

VARBERGS FASTIGHETS AB

RISKBEDÖMNING FÖR DETALJPLAN TORPA-KÄRRA 15:9, VARBERGS KOMMUN

2022-04-22

wsp

Riskbedömning för detaljplan

Torpa-Kärra 15:9, Varbergs kommun

KUND

Varbergs Fastighets AB

KONSULT

WSP Sverige AB

371 21 Karlskrona
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

WSP Brand & Risk

Fredrik Larsson, fredrik.j.larsson@wsp.com

Anton Petersson, anton.petersson@wsp.com

Varbergs Fastighets AB

Helen Treslow, helen.treslow@varberg.se

PROJEKT
Riskbedömning för detaljplan

UPPDRAGSNAMN
Torpa-Kärra 15:9

UPPDRAGSNUMMER
10338052

FÖRFATTARE
Anton Petersson

DATUM
2022-04-22

GRANSKAD AV
Gustav Nilsson

GODKÄND AV
Fredrik Larsson

Sammanfattning

WSP har av Varbergs Fastighets AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med ny detaljplan för fastigheten Torpa-Kärre 15:9 i Varbergs kommun, där Tångaberghsskolan (F-9) planeras byggas. Öster om fastigheten löper Västkustbanan, som är transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan exploateringsbar yta och farligt gods-leden är ca 30 meter med anledning av utbredning av befintlig vall i östra delen av planområdet.

I publikationen *Risikanalyser av farligt gods i Hallands län* ges riktlinjer för samhällsplaneringen i närhet av länets farligt gods-leder, där Västkustbanan särskilt belyses. Fastighetens närhet till järnvägen, samt att större skola planeras uppföras inom fastigheten, innebär ett behov av särskild riskbedömning.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

Resultaten av riskbedömningen påvisar behov av riskreducerande åtgärder för att beräknade risknivåer ska anses vara acceptabla. Förslag till åtgärder enligt nedan baseras på åtgärder angivna i länsstyrelsens riktlinjer:

- Resultaten bygger på att den befintliga vallen i östra delen av fastigheten bibehålls för att motstå mekanisk påverkan från urspårande tåg samt för att motverka eventuella vätskeläckage i riktning mot planområdet. Plank och stängsel/staket ska ses över så att spårspång motverkas.
- Ett bebyggelsefritt avstånd om minst 30 meter ska upprättas från järnvägens närmsta spår.
- Fasader (samt fönster och andra komponenter) och tak som vetter mot järnvägen ska utföras i obrännbara material i lägst brandklass E 30 inom 40 meter från närmsta spår. Placeras byggnation bortom 40 meter från närmsta spår erfordras ej brandklassning.
- Ventilationsåtgärder ska vidtas i form av högt placerade och från järnvägen bortvända tilluftsintag i kombination med central nödavgångsfunktion för ventilationen. Därtill ska organisation tillses finnas inom verksamheten för att vid behov kunna stänga ventilation, dörrar och fönster vid t.ex. ett VMA.
- Utrymningsmöjligheter ska finnas i riktning bort från järnvägen för att personer ska kunna utrymma till en säker miljö. Huvudentré bör placeras så långt ifrån järnvägen som möjligt och i riktning västerut. Notera att utrymningsvägar får finnas i riktning österut i det fall det krävs avseende byggnadens brandskyddsförutsättningar. Minst en utrymningsmöjlighet ska dock finnas i riktning västerut för respektive del med anledning av närhet till järnvägen.
- Området mellan järnvägen och bebyggelsen ska utformas så att den inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Lokalgata och personalparkering etc. medges dock inom denna yta.
- Skolgård, uteplatser och lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 40 meter från järnvägen. Med fördel placeras skolgård väster om skolbyggnad så att byggnaden utgör ytterligare barriär mellan järnväg och personer som vistas utomhus.
- Eventuell förskola bör placeras så långt västerut som möjligt inom fastigheten, med ett skyddsavstånd om minst 150 meter till järnvägen. Med den placeringen bedöms inga ytterligare skyddsåtgärder erfordras för förskolan.

Givet implementering av ovanstående riskreducerande åtgärder i den kommande detaljplaneringen bedöms skolverksamhet kunna medges inom fastigheten.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
1.1	SYFTE OCH MÅL	5
1.2	OMFATTNING	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	UNDERLAGSMATERIAL	8
1.6	INTERNKONTROLL	8
2	OMRÅDESBESKRIVNING	9
2.1	OMGIVNING	9
2.2	PLANOMRÅDET	10
2.3	VÄSTKUSTBANAN	11
2.4	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	11
3	RISKIDENTIFIERING	12
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	12
3.2	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ VÄSTKUSTBANAN	12
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	12
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	13
4.1	INDIVIDRISKNIVÅ	14
4.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ	15
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	16
5.1	BASKRAV ENLIGT LÄNSSTYRELSENS RIKTLINJER	16
5.2	SKYDDSÅTGÄRDER FÖR ANVÄNDNING TÄTORT	16
5.3	BEDÖMD RISKNIVÅ MED VIDTAGNA ÅTGÄRDER	18
6	DISKUSSION	19
7	SLUTSATSER	20
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	21
BILAGA B.	FREKVENSBERÄKNINGAR	22
BILAGA C.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	32
BILAGA D.	REFERENSER	38

1 INLEDNING

WSP har av Varbergs Fastighets AB fått i uppdrag att upprätta en riskbedömning i samband med ny detaljplan för för skolverksamhet inom fastigheten Torpa-Kärra 15:9 i Varbergs kommun. Inom fastigheten prövas möjligheten att uppföra Tångaberghsskolan (F-9). Öster om fastigheten löper Väst kustbanan, som är transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan exploateringsbar yta och farligt gods-leden är ca 30 meter.

I publikationen *Ris kanalys av farligt gods i Hallands län* [1] ges riktlinjer för samhällsplaneringen i närhet av länets farligt gods-leder, där Väst kustbanan särskilt belyses. Fastighetens läge i förhållande till järnvägen, samt planerad användning av området, innebär enligt riktlinjerna ett behov av en särskild riskbedömning. I begreppet riskbedömning innefattas riskanalys (riskinventering och riskuppskattning) samt riskvärdering och vid påvisat behov förslag på riskhanteringsstrategier såsom riskreducerande åtgärder.

Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

- Vad kan inträffa? (riskidentifiering)
- Hur ofta kan det inträffa? (frekvensberäkningar)
- Vad är konsekvensen av det inträffade? (konsekvensberäkningar)
- Hur stor är risken? (riskuppskattning)
- Är risken acceptabel? (riskvärdering)
- Rekommenderas åtgärder? (riskreduktion)

Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg och de metoder som använts i riskbedömningen redogörs för i Bilaga A.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med urspårning samt transport av farligt gods på Väst kustbanan. 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 eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

1.4 STYRANDE DOKUMENT

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

1.4.1 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§)

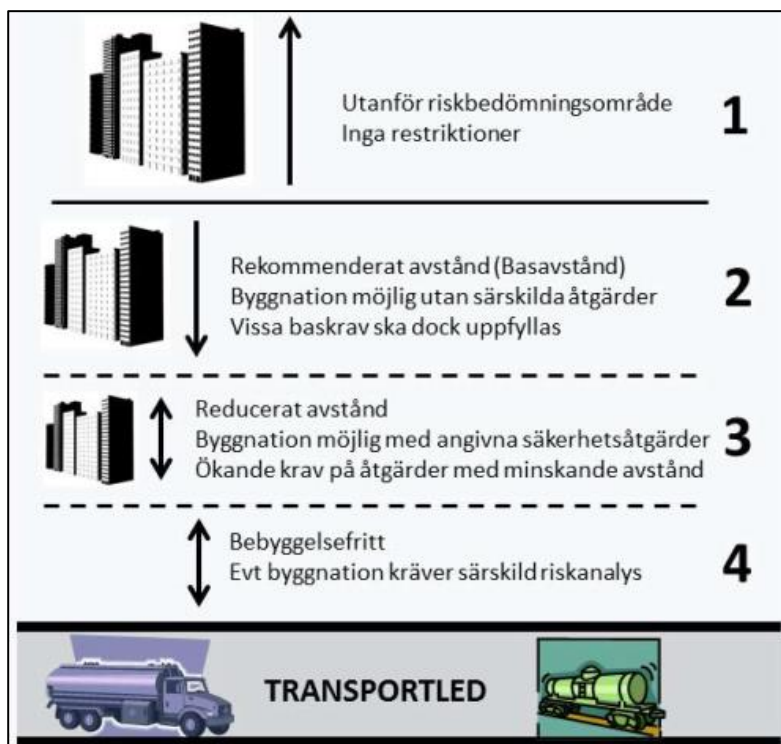
Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till [...] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (PBL 2010:900. 2 kap.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

1.4.2 Riktlinjer

Länsstyrelsen i Hallands län har tagit fram riktlinjer avseende avstånd och säkerhetshöjande åtgärder kring transportleder för farligt gods. Dessa återfinns i Bilaga A till rapporten *Risikanalyt av farligt gods i Hallands län* [1].

De riktlinjer avseende avstånd samt säkerhetshöjande åtgärder som Länsstyrelsen tagit fram är avsedda att hantera risker med farligt gods. Avsikten med riktlinjerna är att flertalet planärenden ska kunna hanteras utan att ytterligare riskanalyser genomförs. I det fall avsteg från riktlinjerna görs ska fördjupade riskbedömningar ligga till grund för beslut om lämpligheten med planerad markanvändning.

Kring transportlederna delas området upp i fyra zoner enligt riktlinjerna, se vidare Figur 1.



Figur 1. Principer för riktlinjer avseende avstånd och säkerhetshöjande åtgärder utmed transportled för farligt gods.

—————	Fast gräns för riskutredningsavstånd 150 meter från transportled
- - - -	Rörliga gränser för <i>basavstånd</i> , <i>reducerat avstånd</i> och <i>bebyggelsefritt</i> . Avstånd från transportled beror på användningsområde och kategori av transportled

Rekommenderat avstånd (Basavstånd) anger ett rekommenderat avstånd mellan transportleder och olika användningsområden. Avståndet varierar beroende på typ av transportled och användningsområde. Om avståndet upprätthålls krävs inga ytterligare åtgärder. Dock ska vissa baskrav vara uppfyllda enligt tabell A.3 i riktlinjerna.

Reducerat avstånd anger ett avstånd där byggnation är möjlig med angivna åtgärder. Avstånd och åtgärder varierar beroende på transportled och användningsområde. För att byggnation ska vara möjlig krävs att säkerhetshöjande åtgärder vidtas enligt riktlinjerna. Inom reducerat avstånd ska baskraven uppfyllas enligt ovan samt specifika åtgärder enligt tabell A.4-A.7 i riktlinjerna. Vilken åtgärdstabell som är relevant beror på användningsområde.

Bebyggelsefritt avstånd anger ett minimiavstånd som varierar beroende på transportled och användningsområde. Det bebyggelsefria avståndet varierar även, beroende på åtgärder enligt förutsättningarna gällande för *Basavstånd/Reducerat avstånd* enligt avsnitten ovan, på så sätt att mindre bebyggelsefritt avstånd accepteras om baskraven uppfylls enligt riktlinjernas tabell A.3 samt om åtgärder vidtas för reducerat avstånd enligt riktlinjernas tabell A.4-A.7.

Basavstånd och reducerade avstånd till Västkustbanan framgår av Tabell 1.

Tabell 1. Redovisning av Basavstånd/Reducerat avstånd för respektive typbebyggelse utmed Västkustbanan. Avstånd räknas från närmsta räls.

Typ av bebyggelse	Basavstånd (m)/ Reducerat avstånd (m) utmed Västkustbanan	Kommentar Torpa-Kärra 15:9
Bebyggelsefritt	30/20	Ska uppfyllas.
Industri	50/20	Ej aktuell användning.
Kontor	50/20	Ej aktuell användning
Småhus	80/50	Ej aktuell användning.
Tätort (inkluderar skola)	80/30	Uppfylls ej. Exploateringsbar yta börjar ca 30 meter från järnvägen och skolbyggnaden önskas placeras inom 80 meter från järnvägen.
Bortre gräns - riskutredning för angivna typområden	150	Uppfylls ej. Fastigheten ligger delvis inom 150 meter från järnvägen. Särskild riskbedömning upprättas.
Bortre gräns - mycket känsliga användningsområden	Ingår inte i riktlinjerna. Särskild riskutredning ska göras.	Med anledning av att det är en större skola som planeras inom fastigheten upprättas denna särskilda riskbedömning.

1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras huvudsakligen på följande underlag:

- Baskarta för fastigheten
- Riskanalys av farligt gods i Hallands län [1]
- Trafikprognos för 2040 [2]

1.6 INTERNKONTROLL

Rapporten är utförd av Anton Petersson (Brandingenjör/Civilingenjör i Riskhantering) med Fredrik Larsson (Brandingenjör/Civilingenjör i Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, 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 Gustav Nilsson (Brandingenjör/Civilingenjör i Riskhantering).

2 OMRÅDESBESKRIVNING

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet med omgivning med syfte att redogöra för de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

2.1 OMGIVNING

Figur 2 visar hur omgivningen ser ut runt planområdet.



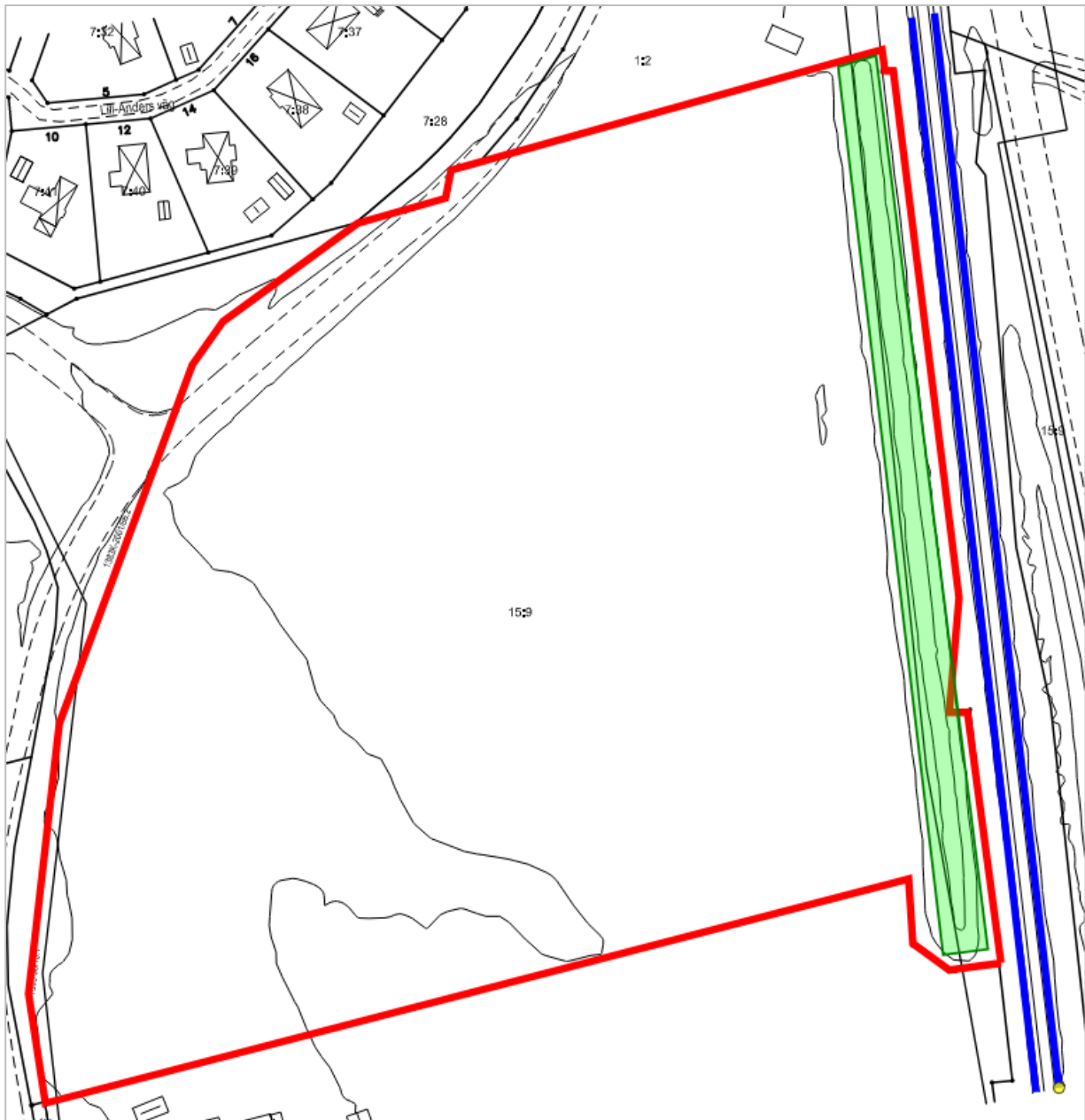
Figur 2. Omgivning runt planområde, med västkustbanan utmärkt.

Norr om planområdet ligger tätorten Kärradal, vars campingplats finns utmärkt på Figur 2. Området öster om planområdet och Västkostbanan är skogbevuxet och till största delen obebyggt. Söder om planområdet ligger tätorten Tångaberg. I väster råder samma förhållanden som i öster.

Planområdet är ca 50 000 m² stort och består idag av åkermark. De närmaste bostäderna är enskilda villor och gårdar. Den stora, grå byggnaden direkt söder om planområdet är en industribyggnad.

2.2 PLANOMRÅDET

Figur 3 visar planområdets utformning på baskartan.



Figur 3. Planområdet på baskarta. Röd linje visar plangränserna, blåa linjer visar rälsen och grön yta visar befintlig vall.

Skolbyggnadens placering är i detta skede ej fastställt och är därför inte utritad på baskartan. Mellan Väst kustbanan och planområdet ligger en befintlig vall med en höjd om ca 2-3 meter. Vallen är delvis krönt av ett rejält träplank, som syftar till att dämpa ljudet från de passerande tågen på Väst kustbanan. Där plank inte är uppsatt är vallen trädbevuxen (södra delen av vallen).

2.3 VÄSTKUSTBANAN

Ca 30 meter öster om planområdet löper Västkostbanan, vilken utgör transportled för farligt gods. Samtliga farligt gods-klasser är representerade på Västkostbanan och år 2040 förväntas ca 80 persontåg och 20 godståg passera området per vardagsmedeldygn [2]. I höjd med planområdet har banan 2 spår, utan växlar och plankorsningar.

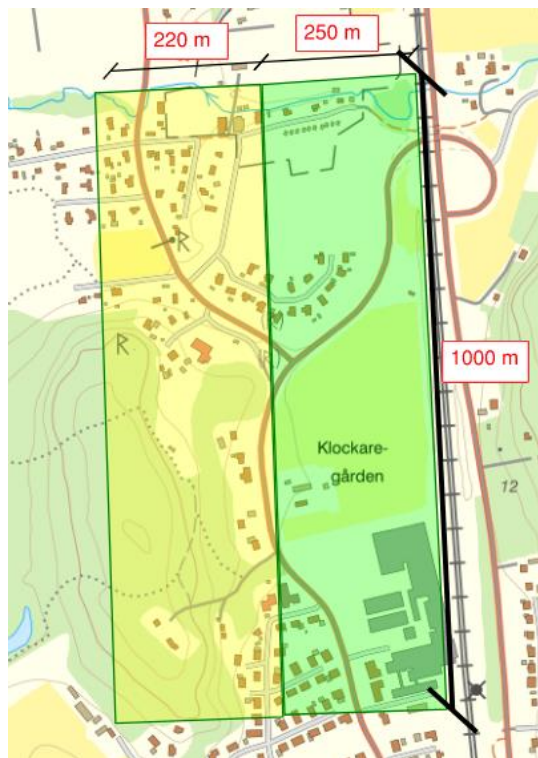
Hastigheten antas uppgå till maximalt 200 km/h i båda riktningarna i höjd med planområdet [3].

2.4 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Utöver den planerade Tångabergrsskolan är området glesbebyggt med en uppskattad persontäthet på 250 personer/km² dagtid, såväl som nattetid [4]. På skolan förväntas det vistas 950 personer dagtid och 0 personer nattetid. I och med att Tångabergrsskolan medför en hög persontäthet på ett litet område, delas närområdet upp i två zoner som underlag för riskberäkningarna. De uppskattade persontätheterna varierar från zon till zon enligt Tabell 2 och Figur 4.

Tabell 2: Zonindelning av planområdet. Zon 1 innehåller Tångabergrsskolan.

Zon	Avstånd från järnväg (början av zon-slutet på zon) (m)	Persontäthet dagtid (pers/km ²)	Persontäthet nattetid (pers/km ²)
1	30–280	4200	250
2	280–500	250	250



Figur 4. Zonindelning av planområdet med omgivning.

Anledningen till att zonerna ser ut som de gör är av beräkningstekniska skäl. Beräkningarna görs ensidiga, det vill säga hänsyn tas enbart till ena sidan av järnvägen.

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

Identifieringen av potentiella riskkällor grundar sig i litteratur- och kartstudier. Den riskkälla som bedöms påverka risksituationen i planområdet är olyckor med urspårning samt farligt gods-transporter på Västkustbanan.

Inga farliga verksamheter, Sevesoanläggningar etc. har identifierats i planområdets omgivning.

3.2 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ VÄSTKUSTBANAN

På Västkustbanan förekommer transporter av samtliga farligt gods-klasser. Uppskattning av förekommande mängder och andelar av olika farligt gods-klasser görs enligt Bilaga B.2 i Riskanalys av farligt gods i Hallands län [1].

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se Bilaga B.2, bedöms farligt gods-klasserna 1, 2, 3 och 5 vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen.

Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 3.

Tabell 3. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer baserat på rådande förutsättningar.

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

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transport/urspårning.

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 förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [5]. Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

Risker som klassificeras som **oacceptabla** värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

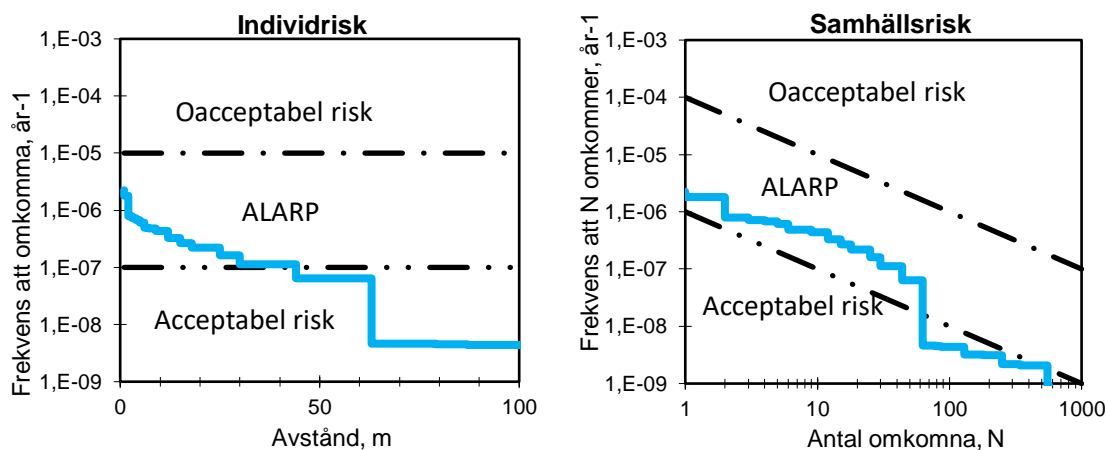
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.

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

I Tabell 4 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 5.

Tabell 4. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

Riskmått	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
Individrisk	$< 10^{-7}$	10^{-7} till 10^{-5}	$> 10^{-5}$
Samhällsrisk	$< 10^{-6}$	10^{-6} till 10^{-4}	$> 10^{-4}$



Figur 5. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [5].

Individrisk – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas i en specifik plats omkommer. Individriska är platspecifika och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmålet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk.

Individriska redovisas ofta med en individriska profil (t.v. i Figur 5) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

Samhällsrisk – Beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. 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.

Samhällsriska redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 5) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarioerna.

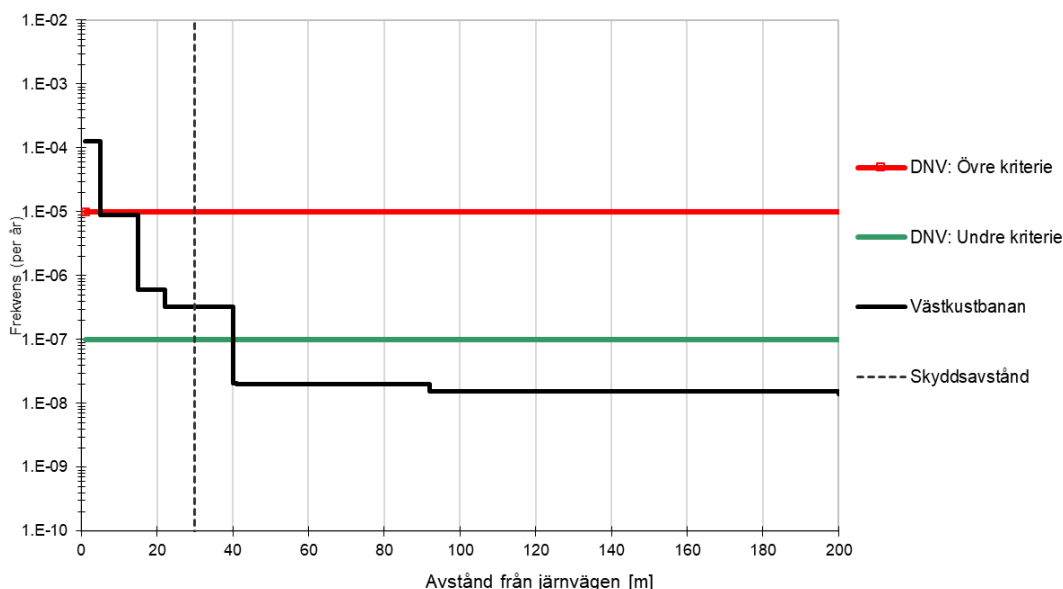
Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten, individriska och samhällsriska, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas.

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [6] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga B.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga C.

4.1 INDIVIDRISKNIVÅ

Nedan illustreras individriska för aktuellt område.

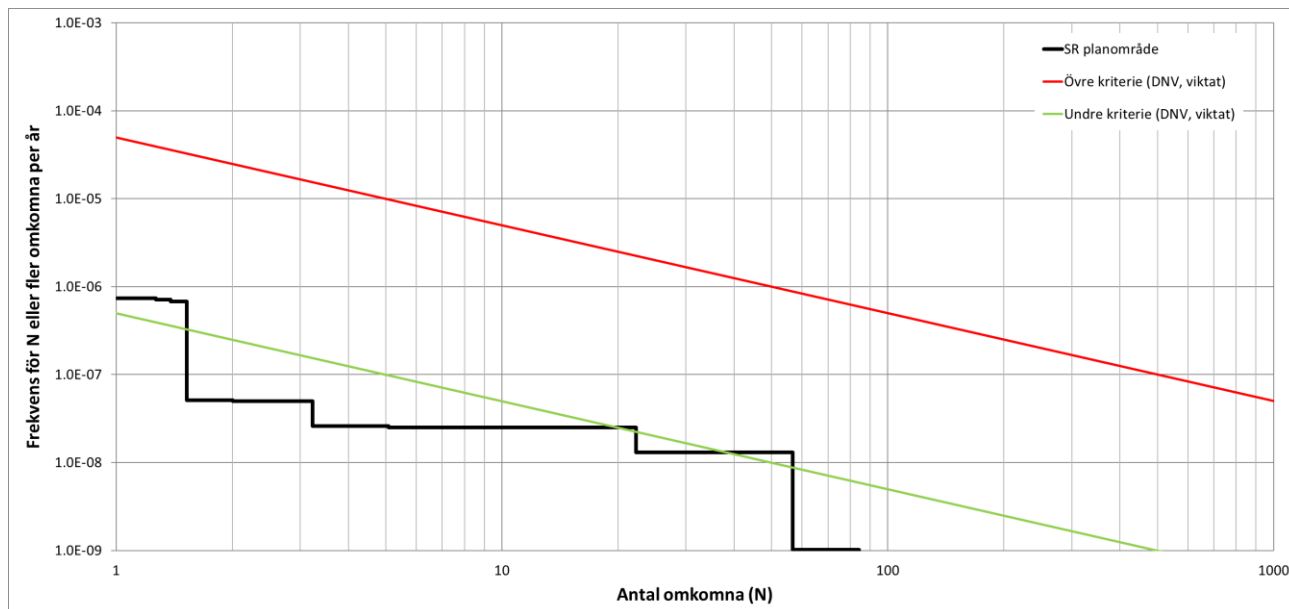


Figur 6. Individriska med avseende på farligt gods-transporter på Väst kustbanan.

De vågräta linjerna markerar övre och undre gränser för ALARP-området. Ur figuren kan utläsas att risken ligger inom ALARP-området mellan 30 och 40 meter från närmaste räls. Detta är alltså avståndet mellan vällen och 10 meter in på planområdet. Efter 40 meter blir risknivån acceptabel. Mellan vällen och järnvägen är risknivån antingen oacceptabel eller inom ALARP-området. Beräkningen bygger på att vällen står kvar och risknivån kan förväntas bli högre i närheten av spårområdet om vällen tas bort ur beräkningarna.

4.2 SAMHÄLLSRISKNIVÅ

Nedan illustreras samhällsrisknivån för aktuellt område.



Figur 7. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Väst kustbanan.

I Figur 7 illustreras samhällsrisknivån för aktuellt område. Ur figuren kan utläsas att risknivån delvis ligger inom ALARP-området. Samhällsrisknivån är annars acceptabel. Detta innebär att riskreducerande åtgärder bör övervägas.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Riskuppskattning och riskvärdering i kapitel 4 gör gällande att åtgärder krävs avseende planerad markanvändning på föreslagna avstånd från riskkällan.

I *Risicanalys av farligt gods i Hallands län* anges ett antal riskreducerande åtgärder för planerad markanvändning på olika avstånd från Västkustbanan [1]. Det har tidigare i rapporten redovisats att basavstånd enligt riktlinjerna inte till fullo uppfylls. För att identifiera lämpliga åtgärder och studera effekten av dem, tas utgångspunkt i de baskrav och skyddsåtgärder som ska vidtagas vid reducerade avstånd enligt riktlinjerna. Anpassning sker, baserat på lokala förutsättningar och beräknade risknivåer, för att riktlinjernas funktionskrav ska uppfyllas.

5.1 BASKRAV ENLIGT LÄNSSTYRELSENS RIKTLINJER

I Tabell 5 nedan presenteras de baskrav som ställs på all bebyggelse inom 150 meter från transportled för farligt gods. Därtill ges kommentarer om respektive funktionskrav specifikt för Kv. Torpa-Kärra.

Tabell 5. Baskrav som ska uppfyllas vid all byggnation inom 150 meter (baserad på tabell A.3 i riktlinjerna).

Funktionskrav	Åtgärd	Kommentar avseende Torpa-Kärra 15:9
Förhindra att vätska rinner in på området Val av barriär kan till exempel påverkas av områdets utformning, vem som äger marken/befintliga barriärer/skydd.	Vid all byggnation inom 60 meter från led ska området i så stor utsträckning som möjligt, utformas på ett sätt som motverkar spridning av vätska in mot området. Detta kan göras med hjälp av något av nedanstående: <ul style="list-style-type: none">- Vall- Plank som är tätt i nedkanten- Dike Alternativt kan funktionen vara uppfylld genom naturliga höjdskillnader.	Befintlig vall förhindrar vätska från att rinna in på området.
Minska risk för punktering av tank	Vid all byggnation inom 60 meter från led ska sidoområdet längs med leden utformas på ett sätt som begränsar konsekvensen av ett avåkande fordon (sidoområdet fritt från oeftergivliga och spetsiga föremål).	I dagsläget är området på och runt järnvägen utfört utan oeftergivliga och spetsiga föremål. Vallen bedöms vara utformad så att den begränsar konsekvensen av urspårande tåg.
Reducera konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	Vid all byggnation inom riskutredningsavståndet (150 meter) ska möjligheten att reducera konsekvenser av ett gasutsläpp genom att luftintag placeras högt och på motsatt sida av leden beaktas. Mer specifika krav återfinns i tabell A.4-7 vid byggnation inom reducerat avstånd.	Ventilationsåtgärder för byggnader inom området kommenteras vidare i avsnitt 5.2.

5.2 SKYDDSÅTGÄRDER FÖR ANVÄNDNING TÄTORT

I Tabell 6 anges de funktionskrav som gäller och de riskreducerande åtgärder som ska vidtas för användning Tätort vid reducerade avstånd till Västkustbanan i enlighet med riktlinjernas tabell A.7. Skola ingår enligt riktlinjerna i användning Tätort. För större skola (Tångabergsskolan planeras rymma uppemot 950 elever) anges i riktlinjerna att särskild riskbedömning ska utgöra grund för fastställande

av åtgärdsbehov. I denna särskilda riskbedömning tas dock utgångspunkt i riktlinjernas rekommenderade åtgärder för Tätort. Därtill ges kommentarer om respektive åtgärd specifikt gällande för större skola inom Torpa-Kärra 15:9 och baserade på utförd riskbedömning.

Tabell 6. Åtgärder som ska vidtas vid reducerade avstånd till Västkustbanan för markanvändning Tätort (baserat på tabell A.7 i riktlinjerna). Med Tätort avses bland annat skolbebyggelse.

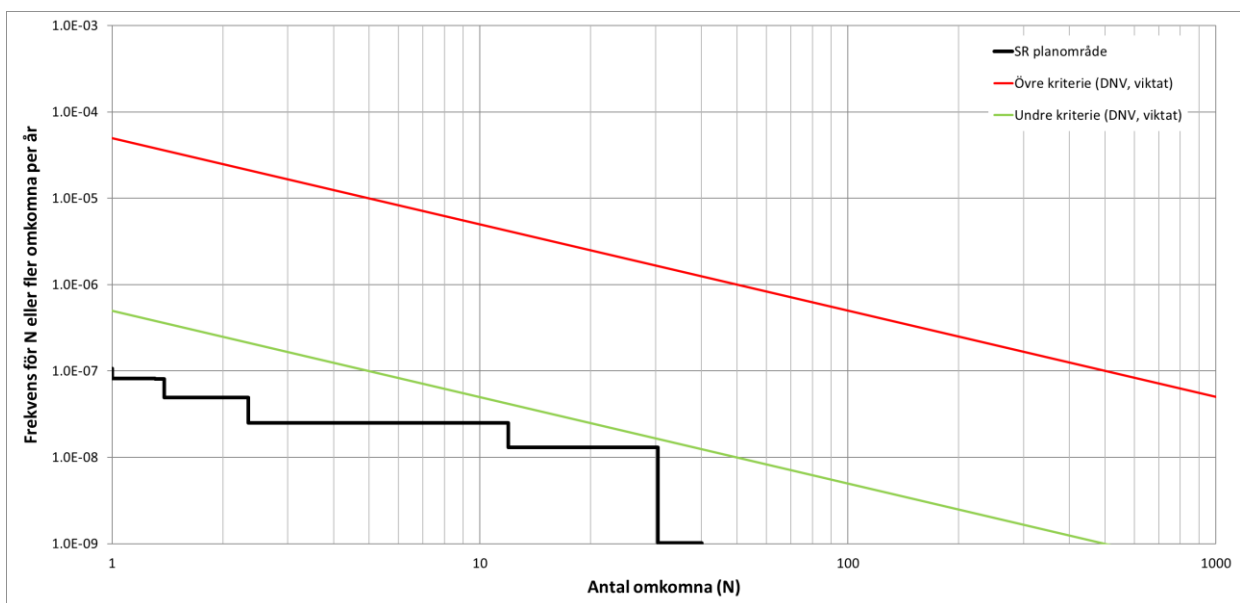
Funktionskrav	Åtgärd	Kommentar avseende Torpa-Kärra 15:9
Förhindra mekanisk konflikt Val av fysisk barriär kan påverkas av exempelvis områdets utformning, vem som äger marken/befintliga barriärer/skydd.	Etableras tätort på längre avstånd än 30 meter krävs inga åtgärder för mekanisk påverkan.	Vall finns redan och skolbyggnaden ska placeras längre än 30 meter från spårområdet.
Reducera/motverka strålningseffekter	För fasader som vetter mot led gäller följande: - 30-50 meter: Fasad ska vara i obrännbart material och fönster (i normal omfattning)/ingående komponenter ska vara motsvarande klass E 30.	Om skolbyggnaden placeras inom 40 meter från spåren ska åtgärden beaktas (baserat på riskberäkningarna redovisade i kapitel 4). Vid placering av byggnad bortom 40 meter krävs ej åtgärden.
Motverka effekter från ett dimensionerande fall för explosion	För etableringar mellan 30-50 meter ifrån led ska hänsyn tas till dimensionerande explosionslast. Följande åtgärder bedöms godtagbara: - Förhindra omfattande splitterverkan. Detta kan åstadkommas genom att undvika stora glaspartier mot leden och/eller genom att använda laminerat glas. - Förhindra att byggnaden kollapsar (motverka fortskridande ras).	Baserat på riskberäkningarna redovisade i kapitel 4 är riskbidraget från explosioner så litet att åtgärderna bedöms orimliga i förhållande till effekten.
Motverka/reducera effekter från giftig gas	Luftintag placeras högt och på motsatt sida av järnvägen. Huvudentré placeras på motsatt sida av järnvägen.	Åtgärden ska beaktas i kombination med central nödavgångsfunktion för ventilationen. Därtill ska organisation tillses finnas inom verksamheten för att vid behov kunna stänga ventilation, dörrar och fönster vid t.ex. ett VMA.
Begränsa antal personer som kan påverkas/underlätta utrymning	För alla byggnader inom 50 meter ifrån led ska minst en utrymningsväg finnas som inte vetter mot leden. Utforma området nära leden på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån leden. Placering av entréer bör ligga så långt ifrån leden som möjligt, gärna på motsatt sida.	Åtgärden bedöms rimlig att vidta för alla byggnader inom planområdet, även bortom 50 meter. Skolgård och vistelseytor utomhus bör inte placeras intill vällen. Ett minsta avstånd om 40 meter (baserat på riskberäkningarna redovisade i kapitel 4) ska upprättas mellan spår och skolgård. Huvudentrén bör ligga vänd bort från järnvägen.

5.3 BEDÖMD RISKNIVÅ MED VIDTAGNA ÅTGÄRDER

För att kunna göra en inledande bedömning av den riskreducerande effekten av de föreslagna åtgärderna har antaganden enligt nedan gjorts. Detaljstudier kommer att behöva utföras i kommande skeden, men det bedöms ändå viktigt att i ett tidigt skede uppskatta vilken effekt föreslaget åtgärdspaket kan komma att medföra för risksituationen.

- Den befintliga vallen om 2-3 meter utgör en förutsättning för riskbedömningen. Vallen bedöms eliminera mekaniska konsekvenser för bebyggelse inom planområdet.
- Fasader och tak i obrännbara material med brandklass i lägst E 30 inom 50 meter från järnvägen, alternativt att skolbyggnaden placeras minst 40 meter från järnvägen, bedöms kunna reducera strålningspåverkan på människor som vistas inomhus. Uppskattad skyddsgrad med åtgärden bedöms bli 99 % mot ursprungsberäkningens 0 %.
- Ventilationsåtgärder i form av högt placerade och bortvända tilluftsintag i kombination med central nödavstängningsmöjlighet och organisation med rutiner att stänga ventilation, dörrar och fönster vid t.ex. ett VMA, bedöms reducera mängden giftig gas i byggnader i händelse av gasmolnsspridning mot planområdet. Uppskattad skyddsgrad med åtgärden bedöms bli 95 % mot ursprungsberäkningens 50 %.
- Utrymningsmöjligheter i riktning bort från järnvägen är svårt att uppskatta effekten av. Åtgärden är dock av stor vikt för att personer ska kunna utrymma i så säker miljö som möjligt i händelse av olycka inom transportkorridoren.

Med samtliga ovan nämnda åtgärder vidtagna och med riskreduktion i nivå med ovan nämnda antaganden, skulle risknivåer i enlighet med Figur 8 erhållas.



Figur 8. Bedömd samhällsrisknivå för planområdet med vidtagna åtgärder.

Med vidtagna åtgärder är samhällsrisken acceptabel.

Utöver ovanstående åtgärder bör skolgården inte placeras mellan skolbyggnaden och järnvägen. Detta påpekas även i länsstyrelsens riktlinjer [1]. Den mellanliggande skolbyggnaden erbjuder ett visst mått av skydd för personer utomhus och även om dessa effekter inte har tagits med i de redovisade beräkningarna, anses det vara en rimlig åtgärd att genomföra.

En eventuell förskola inom planområdet betraktas som mest skyddsvärd och känslig avseende t.ex. utrymningsmöjligheter. Därav bedöms att förskola bör placeras längst västerut inom planområdet, med ett skyddsavstånd om minst 150 meter till järnvägen. Med den placeringen bedöms inga ytterligare åtgärder för förskolan krävas och total risknivå bedöms inte påverkas inom planområdet.

6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är 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. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som bedöms vara belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området,
- utformning och disposition av etableringar,
- farligt gods-transporter förbi planområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

De antaganden som har gjorts har varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas.

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. [7]

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. [7]

7 SLUTSATSER

Resultaten av riskbedömningen visar att individrisk- och samhällsrisknivån delvis ligger inom ALARP-området, varav följande åtgärder föreslås i enlighet med riktlinjer från länsstyrelsen Halland [1]:

- Resultaten bygger på att den befintliga vallen i östra delen av fastigheten bibehålls för att motstå mekanisk påverkan från urspårande tåg samt för att motverka eventuella vätskeläckage i riktning mot planområdet. Plank och stängsel/staket ska ses över så att spårspring motverkas.
- Ett bebyggelsefritt avstånd om minst 30 meter ska upprättas från järnvägens närmsta spår.
- Fasader (samt fönster och andra komponenter) och tak som vetter mot järnvägen ska utföras i obrännbara material i lägst brandklass E 30 inom 40 meter från närmsta spår. Placeras byggnation bortom 40 meter från närmsta spår erfordras ej brandklassning.
- Ventilationsåtgärder ska vidtas i form av högt placerade och från järnvägen bortvända tilluftsintag i kombination med central nödavstängningsfunktion för ventilationen. Därtill ska organisation tillses finnas inom verksamheten för att vid behov kunna stänga ventilation, dörrar och fönster vid t.ex. ett VMA.
- Utrymningsmöjligheter ska finnas i riktning bort från järnvägen för att personer ska kunna utrymma till en säker miljö. Huvudentré bör placeras så långt ifrån järnvägen som möjligt och i riktning västerut. Notera att utrymningsvägar får finnas i riktning österut i det fall det krävs avseende byggnadens brandskyddsförutsättningar. Minst en utrymningsmöjlighet ska dock finnas i riktning västerut för respektive del med anledning av närhet till järnvägen.
- Området mellan järnvägen och bebyggelsen ska utformas så att den inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Lokalgata och personalparkering etc. medges dock inom denna yta.
- Skolgård, uteplatser och lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 40 meter från järnvägen. Med fördel placeras skolgård väster om skolbyggnad så att byggnaden utgör ytterligare barriär mellan järnväg och personer som vistas utomhus.
- Eventuell förskola bör placeras så långt västerut som möjligt inom fastigheten, med ett skyddsavstånd om minst 150 meter till järnvägen. Med den placeringen bedöms inga ytterligare skyddsåtgärder erfordras för förskolan.

Givet dessa åtgärder anses planområdet vara lämpligt för skolverksamhet med avseende på riskpåverkan från farligt gods-transporter på Västkustbanan.

Bilaga 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.

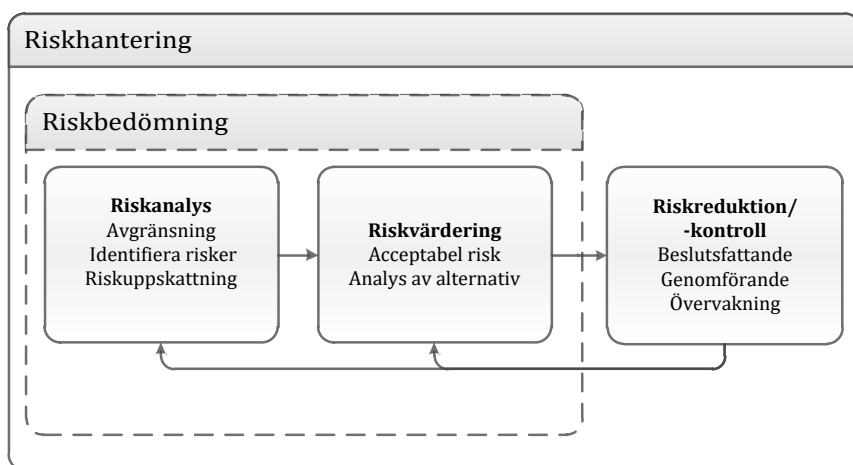
A.1. Begrepp och definitioner

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikheten anger hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och kan beräknas om frekvensen, d.v.s. hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, är känd.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [8] [9], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 9.

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 9. 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.

Bilaga 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. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [14]. 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 denna modell.

B.1. Sannolikhet för urspårning

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka är:

- 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) är cirka 36 500 st.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 270 300.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.

Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 7 [14]:

Tabell 7. 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 (godståg)
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 (persontåg)
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm (godståg)
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm (godståg)

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 med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [14] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

Växling och rangering

I höjd med planområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

Resultat

Notera att vissa olyckstyper i Tabell 7 som kan resultera i en urspårning är specifikt kopplade till godstrafik, exempelvis vagnfel godståg och lastförskjutningar. Olycksfrekvenserna för dessa olyckstyper allokeras därmed enbart till händelsen urspårning godståg. Frekvensbidraget från olyckstyper som inte specifikt rör godståg fördelas genom att vikta för andelen tåg av respektive trafikslag som förekommer på sträckan enligt nedanstående exempel:

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

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

I Tabell 8 redovisas hur olycksfrekvenserna har fördelats över respektive trafikslag.

Tabell 8. Fördelning av olycksfrekvenser för respektive trafikslag.

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

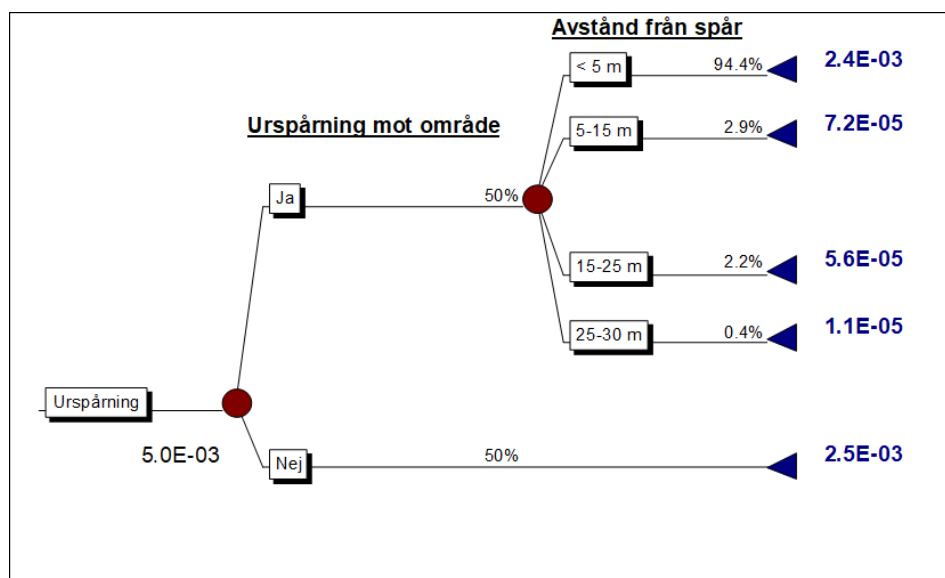
Avstånd från spårmittp för urspårande vagnar

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. I Tabell 9 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spårmittp som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (80 % persontåg och 20 % godståg) [14].

Tabell 9. Avstånd från spårmittp (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spårmittp	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%
Viktat medel efter andel	76,09%	18,34%	2,90%	2,24%	0,44%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spårmittp vid urspårning är mycket liten [15]. Enligt Tabell 9 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelsetråd som beskriver detta presenteras i Figur 10.



Figur 10. Händelsetråd med sannolikheter för urspårningar.

B.2. Järnvägsolycka med 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 [16] 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 10 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 10. 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 [16].	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 [17].
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, explosionsartad 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.
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 [18]. 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.

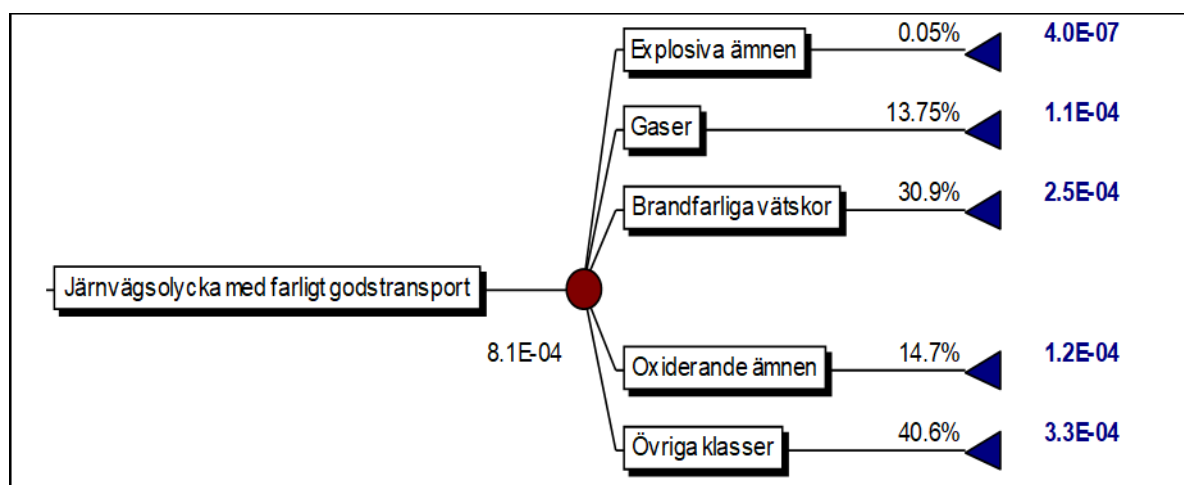
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande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

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt B.1 beräknad till $2,78E-3$ per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [19]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1-(1-X)^{3,5}$$

Där X är andelen vagnar med farligt gods som framförs på sträckan per år (Andelen vagnar med farligt gods på sträckan är konfidentiell och kan därmed inte redovisas i rapporten).

I händelseträdet, se Figur 11, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass. Andelar baseras på beräkningar utförda i Riskanalys av farligt gods i Hallands län [1].



Figur 11. Händelseträd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

B.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

B.3.1 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.

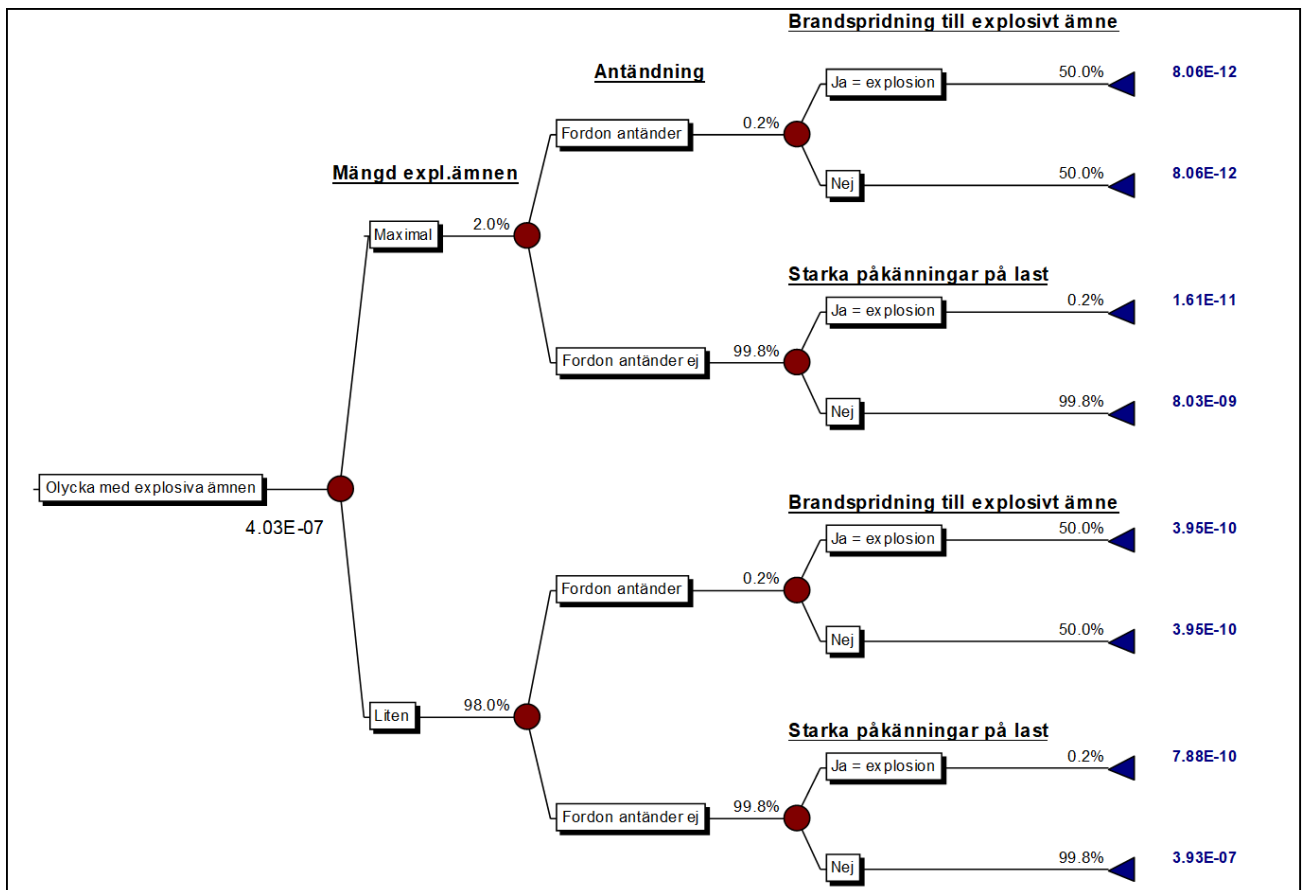
Transport av RID-S klass 1 på järnväg förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006-2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet [20]. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga och dels av säkerhetsmässiga skäl. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg utfördes endast tre transporter med klass 1 i Sverige under hela 2011. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne [21].

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas i beräkningarna förenklat utgöra mindre laster om 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 en 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 [22] [23]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [24].

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 [25]. 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 [26] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 12 redovisas möjliga scenarier.



Figur 12. Händelsesträd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

B.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [27], 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 1 % i båda fallen [14]. 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 antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds 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.

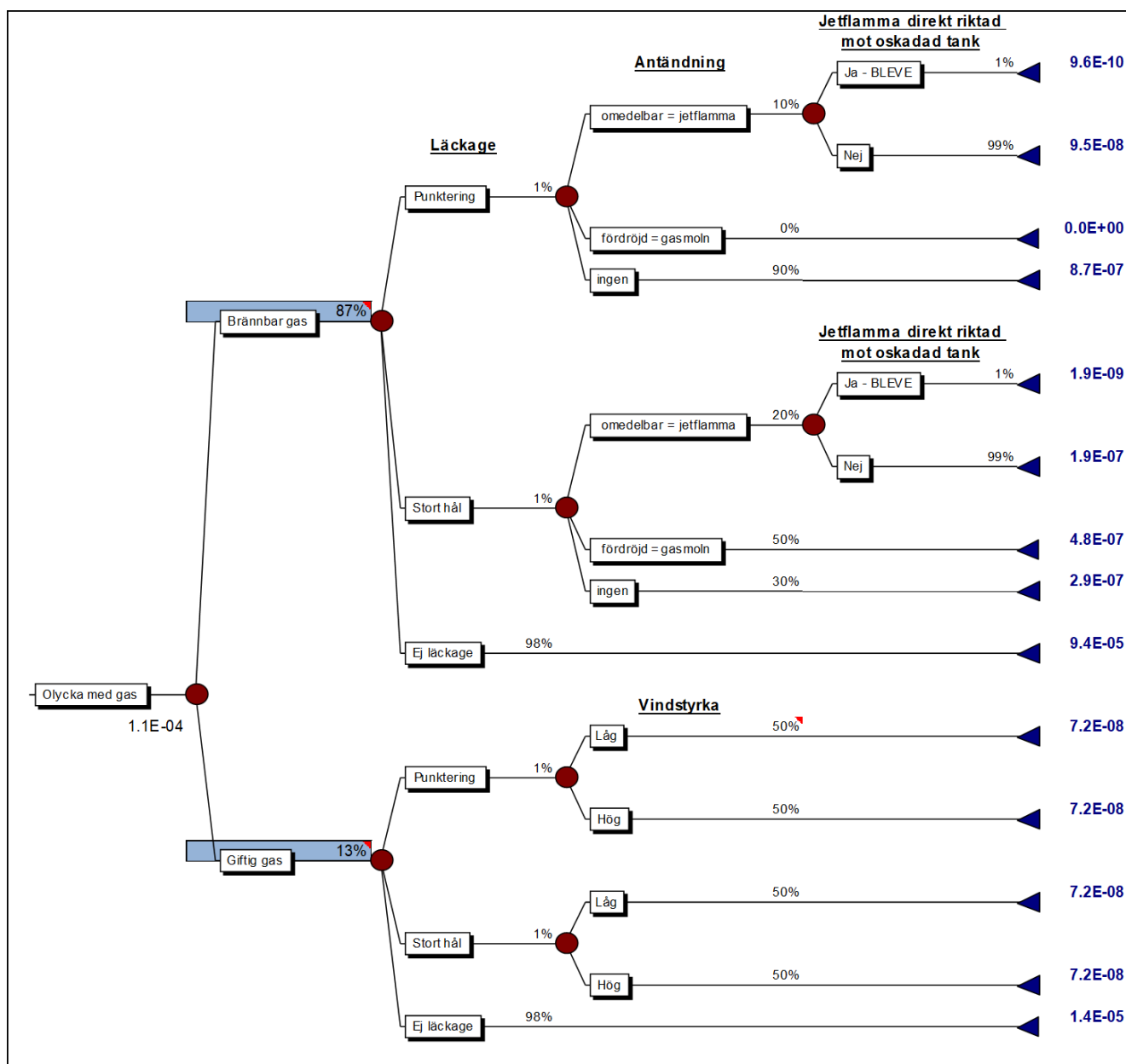
För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [28] för:

- 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 % [28]. 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 13 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

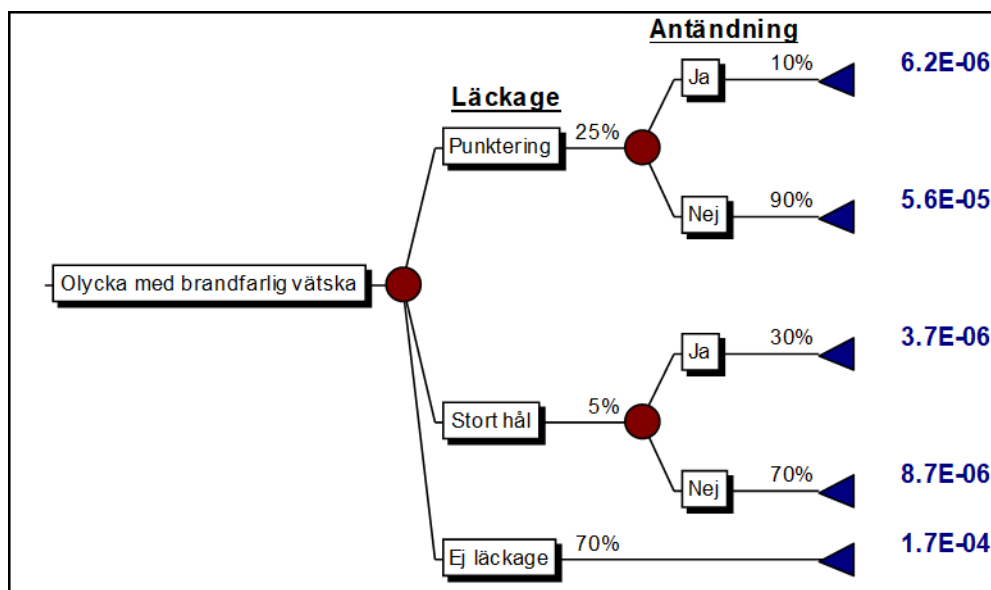


Figur 13. Händelsetråd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

B.3.3 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 % [14]. 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 % [14]. I Figur 14 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 14. Händelsetråd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

B.3.4 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.

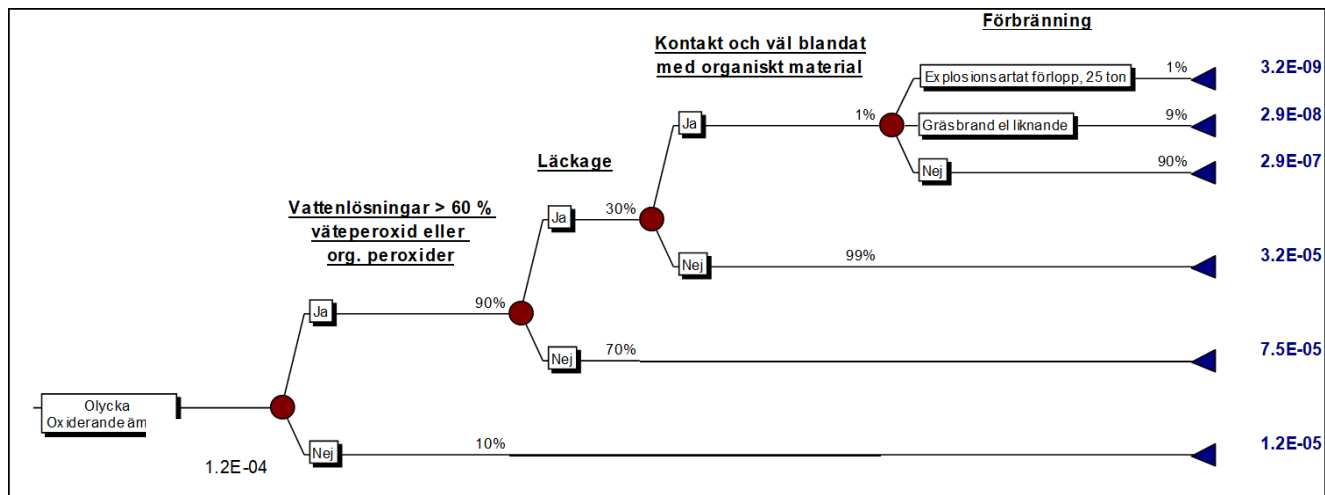
Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

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

Transportstatistik [20] 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 ovan i avsnitt B.3.3 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 %

[24]. 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 15 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 15. Händelsetråd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

B.4. Anpassning av sannolikheten avseende konsekvensavstånd

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 planområdet 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.

Bilaga C. Konsekvensberäkningar

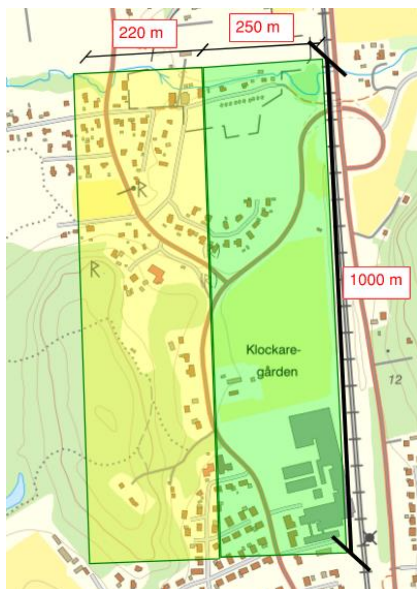
De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadesscenario.

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

C.1. Persontäthet

För att uppskatta konsekvenserna av de olika riskscenarierna behöver antal personer, och i förlängningen persontätheten, i olika delar av planområdet uppskattas. Konsekvensområdena från olika olyckstyper (arean där dödliga konsekvenser erhålls) multipliceras sedan med persontätheten inom området för att ge en uppfattning av antal drabbade. Det gör stor skillnad om personer i omgivningen vistas inomhus eller utomhus med anledning av att byggnaders omslutande konstruktion i många fall ger en viss skyddsgrad för vissa olyckstyper.

- I zon 1 antas 70 % av befolkningen vistas inomhus under dagen och 99% under natten. Motsvarande siffror för zon 2 är 90 % och 99 %. Dagtid antas utgöra en hel arbetsdag (8 h).
- För att kunna uppskatta antal drabbade inom planområdet görs först en grov indelning avseende olika delområden inom planområdet. Den första ytan är befolkningsfri och utgör ett skyddsavstånd mellan riskkälla och närmaste bebyggelse.
- Skyddsavstånd/befolkningsfri yta uppgår till ca 30 meter.
- Zon 1 innehåller planområde med Tångabergsskolan, samt enstaka villor och en industribyggnad. Zon 1 börjar 30 meter från järnvägen och har en bredd på 250 meter.
- Område 2 innehåller enbart enstaka villor. Zonen börjar 280 meter från järnvägen och är 220 meter bred.



Figur 16. Zonindelning av planområdet med omgivning. Grön yta är zon 1 och gul yta är zon 2.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast spår. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till järnväg ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsriskberäkningarna.

Tabell 11. Persontäthet i olika zoner.

Zon	Avstånd från järnväg (början av zon-slutet på zon) (m)	Persontäthet dagtid (pers/km ²)	Persontäthet nattetid (pers/km ²)
1	30–280	4200	100
2	280–500	100	100

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

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. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom.

I aktuellt fall finns en befintlig vall om ca 2-3 meters höjd, vilken delvis är krönt med ett rejält träplank. Denna vall bedöms tillräcklig för att motverka mekanisk skada inom planområdet vid en urspårning på järnvägen.

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. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

C.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

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 (splitter) kastas mot människor (sekundära) [29].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan 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 [30]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Sammantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % omkomma.
- Inom det område där trycket uppgår till 20-180 kPa antas 20 % omkomma.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [31] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 12. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 12. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av RID-S klass 1 gods. Explosionen antas vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötavågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Stor explosion	25 000 kg	74 meter	221 meter

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 [32].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [33]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [34], 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 13 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 13. 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* [35] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC₅₀¹) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [35]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [35].

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 14.

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 14. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt godsolycka 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

¹ Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

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 [33].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank 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 pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² pöl.

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 [36].

I Tabell 15 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 breddas ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 15. 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 bensen (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensen (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 urspärning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensen. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor [24], se vidare avsnitt C.3.1.

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 C.3.3.

Tabell 16. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

C.4. Uppskattning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt B.3, 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.

Vid bedömning av de rekommenderade åtgärdernas effekt görs uppskattningar av skyddseffekt enligt avsnitt 5.3.

Bilaga D. Referenser

- [1] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hallands län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [2] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning," 2019-12-09.
- [3] Trafikverket, "TC Göteborg - Underlag till linjebok," 2021-11-22.
- [4] Statistiska Centralbyrån, *Invånare per kvadratkilometer efter region, kön och år-Varbergs kommun*, Stockholm: SCB, 2021.
- [5] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [6] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [7] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [8] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [9] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [10] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [11] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [12] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [13] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [14] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [15] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [16] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [17] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [18] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [19] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [20] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [21] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [22] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.

- [23] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [24] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [25] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [26] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [27] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [28] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [29] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [30] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [31] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [32] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande rådgivande konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen. Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden. **wsp.com**

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00

wsp.com

