstrafik sjunker alltså risknivån från oacceptabelt hög till en nivå inom ALARP.



Figur 52. Beräknad samhällsrisknivå för södra utredningsområdet med avseende på järnvägstransporter på Södra stambanan när godstrafik förläggs på en bana norr om Norrköping. Som referens ses den streckade linjen där godstransporterna fortfarande tillåts.

I Figur 52 syns det att samhällsrisknivån för det södra utredningsområdet minskar markant för olyckor med fler än 8 omkomna. Urspårningsrisken medför dock att samhällsrisknivån fortfarande ligger inom ALARP-området.

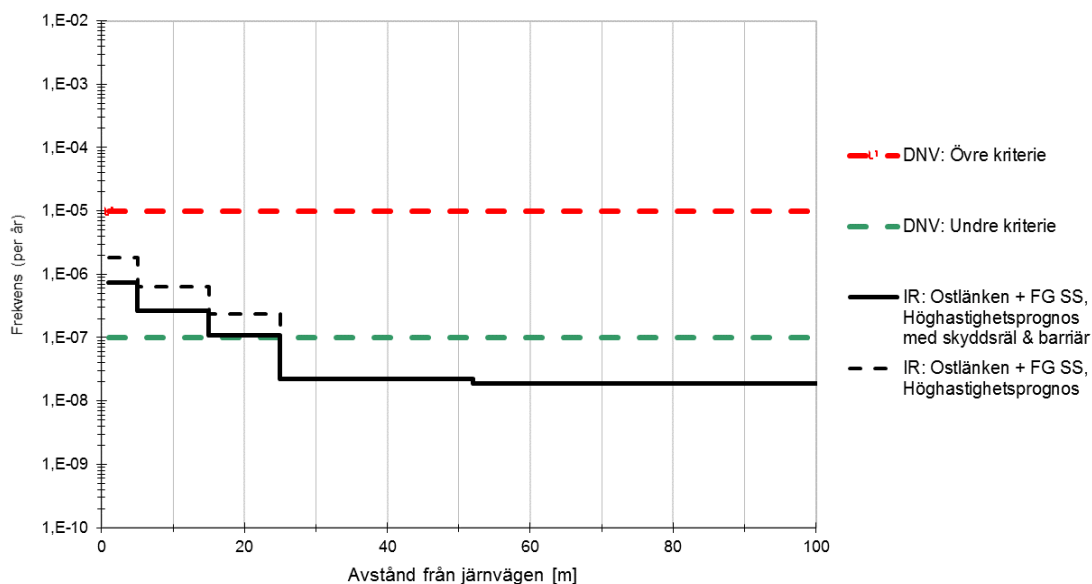
D.7 RISKNIVÅ VID REDUCERAD EFFEKT AV SKYDDSRÄL



Figur 53. Individrisknivån längs Södra stambanan med skyddsräl och barriär samt risknivå då dessa skyddsåtgärder uteblir (grundberäkning). Beräkningarna baseras på höghastighetsprognosen.

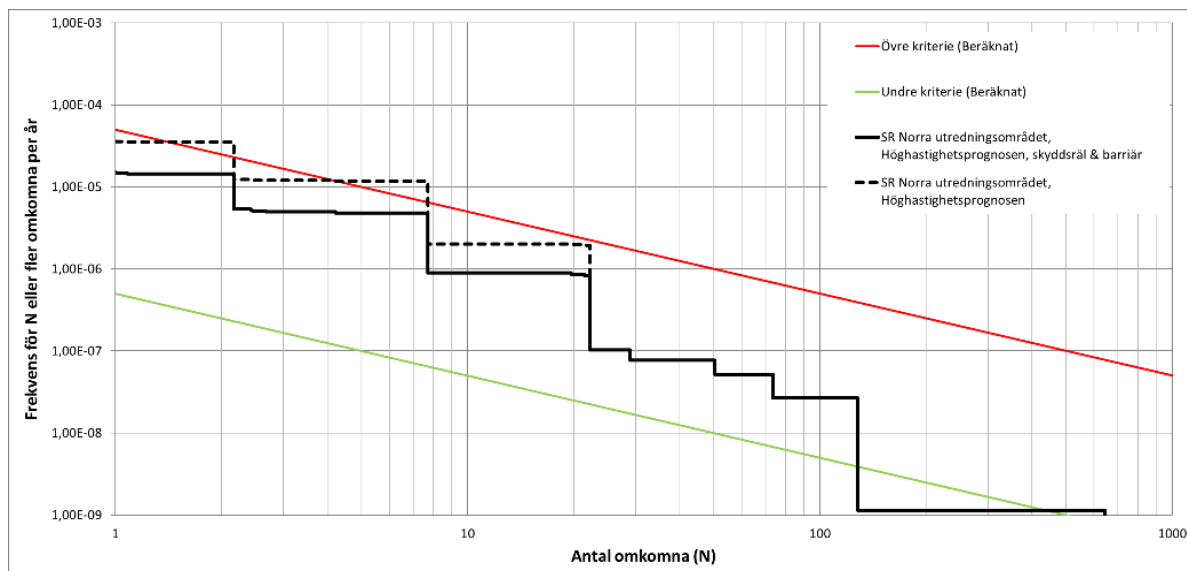
I Figur 53 illustreras individrisknivån längs Södra stambanan. Den streckade linjen visar individrisken utan skyddsräl och barriär medan den heldragna linjen visar risknivån med dessa båda skyddsåtgärder vidtagna. Även vid en lägre antagen effekt av skyddsrälen bidrar åtgärderna till en signifikant

minskning av risknivån. Individrisknivån uppskattas dock fortfarande ligga inom ALARP-området även efter åtgärderna har införts.



Figur 54. Risknivå för individen vid Ostlänken med skyddsräll och barriär samt risknivå då dessa skyddsåtgärder uteblir. Beräkningarna baseras på höghastighetsprognosen

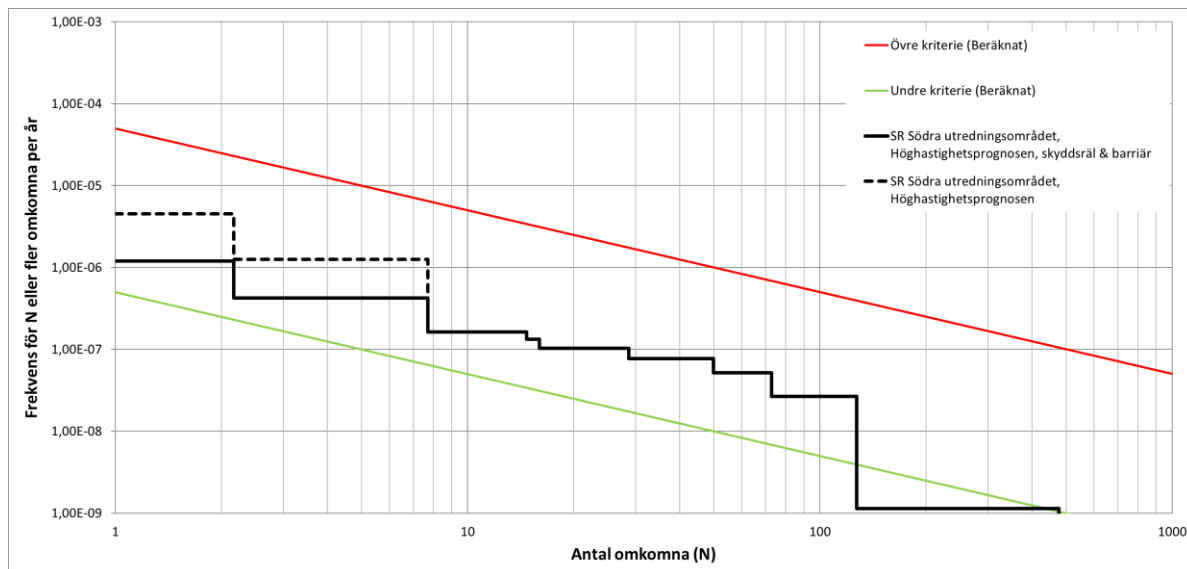
I Figur 54 illustreras individrisknivå längs Ostlänken. Den streckade linjen visar individrisken utan skyddsräll samt utan barriär medan den heldragna linjen visar risknivån med dessa båda skyddsåtgärder vidtagna. Även vid en lägre antagen effekt av skyddsrälen bidrar åtgärderna till en signifikant minskning av risknivån. Individrisknivån uppskattas dock fortfarande ligga inom ALARP-området även efter åtgärderna har införts.



Figur 55. Samhällsrisk inom det norra utredningsområdet med skyddsräll och barriär samt risknivå då dessa skyddsåtgärder uteblir. Beräkningarna baseras på höghastighetsprognosen

I Figur 55 illustreras samhällsriskens inom det norra utredningsområdet. Den streckade linjen visar samhällsriskens utan skyddsräll och barriär medan den heldragna linjen visar risknivån med dessa båda skyddsåtgärder vidtagna. Även vid en lägre antagen effekt av skyddsrälen bidrar åtgärderna till att

samhällsrisknivån inte längre når oacceptabla nivåer. Risknivån bedöms dock fortfarande ligga högt inom ALARP-området även efter åtgärderna har införts.



Figur 56. Samhällsrisk inom det södra utredningsområdet med skyddsräll och barriär samt risknivå då dessa skyddsåtgärder uteblir. Beräkningarna baseras på höghastighetsprognosen.

I Figur 56 ovan syns samhällsrisknivån för det södra utredningsområdet. Den streckade linjen visar samhällsrisknivån utan skyddsräll och barriär medan den heldragna linjen visar risknivån med dessa båda skyddsåtgärder vidtagna. Även vid en lägre antagen effekt av skyddsrällen bidrar åtgärderna till en signifikant minskning av samhällsrisknivån. Bidraget från farligt gods-olyckor medför dock att samhällsrisknivån fortfarande ligger inom ALARP-området.

E KOMPLETTERING ZON 8

E.1 BAKGRUND OCH SYFTE

Räddningstjänsten Östra Götaland har i ett remissyttrande gällande planprogrammet för Butängen och Johannisborg lämnat följande synpunkt:

"För de detaljplaner som i dagsläget är gällande för området längs Stockholmsvägen norr om Polishuset saknas det riskanalyser där individ- och samhällsrisk har kvantifierats. Användningen av området håller på att förändras från tidigare bilverkstäder och enklare industrier till att mer likna centrumverksamhet. Det finns hotell och samlingslokaler som redan etablerats här och som söker bygglov för att utöka exempelvis antalet hotellrum. Räddningstjänsten har i åtminstone två sådana bygglovsremisser påpekat behovet av att pröva markens lämplighet med avseende på risker från Södra stambanan. Så vitt kan bedöma tillgängligt underlag har den upprättade riskanalysen inte beaktat detta område, men det ser ut som att det innefattas i planområdet. Därmed anser räddningstjänsten att de är lämpligt att beakta detta område i den fördjupade analysen." [68]

Delområdet som avses i yttrandet har delvis redan avhandlats i aktuell riskbedömning och benämns som Zon 8. Dock omfattas en större område längs med Stockholmsvägen. Se nedanstående figur.



Figur 57. Slutsatser avseende Zon 8 (gulmarkerat i figuren) är även gällande för rödmarkerat område.

I tidigare versioner av denna riskbedömning var dock förutsättningen att enbart tåliga verksamheter, exempelvis parkeringshus, skulle förläggas inom Zon 8. Denna förutsättning har nu ändrats i och med den utökade zonen. Därför vill kommunen undersöka om det är möjligt att medge centrumverksamhet inom området. Syftet med denna komplettering är således att undersöka om den förändrade markanvändningen är lämplig ur en risksynpunkt samt vilka eventuella ytterligare skyddsåtgärder som kan bli nödvändiga. Ett vidare syfte med kompletteringen är att, med hänsyn till räddningstjänstens yttrande, förtydliga vilken riskpåverkan järnvägarna innebär för en utökad Zon 8.

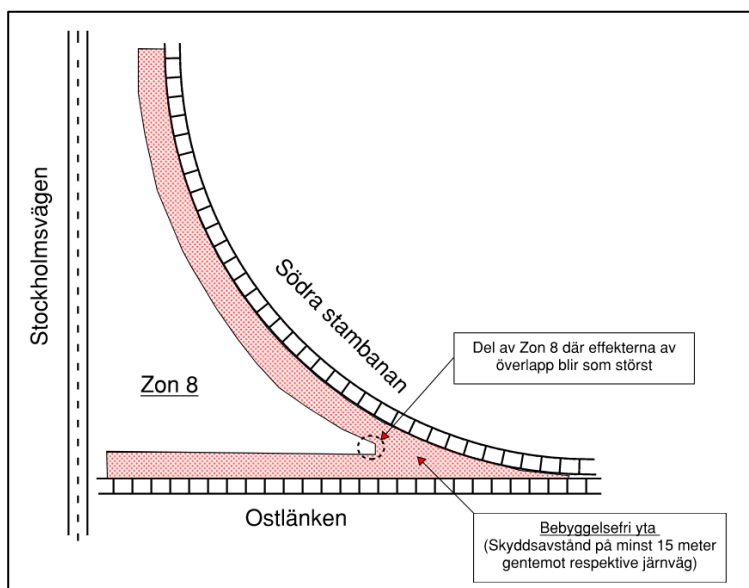
E.2 BEDÖMNING OCH REKOMMENDATION

Förutsättningarna för Zon 8 skiljer sig något i jämförelse med övriga undersökta delområden då järnvägarnas påverkansområde i detta fall kommer att överlappa i en högre utsträckning. Längs med det aktuella delområdet går även Södra stambanan i en ytterkurva vilket kan innebära att sannolikheten för mekanisk skada i samband med urspårning ökar.

En förändrad tilltänkt markanvändning inom Zon 8, dvs. från parkeringshus till centrumbebyggelse, kan förväntas medföra att fler människor kommer att vistas inom området samt att närvarograden blir högre. Utifrån detta rekommenderas att de gemensamma åtgärderna som föreslogs för Zon 1-6, se avsnitt 6.7.1, även vidtas här:

- Skyddsräll
- Barriär i form av stödmur eller kantbalk (cirka 700 mm i höjd)
- Skyddsavstånd om 15 meter från järnvägsanläggningen (motsvarar 18,5 meter mätt från spårmit)
- För nya byggnader ska friskluftsintag placeras så att de vetter bort från järnvägen
- Disponering av planområdet

Baserat på de beräknade individrisknivåerna i Figur 17 och Figur 18 kommer effekterna av överlapp enbart vara signifikanta när det inbördes avståndet mellan järnvägarna understiger 40 meter. Givet det rekommenderade skyddsavståndet på 15 meter kommer effekterna av överlapp vara störst inom de delar av Zon 8 som ligger exakt 15 meter ifrån respektive järnväg, se Figur 58. Beräkningarna i Figur 17 och Figur 18 indikerar dock att individrisknivån på detta avstånd från Södra stambanan är drygt en faktor 10 högre jämfört med motsvarande för Ostlänken. Dvs. riskpåverkan från Södra stambanan kommer i princip att vara helt styrande givet att skyddsavståndet på minst 15 meter upprätthålls gentemot respektive järnväg och tillkommande bebyggelse. Effekterna av eventuella överlapp bedöms därmed bli förhållandevis små.



Figur 58. Illustration över järnvägens placering i förhållande till Zon 8.

Utifrån dessa förutsättningar bedöms även den beräknade samhällsrisknivån för den norra utredningsområdet givet skyddsåtgärder (högt inom ALARP-området) vara representativ för Zon 8, se Figur 19 och Figur 20. Sammantaget bedöms det därmed rimligt att vidta samma skyddsåtgärder (utöver de gemensamma i avsnitt 6.7.1) inom Zon 8 som inom Zon 1 med hänsyn till riskpåverkan från Södra stambanan:

- Inom 15 till 40 meter från Södra stambanan ska endast tåliga verksamheter tillåtas.
- Husfasader och tak närmst och inom 40 meter från Södra stambanan utförs i brandteknisk klass EI 30 eller högre samt att fönster och glaspartier utförs i lägst EW 30.
- Bortom 40 meter kan även mindre känslig och känslig verksamhet tillåtas.

Vidare ska samtidigt följande skyddsåtgärder beaktas vid utformningen av Zon 8 med hänsyn till riskpåverkan från Ostlänken:

- Inom 15-25 meter från Ostlänken ska endast tåliga verksamhet tillåtas.
- Inom 25-30 meter från Ostlänken kan mindre känslig verksamhet tillåtas.
- Bortom 30 från Ostlänken kan även känslig verksamhet tillåtas.

Då den utökade Zon 8 utgör ett förhållandevis litet delområde kommer den rekommenderade markanvändningen utifrån riskpåverkan från Södra stambanan nästan bli helt styrande för utformningen av området, särskilt för den tillkommande delen av zonen. Notera att om kommunen väljer att enbart tillåta tåliga verksamheter, exempelvis parkeringshus, inom Zon 8 behöver enbart de redovisade skyddsåtgärderna i avsnitt 6.7.9 vidtas.

F REFERENSER

- [1] WSP, "Riskbedömning för Norrköpings resecentrum - Järnvägstrafik och transport av farligt gods på väg," WSP, 2015.
- [2] Sweco Viak, "Riskbedömning resecentrum - beskrivning av skillnader i risknivå mellan upphöjt läge och markläge för planerat resecentrum," 2412407000, 2008.
- [3] Bengt Dahlgren Brand & Risk AB, "Linköpings kommun och Norrköpings kommun resecentrum, Riskbedömning nya resecentrum," Projektnr 6071201, 2010-08-27.
- [4] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4," Länsstyrelsen i Stockholms län - Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [5] C. Granström, *Handläggare skydd mot olyckor, Länsstyrelsen i Östergötland*, Information erhållen via epost 2017-10-26.
- [6] Norrköpings kommun, Trafikverket, Räddningstjänsten Östra götaland och WSP, "Samrådsmöte gällande fördjupad riskanalys för Norrköpings resecentrum," Kommunhuset Rosen, Norrköping, 2017-09-14.
- [7] Trafikverket, "Ostlänken delprojekt OLP2 för OLP0, PM Skyddsavstånd, Skyddsavstånd från höghastighetsjärnväg till vägar och bebyggelse," TRV 2014/100686, 2017-03-06.
- [8] Advisory Council on Dangerous Substances, "Guidelines for quantitative risk assessment, "Purple book", CPR18E," Ministry of Transport (NL), 2005.
- [9] SCB - Statistiska centralbyrån, "Statistikdatabasen," [Online]. Available: <http://www.statistikdatabasen.scb.se/>. [Använd 11 01 2018].
- [10] WSP, "Underlagsrapport till miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsplan, Mälardalen Huvudsta-Duvbo, Solna, Stockholm och Sundbybergs kommuner, Stockholms län," TRV 2015/87751, 2018.
- [11] Länsstyrelsens i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [12] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, *MSBFS (2016:9) föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg (RID-S)*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2016.
- [13] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, *MSBFS (2016:8) föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng (ADR-S)*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2016.
- [14] Trafikanalys, "Bantrafik 2016 - Statistik 2017:21," 2017.
- [15] Johan Häggström, *Projekt Ostlänken, Norrköping station - indata till fördjupad riskutredning*, Trafikverket, 2017-10-06.
- [16] Anders Nilsson, *Utdrag från LUPP, statistik över farligt gods-transporter Södra Stambanan (Norrköping - Åby) samt (Linköping - Norrköping)*, Trafikverket, Erhållen via epost 2017-11-28.

- [17] Mikael Sonesson, *Trafikeringsprognoser*, Norrköpings kommun, Erhållen via mejl 2017-11-28.
- [18] Trafikverket, "Underlagsrapport disaggregering av prognos för godstransporter 2040 till Bansek, EVA, Sampers/Samkalk och Ten tec," Trafikverket, 2016.
- [19] Trafikanalys TRAFKA, "Bantrafikskador 2015, Statistik 2016:20," 2016.
- [20] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [21] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [22] Trafikanalys, "Bantrafikskador 2015," Trafikanalys, Stockholm, 2015.
- [23] E. Sparre, "Urspårningar, kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985-1995," Inst. för Matematisk statistik, LTH, 1995.
- [24] FAVEO Projektledning AB, "Säkerhetsvärdering (Varbergstunnlen) (101107-22-025-112), Bilaga 2 Konsekvensbedömningar," Trafikverket, Göteborg, 2016.
- [25] International Union of railways (UIC), "Final report UIC - Projects - Guardrails," UIC, Frankfurt, 2013.
- [26] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [27] CPR 18E, Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book', 1999.
- [28] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [29] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [30] Trafikverket, "Skyddsräler - Regler för anordnande och konstruktiv utformning (TDOK 2014:0389)," Trafikverket, 2014.
- [31] T. Morimura, *Recent Advances in Research and Development for the Tokaido Shinkansen*, Journal of Mechanical Systems for Transportation and Logistics, vol. 6, nr 2, pp. 90-99, 2013.
- [32] California High-Speed Train Project, *Design Criteria (Book 3, Part C, Subpart 1)*, California High-Speed Rail Authority, 2012.
- [33] Wuz risk consultancy AB, *Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods - Översiktlig riskanalys av transporter med farligt gods på väg och järnväg i Borås Stad*, Borås, 2016.
- [34] M. Sonesson, *Planarkitekt Norrköpings kommun*, Information erhållen via epost 2018-01-26.
- [35] R. Olsson, Interviewee, *Avdelningschef och sakkunnig brokonstruktion*. [Intervju]. 13 04 2018.
- [36] B. Magnusson, Interviewee, *Bygg- och projektledare, sakkunnig brokonstruktion*. [Intervju]. 19 01 2018.
- [37] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.

- [38] Transportstyrelsen, "Säkerhetsrapport järnväg, Transportstyrelsens årsrapport för 2016," TSG 2017-2928, 2017.
- [39] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [40] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [41] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [42] F. Nystedt, *Riskanalyismetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [43] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [44] Transportstyrelsen, "Säkerhetsrapport järnväg - Transportstyrelsen årsrapport 2016 (2017-2928)," Transportstyrelsen, 2017.
- [45] Trafikanalys (Trafa), "Bantrafik 2016," Trafa, Stockholm, 2017.
- [46] Trafikanalys (Trafa), *Bantrafik 2012*, Stockholm, 2013.
- [47] Anna Lundahl, *Norrköping Alt linje 100*, Sweco, 2017-06-26.
- [48] Mikael Sonesson, Norrköpings kommun, Muntligen 2016-01-16.
- [49] Bäckmans verkstäder, "Citybanan i Stockholm, T0-0203-0303-04 Bilaga konsekvensanalys tunnlar," Banverket, Stockholm, 2005.
- [50] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [51] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [52] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [53] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [54] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [55] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [56] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [57] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [58] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [59] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.

- [60] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [61] Stefan Lamnevik AB, "Verkan av explosioner i det fria," 2010.
- [62] Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker," Tumba, 1997.
- [63] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [64] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [65] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [66] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [67] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [68] Räddningstjänsten Östra Götaland, *Remissyttrande gällande planprogram för Södra Butängen och Johannisborg, Norrköpings kommun (Diarenr RÖG-2019/0302 214), Norrköping, 2019.*
- [69] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [70] A. Bergensund, *Risikanalysmetoder för höghastighetsjärnväg*, Uppsala: Uppsala universitet , 2016.



UPPDRAGSNAMN
Kvantitativ riskbedömning avseende Resecentrum,
Norrköpings kommun

UPPDRAGSNUMMER
10204217

FÖRFATTARE
Emelie Laurin, Olov Holmstedt Jönsson, Henrik Selin, Erik
Svedberg

DATUM
2021-09-27

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 36 500 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 3 700 medarbetare. www.wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

