

RISKUTREDNING

DP Stehag 5:1

UPPDRAGSNUMMER: 30017600



2021-03-10

Sweco Systems AB

Brand- och Riskteknik

Egzon Haliti

Markus Glenting

DOKUMENTINFORMATION

UPPDRAGSBENÄMNING:	Riskutredning DP Stehag 5:1
UPPDRAGSNUMMER:	30017600
BESTÄLLARE	Skanska Hem AB Stefan Nagy
UPPDRAGSANSVARIG:	Kevin Dunne Sweco Environment E-post: kevin.dunne@sweco.se
HANDLÄGGARE:	Egzon Haliti Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering Telefon: 072-744 14 89 E-post: egzon.haliti@sweco.se
KVALITETSGRANSKNING UTFÖRD AV	Markus Glenting Brandingenjör Telefon: 0724-50 79 82 E-post: m.glenting@sweco.se

Rev.	Handlingsstatus	Datum	Upprättad av handläggare	Kvalitetsgranskad av
---	Rapport	2021-03-10	Egzon Haliti	Markus Glenting

SAMMANFATTNING

Aktuellt område är beläget inom fastigheten Stehag 5:1 i Eslövs kommun och upptar en total yta på ca 60 000 m². Området är idag en åkermark med ca 45 meter från Södra stambanan.

Södra stambanan ger individrisknivåer som är inom ALARP-området. Först efter 180 meter understigs den nedre ALAP-området. Åtgärder behöver således vidtas för att acceptera den högre risknivån. På längre avstånd från spåret är det främst giftiga gaser som resulterar i att individrisknivån hamnar inom ALARP-gränsen. På kortare avstånd från spåret är det brandfarliga vätskor som ger ett individriskbidrag.

Samhällsriskn tangerar endast den lägre ALARP-gränsen och även här är giftiga gaser orsaken till riskbidraget.

Sammantaget innebär det att endast enklare ekonomiskt försvarbara och praktiskt genomförbara åtgärder behöver vidtas mot brandfarliga vätskor, brandfarliga gaser och giftiga ämnen.

Med anledning av ovanstående riskvärdering presenteras ett antal åtgärdsförslag som bedöms vara ekonomiskt försvarbara och praktiskt genomförbara utifrån aktuell risknivå:

- Vall längs med planerad exploatering, som resultat av bullerutredningen, bedöms fungera som en barriär mellan riskkällan och planområdet och därmed ge skydd mot brandfarliga vätskor och urspårningar.
- Entréer bör vara riktade bort från riskkällan men får veta mot riskkällan om det också finns utrymningsvägar bort från riskkällan.
- Placering av friskluftsintag för ny bebyggelse ska veta bort från Södra stambanan, samt placeras på så långt avstånd från denna som möjligt.

Föreslagna åtgärder bedöms vara motiverade utifrån ett kostnad-nytta-perspektiv med hänsyn till aktuella risknivåer. Åtgärder som avsevärt försvårar exploateringen eller försämrar boendemiljön för nybyggnationen bedöms inte vara motiverade.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	6
1.1	Syfte och mål	6
1.2	Kvalitetsplan	6
2	Omfattning och avgränsningar	7
2.1	Omfattning	7
2.2	Avgränsning	7
3	Metod och arbetsgång	8
3.1	Begrepp och definitioner väsentliga för riskutredningen	8
3.2	Riskidentifiering	10
3.3	Riskuppskattning	10
3.4	Riskvärdering	11
3.5	Valda riskkriterier för denna riskutredning	12
3.6	Hantering av osäkerheter	13
4	Områdes- och nulägesbeskrivning	14
4.1	Planområdet	14
4.2	Persontäthet i området	15
4.3	Vind- och väderförhållanden	16
4.4	Södra stambanan	17
5	Riskidentifiering	18
5.1	Möjliga olyckor	18
6	Riskuppskattning	20
6.1	Sannolikhetsberäkning	20
6.2	Konsekvensberäkning	21
6.3	Resultat	21
7	Riskvärdering	23
7.1	Värderingskriterier	23
7.2	Samlad bedömning utifrån individ- och samhällsrisik	23

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

8	Riskreducerande åtgärdsförslag	24
8.1	Behov av riskreducerande åtgärdsförslag	24
8.2	Möjliga riskreducerande åtgärder	24
8.3	Möjliga riskreducerande åtgärder	25
9	Rekommenderade riskreducerande åtgärder för nybyggnation	26
9.1	Disposition av byggnad	26
9.2	Placering av friskluftsintag och nödstopp	26
9.3	Vall	26
10	Slutsats	27
	Referenser	28
	Bilaga A – Sannolikhetsbedömningar	30
	Olycka med farligt gods på järnväg	30
	Händelseförlopp vid utsläpp av brandfarliga gaser – RID-klass 2.1	34
	Händelseförlopp vid utsläpp av giftiga gaser – RID-klass 2.3	37
	Händelseförlopp vid utsläpp av brandfarliga vätskor – RID-klass 3	39
	Händelseförlopp vid utsläpp av oxiderande ämnen – RID-klass 5	41
	Bilaga B – Konsekvensbedömningar för farlig godsolycka	43
	Skadekriterier	43
	Konsekvenser vid utsläpp av brandfarliga gaser – ADR/RID-klass 2.1	45
	Konsekvenser vid utsläpp av giftiga gaser – ADR/RID-klass 2.3	47
	Konsekvenser vid utsläpp av brandfarliga gaser – ADR/RID-klass 3	49
	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämnen – RID-klass 5	50
	Farliga godsklasser som inte bedöms avseende konsekvenser	51

1 Inledning

Denna riskutredning är upprättad av Egzon Haliti på uppdrag av Skanska Hem AB. Intern kvalitetsgranskning av rapporten har gjorts av Markus Glenting. I rapporten utreds huruvida verksamhetsändring av del av fastigheten Stehag 5:1 (Eslövs kommun) kan accepteras med hänseende till närliggande järnväg, Södra stambanan, där transporter av farligt gods förväntas ske.

1.1 Syfte och mål

Syftet med denna rapport är att beakta riskhanteringsprocessen vid verksamhetsändring av befintlig byggnad intill transportled på järnväg för farligt gods.

Målet är att genom en riskutredning presentera en riskbild för det aktuella område baserat på de risker som transporter med farligt gods medför. Utifrån detta är målet att bedöma huruvida den aktuella riskbilden är acceptabel eller inte, samt att vid behov presentera riskreducerande åtgärder för att risken ska sänkas till en acceptabel nivå.

1.2 Kvalitetsplan

SWECO Brand- och Riskteknik är certifierade enligt ISO 9001, där rutiner finns för fortlöpande gransknings- och kontrollarbete. Kvalitetskontroll har för denna dokumentation gjorts i form av egenkontroll och intern kvalitetsgranskning.

2 Omfattning och avgränsningar

2.1 Omfattning

Denna riskutredning omfattar en riskutredning med följande delmoment:

- Områdes- och nulägesbeskrivning
- Riskidentifiering
- Riskberäkningar/ uppskattning
- Riskvärdering
- Vid behov förslag på riskreducerande åtgärder

De resultat som presenteras i riskutredningen gäller endast under de förutsättningar som specificeras i rapporten. Vid ändrade förutsättningar (till exempel om persontätheten ökas eller om transporter av farligt gods ökar kraftigt) eller om andra riskkällor etablerar sig nära området behöver riskutredningen revideras.

2.2 Avgränsning

Riskutredningen är begränsad till risker förknippade med transport av farligt gods på Södra Stambanan och deras inverkan på planerat exploateringsområde inom fastigheten Stehag 5:1. Andra eventuella riskkällor som kan påverka den totala riskbilden för området ingår inte i denna riskutredning.

De risker som beaktats är plötsliga olyckor som leder till utsläpp av farligt gods och som kan leda till livshotande konsekvenser för tredje man. I denna riskutredning beaktas inte egendomsskador, naturskador, extraordinära händelser eller långtgående dominoeffekter av de beaktade olyckorna. Buller utreds inte heller i denna riskutredning.

3 Metod och arbetsgång

Nedan redovisas begrepp och definitioner av begrepp som används i denna rapport samt en beskrivning av den metod som använts för respektive delmoment i riskutredningen.

3.1 Begrepp och definitioner väsentliga för riskutredningen

I en riskutredning används vanligen ett flertal olika begrepp för att beskriva olika olyckshändelser och delar av utredningen. Nedan förtydligas de begrepp som använts i denna riskutredning.

Risk definieras som en sammanvägning av sannolikheten för och konsekvensen av en olycka eller skadehändelse. Sannolikheten beskriver hur troligt det är att olyckan inträffar och konsekvensen beskriver hur omfattande skador som uppstår, i form av antal döda.

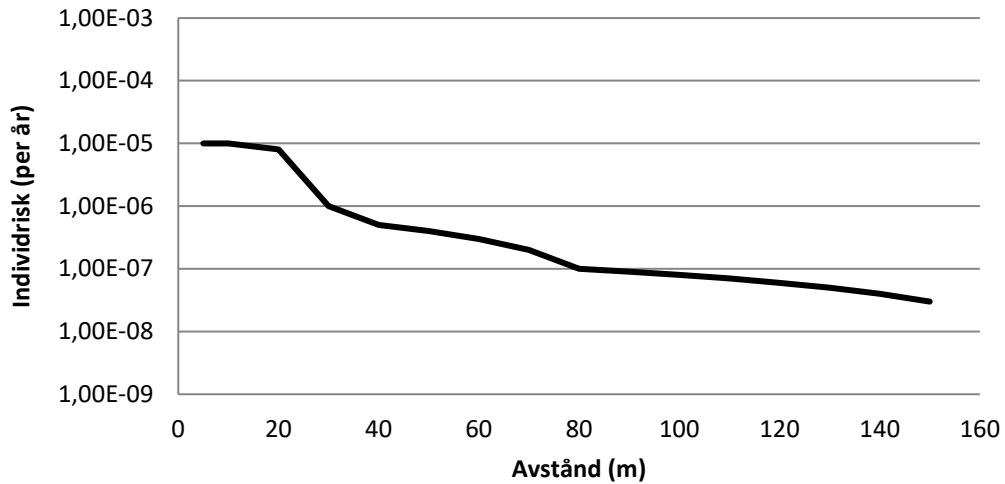
Riskutredning avser både genomförande av *riskanalys* och *riskvärdering*.

Riskanalysen är den del av riskutredningen där tänkbara olycksscenarier och oönskade händelser identifieras. Sannolikhet och konsekvens för de identifierade scenarierna bestäms i en riskuppskattning för att sedan kunna värdera om risken är acceptabel eller ej.

I denna riskutredning har en kvantitativ riskanalys genomförts, vilket innebär att sannolikhet för och konsekvens av varje identifierad olyckshändelse/skadehändelse beskrivs med absoluta värden. Sannolikhet och konsekvens har sedan sammanvägts och risken beskrivs med riskmåttan individrisk och samhällsrisk.

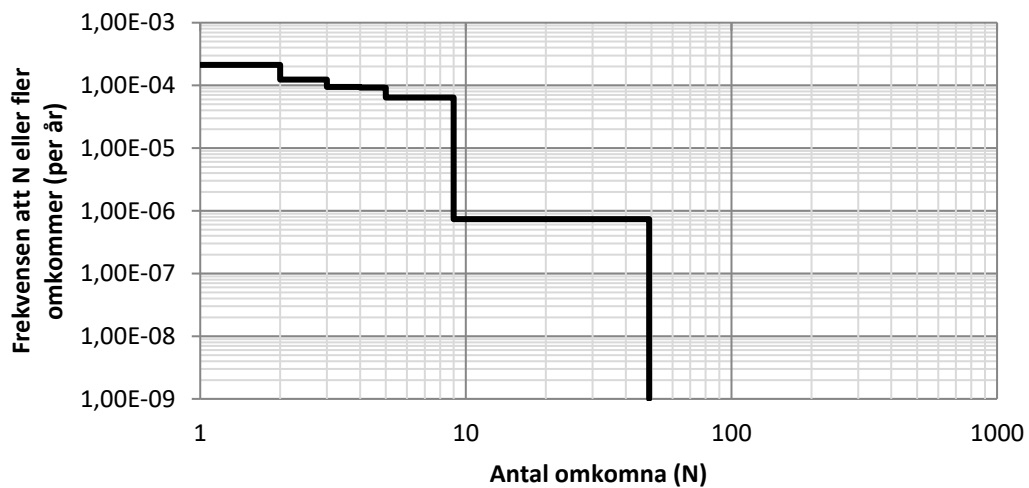
Riskvärdering avser den fas i riskutredningen där uppskattade risker bedöms acceptabla eller ej. I denna del av utredningen kan det även bli aktuellt att föreslå och verifiera riskreducerande åtgärder eller kvalitativt beskriva vilka effekter sådana åtgärder medför ur riskhänseende.

Individrisk är ett riskmått som beskriver sannolikheten för dödliga skador i anslutning till en riskkälla. Riskmålet tar ej hänsyn till hur många människor som vistas i närheten av riskkällan och förutsätter att en person står på samma ställe dygnet runt under ett års tid. Målet brukar beskrivas som ett rättighetsbaserat mått då man utifrån måttet kan avgöra om enskilda individer utsätts för alldeles för hög risk. Individrisken kommer i denna riskutredning presenteras i form av en individriskkurva där risken beskrivs som funktion av avståndet från riskkällan, se exemplet nedan i Figur 1.



Figur 1. Exempel på individriskkurva, individrisken representeras av den svarta linjen.

Samhällsrisik är ett riskmått som beskriver risken med hänsyn till hur många människor som kan omkomma om det sker en olycka vid riskkällan. Hänsyn tas då till den områdesspecifika befolkningstätheten samt dygnsvariationer i befolkningstätheten. Samhällsrisiken presenteras i ett F/N-diagram. I F/N-diagrammet kan man avläsa sannolikheten för att en eller flera personer dör i anslutning till riskkällan. Se ett exempel på F/N – diagram nedan i Figur 2.



Figur 2. Exempel på F/N-diagram. I detta exempel är den allvarligaste konsekvensen att 50 personer omkommer, med en sannolikhet på $<10^{-6}$.

I denna riskutredning har riskerna värderats mot kriterier i *Värdering av risk* [1], samt Skåne läns *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* [2].

3.2 Riskidentifiering

Information om de risker som transportlederna för farligt gods för med sig har hämtats från statistik, relevant facklitteratur, myndigheter, platsspecifika utredningar för området/närområdet, tidigare erfarenheter och riskutredningar. Utifrån denna information har dimensionerande olycksscenarier tagits fram.

3.3 Riskuppskattning

Riskuppskattningen är en del av riskanalysen och syftar till att bestämma storleken på riskerna. Riskernas storlek är beroende av sannolikheten för en olycka och konsekvensen av olyckan. Nedan beskrivs därför hur sannolikheter och konsekvenser bedömts samt hur dessa sammanvägts för att avgöra riskernas storlek.

Sannolikhet för trafikolycka med efterföljande utsläpp av farligt gods har för järnväg uppskattats med hjälp av den metod som presenteras i *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* använts [3]. Sannolikheten för olika händelseförlopp och skadehändelser efter att utsläppet har inträffat har bedömts mot bakgrund av uppgifter i facklitteratur och logiska resonemang där konservativa antaganden har gjorts.

Statistiken gällande transporter och annan information som utgör indata till sannolikhetsberäkning för olyckor på väg är baserade på data från *Nationell Järnvägdatabas* [4] samt T20-rapport [5], av Trafikverket.

Konsekvenserna av de aktuella olyckorna/skadehändelserna har bedömts mot bakgrund av litteraturstudier och simuleringar i programvaran ALOHA v.5.4.2 [6].

Riskerna har sammanvägts och storleken beskrivs med riskmåttén individrisk och samhällsrisk.

3.4 Riskvärdering

I rapporten *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)* [2] redovisas ett vägledningssystem för att bedöma risker. Vid detaljplanering där avstånden till riskkällan är korta kan Vägledning 3 användas i värdering av risknivån. I denna anges att:

- För planering av sällanköpshandel, industri, lager, tekniska anläggningar och parkering bör ett skyddsavstånd kortare än 30 meter kunna accepteras om individrisken understiger 10^{-5} . En deterministisk analys ska även påvisa att riskerna med hårda konstruktioner eller motsvarande, som kan orsaka skada på eventuellt avåkande fordon, kan undvikas.
- För planering av småhusbebyggelse, handel, kontor (ett plan), centrum och kultur m.m. bör ett avstånd kortare än 70 meter kunna accepteras om individrisken understiger 10^{-6} . En deterministisk analys ska även påvisa att det nettotillskott av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder.
- För planering av flerbostadshus i plan, kontor, hotell, vård och skola bör ett avstånd kortare än 150 meter kunna accepteras om individrisken understiger 10^{-7} , samt att samhällsrisken understiger 10^{-5} för 1 omkommen och 10^{-7} för 100 omkomna. En deterministisk analys ska även påvisa att det nettotillskott av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder.

Följande vägledande principer för värdering av risk presenteras i *Värdering av risk* [1]:

- *Rimlighetsprincipen*: En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med teknisk och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas, oavsett risknivå.
- *Proportionalitetsprincipen*: De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar som verksamheten medför.
- *Fördelningsprincipen*: Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de positiva effekter som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.
- *Principen om undvikande av katastrofer*: Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsande konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.

Räddningsverket föreslår i rapporten *Värdering av risk* även acceptanskriterier lämpade för värdering av risker presenterade med riskmåten individrisk och samhällsrisk [1].

Acceptanskriterierna presenteras i form av ett intervall, vilket vanligen kallas för ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). Risker som överstiger ALARP-området är för stora och åtgärder måste vidtas. Risker inom ALARP-området ska reduceras så långt det är

praktiskt möjligt och ekonomiskt försvarbart. Risker understigande ALARP-området bedöms utan vidare åtgärder som acceptabla.

3.5 Valda riskkriterier för denna riskutredning

I denna riskutredning har acceptanskriterier enligt *RIKTSAM* [2] valts att användas. Dessa överensstämmer till stora delar med *Värdering av risk* [1] både gällande aktuella värden för olika mått samt att dessa mått tar hänsyn till de 4 principer man bör utgå ifrån vid värdering av risken.

Tabell 1. Acceptanskriterier för individrisk [1].

Kriterium	Sannolikhet
Övre gräns för acceptabel individrisk	10 ⁻⁵ per år
Undre gräns för individrisk, där risken kan anses vara liten	10 ⁻⁷ per år

Tabell 2. Acceptanskriterier för samhällsrisk för en 1 kilometer lång sträcka med exponering på båda sidorna av riskkällan [1].

Kriterium	Antal omkomna	Sannolikhet
Övre gräns för acceptabel samhällsrisk	1	10 ⁻⁴ per år
	10	10 ⁻⁵ per år
	100	10 ⁻⁶ per år
Undre gräns för acceptabel samhällsrisk	1	10 ⁻⁶ per år
	10	10 ⁻⁷ per år
	100	10 ⁻⁸ per år

3.6 Hantering av osäkerheter

Risکانالیزer av den typ som redovisas i denna rapport är generellt behäftade med stora osäkerheter. Dessa osäkerheter tillskrivs främst indata, underlagsmaterial, beräkningsmodeller, expertbedömningar och statistiska underlag.

Generellt har osäkerheter hanterats genom konservativa bedömningar och antaganden. Detta innebär att bedömningar gjorts så att risken snarare överskattas än underskattas när osäkerheter förelegat. Anledningen till detta är att säkerställa att risken inte underskattas eftersom konsekvensen av en underskattad risk medför större sannolikhet att människor omkommer medan en något överskattad risk medför att kostnaden för åtgärder riskerar att bli lite högre. Nedan presenteras de konservativa bedömningar avseende sannolikheter samt konsekvenser som gjorts i rapporten:

Exempel på konservativa antaganden sannolikhetsbedömning

- En BLEVE¹ hanteras som en dominoeffekt av en jetflamma och bedöms konservativt inträffa i 1 % av de fall där en jetflamma uppstår.

Konservativa antaganden konsekvensbedömning

- Modellen som beräknar antalet omkomna är baserad på ett områdes area, vilket medför att det resultatet inte alltid är heltal för varje område. Resultatet från dessa beräkningar avrundas uppåt till närmsta heltal för att kunna ge en mer jämförbar riskbild. Detta medför att 0,3 omkomna personer avrundas till 1 omkommen person.
- Beräkningarna för brandfarlig gas är gjorda för kondenserad gas, vilket är konservativt eftersom de förväntade konsekvenserna är högre för dessa gaser jämfört med komprimerade gaser.
- Utbredningen av en jetflamma antas alltid vara vinkelrät (90°) från spår/vägområdet och längs med markplanet. Detta innebär att området som drabbas alltid är det största möjliga.
- Utsläpp av giftig gas (RID klass 2.3) har antagits ske med klorgas för järnväg och. Detta är en mycket giftig gas. Att samtliga transporter med giftig gas utgörs av klorgas på järnväg bedöms vara ett mycket konservativt antagande.
- Det antas att samtliga brandfarliga vätskor utgörs av Hexan, som har både högre förbränningshastighet och energivärde än bensin. Dessutom utgörs en stor del av den transporterade mängden av betydligt mindre brandfarliga vätskor som diesel och andra oljor m.m. Detta är ett konservativt antagande.

¹ Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion innebär upphettning av ett trycksatt slutet kärl och antändning av vätska (exempelvis gasol i vätskefas) som strömmar ut. BLEVE är en ytterst ovanlig men mycket allvarlig typ av olycka då explosionen som uppstår kan ge konsekvenser på mycket stora avstånd.

4 Områdes- och nulägesbeskrivning

I detta kapitel beskrivs det aktuella området samt prognosticerade trafikvolymmer.

4.1 Planområdet

Inom fastigheten Stehag 5:1 i Eslövs kommun finns idag en åkermark som planeras att exploateras till ett vila/bostadsområde, Figur 3. Södra stambanan befinner sig ca 40 meter från aktuellt exploateringsområde.



Figur 3. Flygfoto (t.v.) och planerad exploatering (t.h.) över Stehag 5:1. *Illustration framtagen av Radar arkitektur, utkast daterat 20-01-20*

4.2 Persontäthet i området

Persontätheten i området är av stor betydelse för att bedöma samhällsrisken. Eftersom det är olika persontäthet i olika delar av det studerade området har området delats in i tre zoner, se Figur 4 samt Tabell 3. Beräkningar har grundats på hur stort område och den persontäthet som kan påverkas vid en olycka, andel personer som befinner sig utomhus respektive inomhus samt andel som befinner sig i de olika zonerna. Indata avseende persontäthet för de olika skyddsobjekten har erhållits från Skanska Hem och tar hänsyn till det maximala personantalet vid en given tidpunkt.



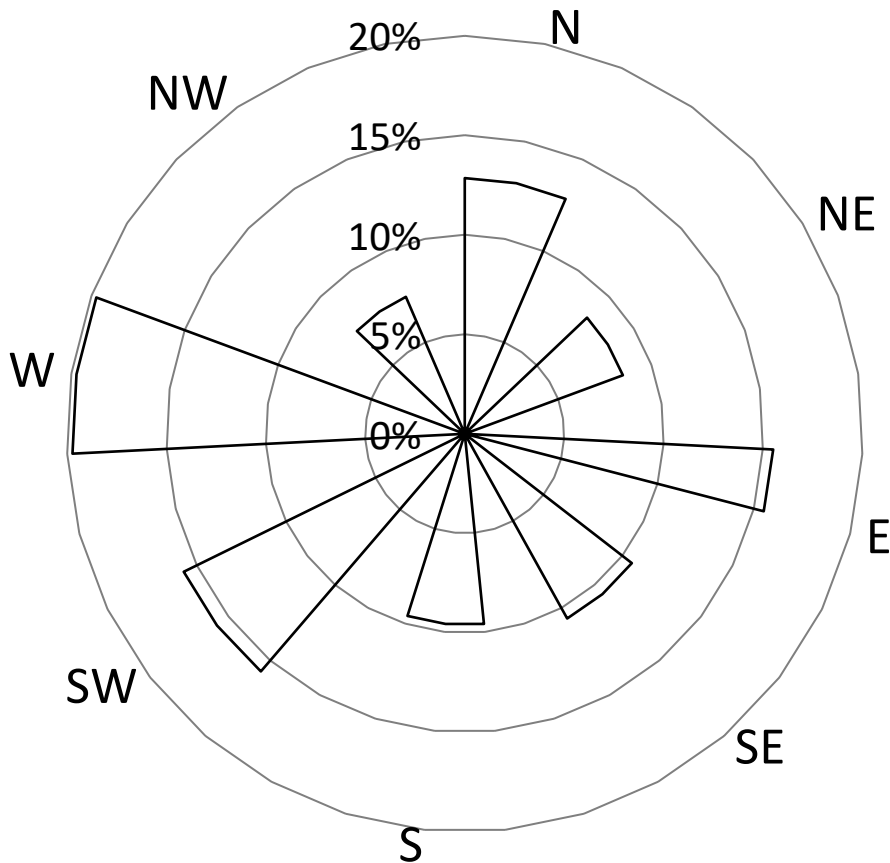
Figur 4. Exploateringsområde indelat i tre zoner med olika persontäthet.

Tabell 3. Persontäthet för de olika zonerna.

Personbelastning	Zon 1		Zon 2		Zon 3	
Intervall (m) järnväg	0	40	40	130	130	215
Persontäthet (inv/km ²)	0		10 000		10 000	

4.3 Vind- och väderförhållanden

Statistik för vindriktning har uppmätts av SMHI [7] vid Hörby , söder om Stehag (Figur 5). Statistiken visar att det i ca 37 % procent (SW, S och SE) av fallen blåser mot planområdet från farligt godslederna.



Figur 5. Vindros för en mätstation för Hörby. Vindros redovisar vilken riktning vinden blåser från.

4.4 Södra stambanan

Södra stambanan ligger ca 45 meter från aktuellt exploateringsområde.

Utförda beräkningar har baserats på statistik för tågpassager genom Stehag som förväntas passera aktuell exploateringsområde för prognos år 2040 [5]. Enligt Trafikanalys så utgörs ca 5% [8] av alla godståg av farligt gods, sett på nationell nivå i Sverige. En sammanfattning av antal tåg förbi aktuell exploatering för år 2040 redovisas i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Uppskattad trafikmängd per dygn på järnvägen fördelad på olika trafikslag prognos 2040 [9].

	Godståg	Övriga tåg	Totalt
Antal	13 730	56 960	70 690

I Tabell 5 nedan presenteras ett medelvärde av farligt gods fördelning som baseras på nationell statistik framtagen av Trafikanalys för år 2009-2018 [10].

Tabell 5. Tabell på nationell fördelning av de olika RID-klasserna [10].

RID-klass	Fördelning (%)
1 Explosiva ämnen och föremål	0,0%
2.1 Brandfarliga gaser	19,4%
2.3 Giftiga gaser	6,5%
3 Brandfarliga vätskor	38,0%
4 Brandfarliga fasta ämnen	3,8%
5.1 Oxiderande ämnen och organiska peroxider	14,4%
6.1 Giftiga ämnen	1,9%
6.2 Smittsamma ämnen	0,0%
7 Radioaktiva ämnen	0,0%
8 Frätande ämnen	15,0%
9 Övriga farliga ämnen	1,1%

5 Riskidentifiering

Riskidentifieringens syfte är primärt till för att kartlägga vilka typer av olyckor som kan inträffa. Vid en riskutredning för transport av farligt gods innebär detta primärt att identifiera vilka godsklasser (RID-klasser) som transporteras förbi planområdet och i vilken omfattning.

5.1 Möjliga olyckor

Nedan i Tabell 6 redovisas tänkbara olyckor och konsekvenser för respektive RID-klass.

Tabell 6. Klassindelning över farliga ämnen samt vad de skulle kunna ge upphov till för konsekvenser [11].

ADR-klass	Skadehändelse				Exempel på konsekvens vid olycka
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrigt	
1 Explosiva ämnen och föremål	X				Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor
2 Gaser	X	X	X		<i>Brännbara gaser</i> Värmestrålning genom jetflamma, BLEVE, brännbart gasmoln eller gasmolnsexplosion som kan påverka människor och egendom. <i>Giftiga gaser</i> Toxiska effekter genom giftiga gasmoln som kan påverka miljö och människor
3 Brandfarliga vätskor	X	X	X		Värmestrålning genom pölbrand som kan påverka människor och egendom. Även gasmolnsbränder kan vid vissa väderförhållanden skada människor.
4 Brandfarliga fasta ämnen		X			Värmestrålning genom brand i materialet som kan påverka människor och egendom lokalt med korta koneskvensavstånd.
5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider	X	X			Värmestrålning genom brand i materialet som kan påverka människor och egendom. Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen som exempelvis organiska material (oljor eller drivmedel). Reaktionen mellan ämnena kan leda till brand och/eller explosion med tryck- och värmestrålningsskador som följd.
6 Giftiga ämnen			X		Toxiska effekter på miljö och människa.
7 Radioaktiva ämnen			X	X	Strålskada på miljö, människa och egendom.
8 Frätande ämnen				X	Frätskador på egendom och människor.
9 Övriga farliga ämnen och föremål				X	Konsekvenser är generellt begränsade till vägens närområde med lokalpåverkan.

Att döma av Tabell 6 är det främst farligt gods i RID-klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5.1 som förväntas leda till dödliga konsekvenser bortom vägens direkta närområden (enstaka meter). Risken förknippad med transport av dessa varor kommer därför att utredas närmare.

Detaljerade indata till beräkningarna finns i Bilaga A – Sannolikhetsbedömningar och Bilaga B – Konsekvensbedömningar för farlig godsolycka. Övriga kategorier transporteras ej på väg eller bedöms vid ett utsläpp endast påverka vägens absoluta närområde, varför dessa inte utreds närmre.

6 Riskuppskattning

Nedan redogörs för de sannolikhets- och konsekvensberäkningar som gjorts i denna riskutredning. I Bilaga A – Sannolikhetsbedömningar och Bilaga B – Konsekvensbedömningar för farlig godsolycka redovisas tillvägagångssätt för beräkningar och antaganden mer utförligt. De framräknade frekvenserna för olyckor och konsekvensavstånd har använts för att beräkna individrisk och samhällsrisk i en Excel-baserad beräkningsmodell.

6.1 Sannolikhetsberäkning

I avsnitten nedan redovisas övergripande frekvensen för olycka med farligt gods på järnväg.

Södra stambanan

Frekvensen för olycka med farligt gods på järnväg har beräknats utifrån den metodik som presenteras i Banverkets² rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [3]. Frekvensen för att en godstågsolycka där last med farligt gods (samtliga RID-klasser) ingår ska inträffa har beräknats till $1,17 \cdot 10^{-4}$, d.v.s. en olycka inträffar på ungefär 8517:e år. Detaljerade beräkningar samt sannolikheten för olika händelseförlopp efter utsläppet redovisas i Bilaga A.

² Nuvarande Trafikverket.

6.2 Konsekvensberäkning

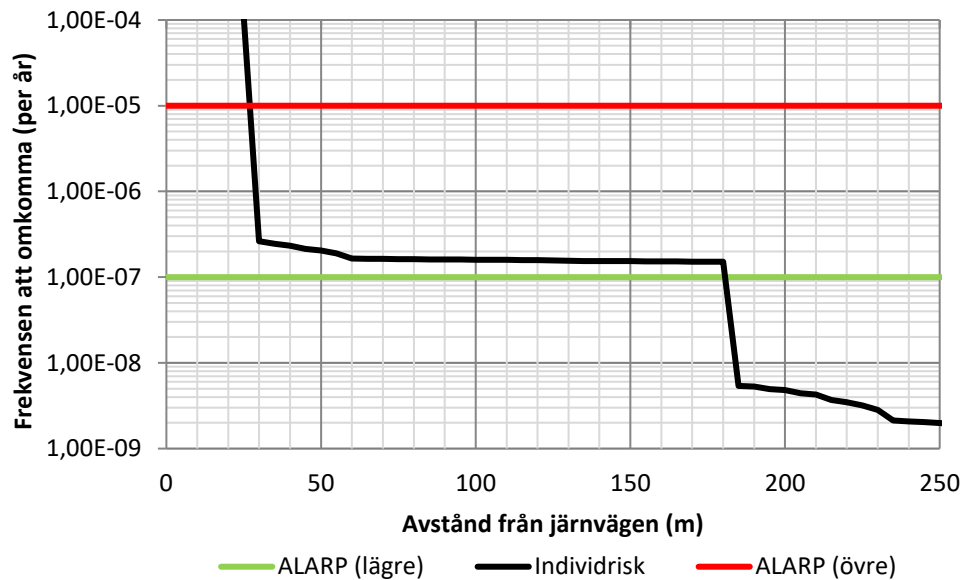
Konsekvensberäkningar i denna riskutredning har gjorts med hjälp av litteraturstudier gällande gränsvärden för exponering av olika sorters farliga ämnen och programvaran ALOHA [6]. Indata och bedömningar vid konsekvensberäkningarna, konsekvensavstånd till dödliga skador redovisas i Bilaga B – Konsekvensbedömningar för farlig godsolycka.

6.3 Resultat

Nedan redovisas individrisk och samhällsrisk för det aktuella området.

Individrisk

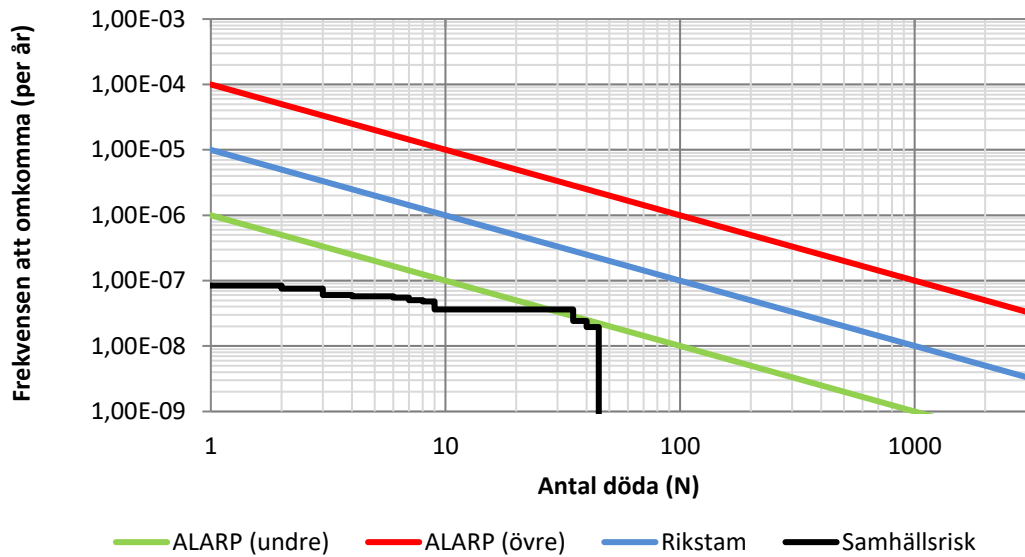
Individrisken orsakad av eventuella olyckor på Södra stambanan är inom den lägre delen av ALARP-området på upp till 180 meters avstånd från järnvägen, se Figur 6.



Figur 6. Individrisken (svart kurva) från Södra stambanan mot studerat område.

Samhällsrisk

Nedan redovisas samhällsrisken (Figur 7). Samhällsrisken är låg och tangerar den lägre ALARP-gränsen.



Figur 7. Samhällsrisken för studerat område.

7 Riskvärdering

Riskvärdering avser den fas i riskutredningen där beräknade risker bedöms acceptabla eller ej. Därefter avgörs om ett behov av riskreducerande åtgärder finns. Acceptanskriterier har hämtats från Räddningsverkets rapport *Värdering av risk* [1].

Denna rapport beskriver ett antal vägledande principer för värdering av risk samt ett ALARP (As Low As Reasonably Practicable) – område för individ- och samhällsrisk. Risker som överstiger ALARP-området är för stora och åtgärder måste vidtas. Risker inom ALARP-området ska reduceras så långt det är praktiskt möjligt och ekonomiskt försvarbart. Risker understigande ALARP-området bedöms som acceptabla utan vidare åtgärder.

7.1 Värderingskriterier

Värderingskriterierna som används för att bedöma huruvida risken är acceptabel är baserade på de risknivåer som anges i avsnitt 3 för individrisk och samhällsrisk.

Om risken understiger den undre gränsen av ALARP-området (undre acceptanskriteriet) är risken att betrakta som acceptabel.

Om risken överstiger den undre gränsen av ALARP-området (undre acceptanskriteriet) är risken att betrakta som acceptabel om det inte finns några rimliga åtgärder som kan vidtagas för att minska risken. Med rimliga åtgärder menas åtgärder som är ekonomiskt och praktiskt försvarbara.

Om risken överstiger den övre gränsen av ALARP-området (övre acceptanskriteriet) ska åtgärder vidtas så att riskerna understiger denna nivå, och sedan ska samma bedömning som stegen ovan genomföras.

7.2 Samlad bedömning utifrån individ- och samhällsrisk

Södra stambanan ger individrisknivåer som är inom ALARP-området. Först efter 180 meter understigs den nedre ALAP-området. Åtgärder behöver således vidtas för att acceptera den högre risknivån. På längre avstånd från spåret är det främst giftiga gaser som resulterar i att individrisknivån hamnar inom ALARP-gränsen. På kortare avstånd från spåret är det brandfarliga vätskor som ger ett individriskbidrag.

Samhällsrisk tangerar endast den lägre ALARP-gränsen och även här är giftiga gaser orsaken till riskbidraget.

Sammantaget innebär det att endast enklare ekonomiskt försvarbara och praktiskt genomförbara åtgärder behöver vidtas mot brandfarliga vätskor, brandfarliga gaser och giftiga ämnen.

8 Riskreducerande åtgärdsförslag

Riskreducerande åtgärder i denna riskutredning har identifierats utifrån det specifika planförslaget samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [12]. Nedan redovisas åtgärder som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån. De olyckshändelser som har störst påverkan på området är giftiga gaser och brandfarliga vätskor. Detaljprojektering av föreslagna åtgärder genomförs inte i denna utredning.

8.1 Behov av riskreducerande åtgärdsförslag

Resultatet från riskbedömningen visar att enklare åtgärder som är ekonomiskt försvarbara och praktiskt genomföra ska vidtas.

8.2 Möjliga riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder 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. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art.

8.3 Möjliga riskreducerande åtgärder

I Tabell 7 nedan ges en sammanfattning och kvalitativ bedömning av de riskreducerande åtgärdsförslagen samt deras påverkan på riskbilden. Funktion och utformning av valda riskreducerande åtgärder måste utredas och optimeras specifikt i det enskilda fallet och regleras i detaljplan.

Tabell 7. Sammanställning av åtgärders riskreducerande effekt fördelat för respektive typ av olycka.

Riskreducerande Åtgärd	ADR/RID Klass 1			ADR/RID klass 2				ADR/RID klass 3		ADR/RID klass 5		Trafikolycka	
	Tryck	Strålningspåverkan	Splitter	Gasmolnsexplosion	Jetflamma	BLEVE	Utsläpp giftig gas	Strålningspåverkan	Tryck	Splitter	Urspårning tåg	Avväkning lastbil	
Dike								x			x	x	
Avåkningsräcke								x			x	x	
Vegetation			x	x			x	x		x	x	x	
Vall	x	x	x		x			x		x	x	x	
Mur/plank	x	x	x	x	x			x		x	x	x	
Disposition av byggnad	x	x	x	x	x			x		x			
Placering av friskluftsintag							x						
Förstärkning av stomme/fasad	x		x							x	x	x	
Begränsning av fönsterarea	x	x	x	x	x	x		x	x	x			
Ej öppningsbara fönster		x					x	x					
Brandskydd i fasad		x		x	x	x		x					
	x	Tveksam riskreducerande effekt eller svårighet att genomföra praktiskt											
	x	Begränsad riskreducerande effekt eller utmanande att genomföra praktiskt											
	x	God riskreducerande effekt och möjlig att genomföra praktiskt											

9 Rekommenderade riskreducerande åtgärder för nybyggnation

Med motivering av att risken är inom ALARP-området så bedöms nedanstående åtgärdsförslag som praktiskt genomförbara och ekonomiskt försvarbara.

9.1 Disposition av byggnad

Entréer eller utrymningsvägar får vara riktade mot riskkällan men det ska samtidigt finnas utrymningsvägar i motsatt riktning från riskkällan. Denna åtgärd bedöms medföra att människor ges möjligheten till utrymning utan att bli påverkade av riskkällan när de kommer ut från byggnaden.

9.2 Placering av friskluftsintag och nödstopp

Friskluftsintag ska placeras på den fasad som vetter bort från Södra stambanan på så långt avstånd från farligt godsleden som möjligt. Syftet med åtgärden är främst att hindra att ett giftigt utsläpp eller giftiga rökgaser att spridas in i byggnaden från en olycka på järnväg. Likaså ska ventilationssystemet förses med nödstopp för att minska risken att giftiga gaser tar sig in i byggnaderna.

9.3 Vall

Vall kommer behöva finnas som resultat av bullerutredningen. Denna vall bedöms kunna fungera som en barriär mellan riskkällan och planområdet och därmed ge skydd mot exempelvis olyckor kopplade till brandfarliga vätskor samt urspårningar.

10 Slutsats

Södra stambanan ger individrisknivåer som är inom ALARP-området. Först efter 180 meter understigs den nedre ALAP-området. Åtgärder behöver således vidtas för att acceptera den högre risknivån. På längre avstånd från spåret är det främst giftiga gaser som resulterar i att individrisknivån hamnar inom ALARP-gränsen. På kortare avstånd från spåret är det brandfarliga vätskor som ger ett individriskbidrag.

Samhällsrisken tangerar endast den lägre ALARP-gränsen och även här är giftiga gaser orsaken till riskbidraget.

Sammantaget innebär det att endast enklare ekonomiskt försvarbara och praktiskt genomförbara åtgärder behöver vidtas mot brandfarliga vätskor, brandfarliga gaser och giftiga ämnen.

Med anledning av ovanstående riskvärdering presenteras ett antal åtgärdsförslag som bedöms vara ekonomiskt försvarbara och praktiskt genomförbara utifrån aktuell risknivå:

- Vall längs med planerad exploatering, som resultat av bullerutredningen, bedöms fungera som en barriär mellan riskkällan och planområdet och därmed ge skydd mot brandfarliga vätskor och urspårningar.
- Entréer bör vara riktade bort från riskkällan men får veta mot riskkällan om det också finns utrymningsvägar bort från riskkällan.
- Placering av friskluftsintag för ny bebyggelse ska veta bort från Södra stambanan, samt placeras på så långt avstånd från denna som möjligt.

Föreslagna åtgärder bedöms vara motiverade utifrån ett kostnad-nytta-perspektiv med hänsyn till aktuella risknivåer. Åtgärder som avsevärt försvårar exploateringen eller försämrar boendemiljön för nybyggnationen bedöms inte vara motiverade.

Referenser

- [1] G. Davidsson, L. Mett, M. Lindgren, Sverige, och Statens räddningsverk, *Värdering av risk: FoU rapport*. Karlstad: Räddningsverket, 1997.
- [2] "Riktlinjer för riskhänsyn vid samhällsplaneringen – Bebyggelse intill väg och järnväg med transport av farligt gods (Rapport 2007:06)". Länsstyrelsen i Skånes län, 2007.
- [3] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen (Rapport 2001:5)". Banverket, 2001.
- [4] Trafikverket, "NJDB på webb". <https://njdbwebb.trafikverket.se/>.
- [5] Trafikverket, "Trafikuppgifter_jarvag_t20_och_bullerprognos_2040". Åtkomstdatum: nov. 20, 2020. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomska-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/>.
- [6] ALOHA. Office of Emergency Management & Emergency Response Division.
- [7] "SMHI (2015) Meteorologiska observationer." [Online]. Tillgänglig vid: <http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/>.
- [8] Trafikanalys, "Godstransporter i Sverige - en nulägesanalys (Rapport 2016:7)", apr. 2016. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2016/rapport-2016_7_godstransporter-i-sverige---en-nulagesanalys.pdf.
- [9] Trafikverket, "Trafikuppgifter_buller_prognos_och_t19_20190614". Åtkomstdatum: okt. 20, 2019. [Online].
- [10] Trafikanalys, "Bantrafik statistik", 2018 2009.
- [11] G. Davidsson, U. Postgård, P. Hardestam, Sverige, och Statens räddningsverk, *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Statens räddningsverk, 2003.
- [12] A. Nordlander och P. Ingemar, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport". Räddningsverket och Boverket, Oktober 2006.
- [13] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen (Rapport 2001:5)". Banverket, 2001.
- [14] H. Linderstad och H. Ander, "Översiktsplan för göteborg – Fördjupad för sektorn - Transport av farligt gods". Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, dec. 1997.
- [15] R. Hedenström och T. Lange, *Farligt gods - Riskbedömning vid transport*. Karlstad: Räddningsverket, 1997.

- [16] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, p. 234.", 1993.
- [17] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, p. 234.", 1993.
- [18] "Riktlinjer för riskhänsyn vid samhällsplaneringen – Bebyggelse intill väg och järnväg med transport av farligt gods (Rapport 2007:06)". Länsstyrelsen i Skånes län, 2007.
- [19] L. Helmersson, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transporter av farligt gods på väg och järnväg (VTI rapport Nr 3 387:4)". Banverket, 1994.
- [20] K. Hedström, *ADR-S 2015*. 2015.
- [21] K. Hedström, *RID-S 2015*. 2015.
- [22] S. Fischer, R. Hertzberg, O. Jacobsson, K. . Runn, P. Thaning, och S. Winter, *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*. Stockholm: Försvarets Forskningsanstalt, 1997.
- [23] B. Andersson, "Introduktion till konsekvensberäkningar – Några förenklade typfall". Departement of Fire Safety Engineering, Lund University, 1992, [Online]. Tillgänglig vid: <https://lup.lub.lu.se/search/publication/605267>.
- [24] "Faktainsamling CBRN". Försvarmakten, Krisberedskapsmyndigheten & FOI, 2008, [Online]. Tillgänglig vid: <http://www.faktasamlingcbrn.foi.se/>.

Bilaga A – Sannolikhetsbedömningar

För att kunna uppskatta risknivån i det aktuella området måste en bedömning av sannolikhet för en olycka med efterföljande utsläpp av farligt gods göras. Denna bedömning görs mot bakgrund av olycksfrekvensmodellen från Banverket³ [13]. Med hjälp av denna modell uppskattas sannolikheten för en trafikolycka med utsläpp av farligt gods. Vad som sker efter att utsläppet uppstått beskrivs separat för respektive farlig godsklass i nedanstående underkapitel.

Olycka med farligt gods på järnväg

Banverkets modell för skattning av olycksfrekvensen på järnväg utgår från följande tänkbara skadehändelser för att uppskatta olycksfrekvensen [13].

- Urspårning
- Påkörning i samband med urspårning
- Sammanstötning mellan tåg
- Bränder
- Plankorsningsolycka
- Olycka vid växling/rangering

Frekvensen beräknas för respektive skadehändelse, därefter adderas dessa för att uppskatta den totala olycksfrekvensen för det aktuella spårområdet. Nedan redovisas en beskrivning av respektive skadehändelse.

³ Nuvarande Trafikverket.

Urspårning

Anledning till en urspårning kan grovt uppdelas i två typer av fel, fordonsfel eller banfel. För att kunna bedöma frekvensen för olycka behövs därför indata om fordon och järnvägsbanan. I Tabell 8 nedan redovisas indata för att uppskatta urspårningsfrekvensen.

Tabell 8. Indata för att uppskatta urspårningsfrekvensen

Variabel	Värde
Andel FG vagnar per godståg	0,05 [8]
Antal vagnaxlar per vagn	3
Antal växlar i sidospår	3
Antal växlar i tågspår	3
Spårkvalité	A
Hastighetsklass	Tåghastighet (TH)
Antal godsvagnar som förväntas spåra ur vid olycka	3,5 [14]

Nedan i Tabell 9 nedan redovisas de händelser som kan leda till urspårning samt den förväntade urspårningsfrekvensen för spårsträckan.

Tabell 9. Beräknad frekvens för respektive händelse som kan leda till urspårning

Urspårnings-olyckor	Antal FG-olyckor (per år)	Antal olyckor (per år)	Enhet
Rälsbrott	$3,78 \times 10^{-5}$	$1,57 \times 10^{-4}$	vagnaxelkm
Solkurva	$1,00 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$3,02 \times 10^{-4}$	$1,25 \times 10^{-3}$	vagnaxelkm
Växelfel	$6,64 \times 10^{-3}$	$2,75 \times 10^{-2}$	antal tågpassager
Vagnfel	$9,71 \times 10^{-3}$	$2,34 \times 10^{-3}$	vagnaxelkm
Lastförskjutning	$3,02 \times 10^{-4}$	$1,25 \times 10^{-3}$	vagnaxelkm
Anna orsak	$7,83 \times 10^{-4}$	$3,25 \times 10^{-3}$	tågkm
Okänd orsak	$7,97 \times 10^{-3}$	$1,92 \times 10^{-3}$	tågkm

Påkörning i samband med urspårning

Ett urspårat tåg kan hamna inom intilliggande spårområde och orsaka en kollision. Detta kan i sin tur orsaka leda till en farlig godsolycka. Nedan redovisas beräkningar för att bedöma antalet påkörningar i samband med urspårning.

$$P = (U \times K \times F \times N \times B / V) \times 4 \times 10^{-5}$$

Ekvation 2

där

- P = Sannolikhet för påkörning i samband med urspårning
- U = Förväntat antal urspårningar
- K = Andel av de urspårningar som det fria rummet med minst 1 m
- F = Andel vagnar lastade med farligt gods
- N = Antal tåg som passerar i motgående riktning
- B = Signalavstånd+reaktionssträcka+bromssträcka
- V = Hastighet

Nedan i Tabell 10 redovisas de indata som har använts samt förväntat antal påkörningar i samband med urspårning.

Tabell 10. Indata och resultat vid beräkning av antalet påkörningar i samband med urspårning

Variabel	Värde
U	1,23*10 ⁻² (Se Tabell 9)
K	0,1 [13]
F	0,05 [8]
N	6
B	12000 [2]
V	70 km/h
Resultat (P)	1,62 × 10⁻⁷

Sannolikheten för påkörning av en farligt-godsvagn i samband med en urspårning är betydligt mindre än sannolikheten för en urspårning och har en marginell påverkan på risknivån. Dock skulle olycksförloppet sannolikt förvärras avsevärt om detta inträffar.

Sammanstötning mellan tåg

Sannolikheten för sammanstötning mellan tåg bedöms vara så låg att den inte är relevant i denna riskutredning [13].

Bränder

Bränder kan orsakas av tågagnar, t.ex. om bromsarna ligger på permanent under drift. Heta järnpartiklar kan då antända brännbart material i närheten av rälsen. Den mest sannolika konsekvensen av detta är en gräsbrand, vilket ej skulle påverka planområdet. Vid antändning av t.ex. en byggnad eller stora mängder brännbart material kan en storbrand uppstå. Denna händelse bedöms dock inte leda till några omedelbara dödliga skador. Denna händelse utreds därför ej vidare i denna riskutredning.

Plankorsningsolycka

På den aktuella finns inga plankorsningar, varför denna händelse ej utreds vidare.

Växling- eller rangeringsolycka

Inom det aktuella området sker ingen rangering varför denna olyckshändelse ej utreds vidare.

Sammanställning och sannolikhet för skadehändelser

Nedan i Tabell 11 redovisas den förväntade frekvensen för respektive skadehändelse som kan leda till en olycka med godståg på det aktuella området.

Tabell 11. Sammanställning av sannolikheten för en farlig godsolycka

Skadehändelse	Olycksfrekvens
Urspårning	$1,23 \times 10^{-2}$
Påkörning i samband med urspårning	$1,62 \times 10^{-7}$
Sammanstötning mellan tåg	Låg sannolikhet, ej aktuellt
Bränder	Låg konsekvens, ej aktuellt
Plankorsningsolycka	Ej aktuellt
Olycka vid rangering	Ej aktuellt

Händelseförlopp vid utsläpp av brandfarliga gaser – RID-klass 2.1

Ett utsläpp av brandfarliga gaser kan skada människor dels genom förgiftning och dels genom värmestrålning eller tryckpåverkan, om gasen skulle antända. Om ett utsläpp av brandfarlig gas inte antänder i direkt anslutning till olycka skulle ett drivande gasmoln kunna uppstå som sannolikt har toxiska effekter för människor. Ett sådant gasmoln skulle vara mycket lättantändligt då en brännbar blandning bildas tillsammans med luftens syre. Energin i ett fordon, en cigarett eller gatljus skulle kunna antända gasmolnet. Detta innebär att ett gasmoln med tillräckligt hög koncentration för att förgifta människor sannolikt antänder och leder till brännskador långt innan allvarlig förgiftning uppstår. Människor förväntas därmed inte skadas allvarligt förrän läckage antänder. I denna riskutredning undersöks endast strålningspåverkan och de toxiska.

Om ett utsläpp av brandfarlig gas antänds kan någon av följande skadehändelser/scenarier inträffa. Gasen skulle kunna antända direkt efter utsläppet och ge upphov till jetflamma. Beroende på utsläppets storlek och trycket i det tryckkärl som gasen förvaras i kan jetflamman bli upp till ca 80 m. Jetflamman kan skada människor och egendom dels genom en direkt träff av jetflamman och dels genom värmestrålning från flamman.

Det andra scenariot är mycket osannolikt, men kan inträffa om två tryckkärl transporteras med samma fordon och tryckkärlens säkerhetsventil är ur funktion. Skadehändelsen/scenariot kallas BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) och kan inträffa om ett tryckkärl med kondenserad brandfarlig gas utsätts för extrem upphettning. Tryckkärllet förlorar då sin tryckbärande förmåga och briserar med ett stort eldklot som följd. Människor och egendom kan då skadas av värmestrålning och splitter eller stora kaststycken från t.ex. tryckkärllet. Denna händelse förväntas endas ske som en dominoeffekt av en jetflamma eller mycket kraftig fordonsbrand, som i sin tur hettar upp det lastade tryckkärllet.

Det tredje scenariot är gasmolnsbrand eller gasmolnsexplosion. Dessa skadehändelser kan inträffa om inte gasmolnet antänder direkt efter att utsläppt inträffat. Då kan ett gasmoln driva iväg i vindriktningen och antända långt ifrån utsläppskällan. Vid en gasmolnsbrand bedöms endast allvarliga skador uppstå på de personer och byggnader som är inom molnet. Vid en gasmolnsexplosion kan en tryckvåg uppstå som skadar byggnader och i sin tur människor utanför gasmolnet. För att en gasmolnsexplosion ska inträffa krävs dock mycket stora mängder gas i gasmolnet och gasen måste var väl omblandad med luft så att rätt koncentrationer uppstår. En gasmolnsexplosion bedöms därför som mycket osannolik och gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion hanteras därför i denna riskutredning under samma scenario.

Skulle ett läckage uppstå så är konsekvenserna starkt beroende av utsläppets storlek. I denna riskutredning bedöms följande utsläppscenarier representativa för olycka på järnväg, se Tabell 12 nedan.

Tabell 12. Utsläppscenarier för farliga godsolyckor på väg och järnväg vid ett utsläpp av brandfarlig gas [15].

Farlig godsolycka på väg och järnväg		
Utsläppbeskrivning	Håldiameter (mm)	Sannolikhet
Litet utsläpp	10	0,625
Medelstort utsläpp	30	0,208
Stort utsläpp	110	0,167

Vid ett läckage kan utsläppet antända direkt, inte antända alls eller så sker en fördröjd antändning. När eller om gasen antänder fås stor inverkan på konsekvensernas omfattning. Nedan i Tabell 13 följer de antändningsscenarier som har beräknats.

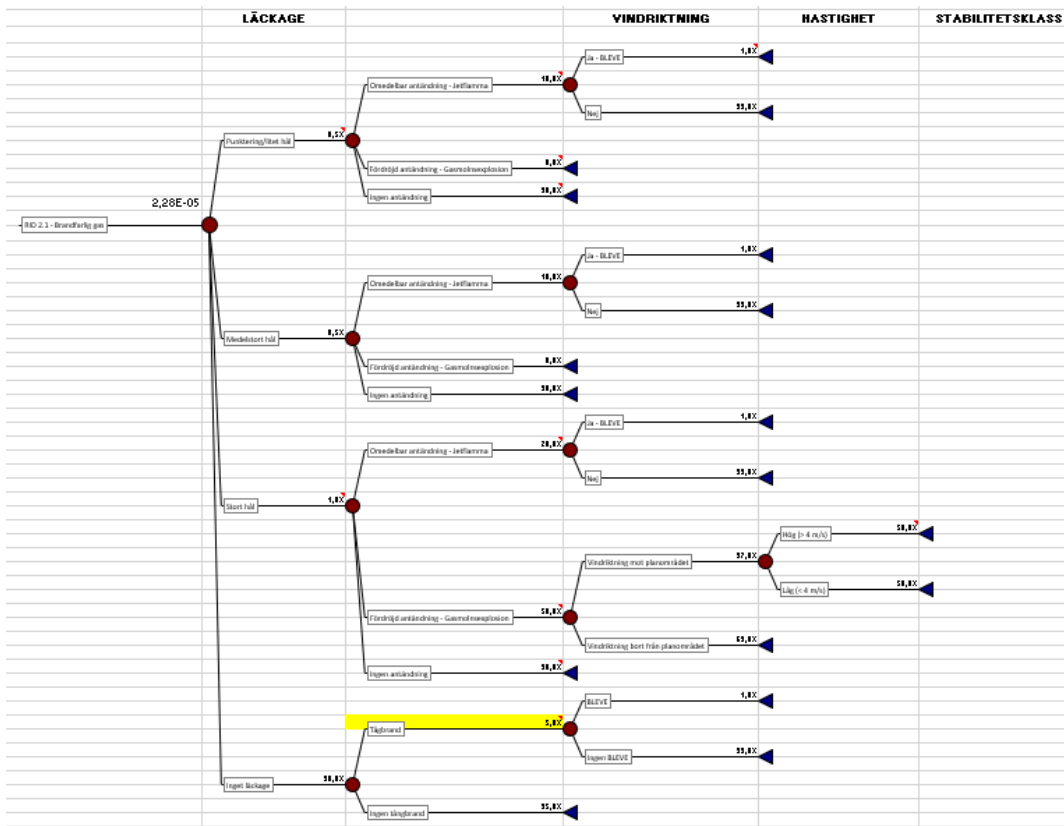
Tabell 13. Antändningsscenarier vid utsläpp av brandfarlig gas[16] [15] för väg.

Utsläpp JÄRNVÄG	Omedelbar antändning - Jetflamma	Fördröjd antändning – gasmolnsexplosion	Ingen antändning
Litet utsläpp	10 %	0 %	90 %
Medelstort utsläpp	10 %	0 %	90 %
Stort utsläpp	20 %	50 %	30 %

En BLEVE hanteras som en dominoeffekt av en jetflamma och bedöms mycket konservativt inträffa i 1 % av de fall som en jetflamma uppstår.

Givet en olycka är sannolikheten för utsläpp 0,5 % för litet respektive medelstort hål och 1 % för stort hål [17].

Händelsetråd redovisar ett tänkbart händelseförlopp vid en farlig godsolycka med brandfarlig gas för järnväg (Figur 8).



Figur 8. Händelseträd för RID-klass 2.1 – Brandfarliga gaser.

Händelseförlopp vid utsläpp av giftiga gaser – RID-klass 2.3

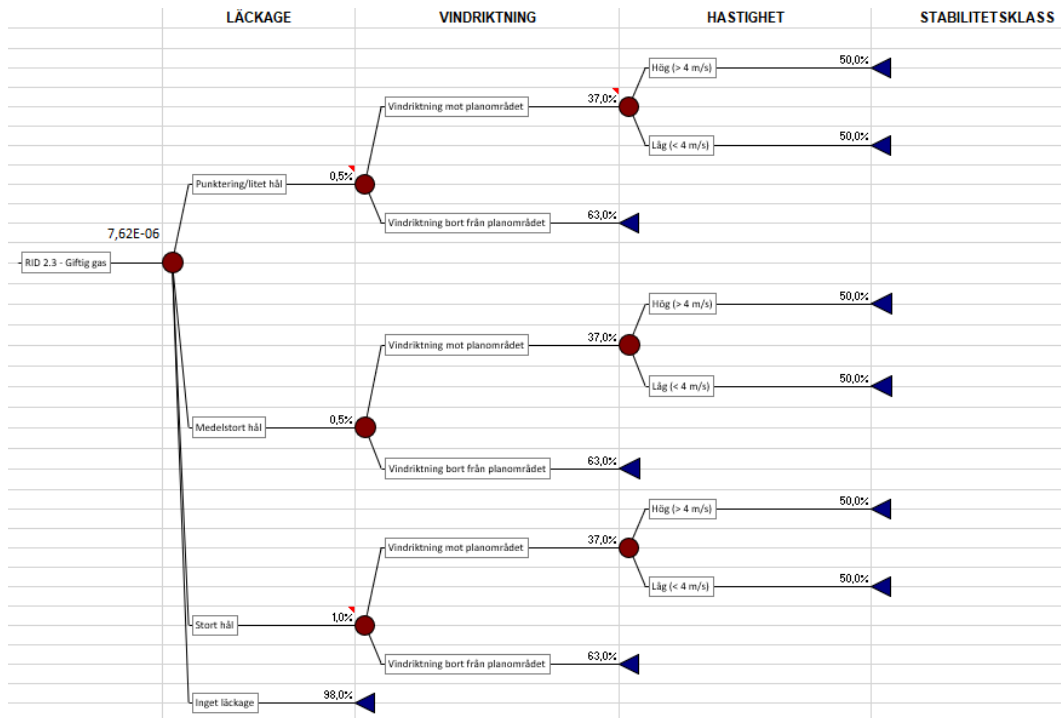
Farlig godsklass 2.3, giftiga gaser, kan ha en starkt toxisk effekt om människor exponerad för något av dessa ämnen. Konsekvenserna som uppstår vid ett utsläpp av giftig gas beror bland annat på läckagets storlek, gasens toxicitet, vind- och väderförhållanden och områdets topografiska förutsättningar.

De vanligaste giftiga gaser med hög toxicitet som transporteras på svenska trafikleder är klor, ammoniak och svaveldioxid, där klor är den giftigaste av dem. På järnväg kan det transporteras upp till ca 65 ton per vagn. De ovan beskrivna gaserna transporteras vanligen i tjockväggiga tryckkärl vilka klarar relativt stora påfrestningar vid en trafikolycka utan att punktering och utsläpp av gasen sker. Om ett sådant utsläpp ändå sker är skadeområdet starkt beroende av utsläppets storlek, vind- och väderförhållanden samt geografiska- topografiska förhållanden inom planområdet. Utsläppets storlek representeras i denna riskutredning av ett litet (10 mm hål), medelstort (30 mm hål) och stort (110 mm hål) utsläpp [18].

Vindriktningen styr om personer inom det aktuella planområdet exponeras för den utsläppta gasen, i denna riskutredning bedöms vindriktningen vara sådan att personer som vistas inom det aktuella området exponeras i ca 23 % respektive 42 % av fallen om en olycka inträffar på spåret och i ca 25 % av fallen om olyckan istället inträffar på väg.

Givet en olycka är sannolikheten för utsläpp 0,5 % för litet respektive medelstort hål och 1 % för stort hål [17].

Händelsesträd på nästa sida redovisar tänkbara händelseförlopp vid en farligt-godsolycka med explosiva varor för järnväg (Figur 9).



Figur 9. Händelsetråd för RID-klass 2.3 – Giftiga gaser.

Händelseförlopp vid utsläpp av brandfarliga vätskor – RID-klass 3

Vid ett utsläpp av brandfarlig vätska skulle människor i närheten av utsläppet kunna skadas allvarligt om utsläppet antänder. Några exempel på brandfarliga vätskor är bensin, E85 (etanol) och diesel. De fysikaliska egenskaperna hos olika brandfarliga vätskor gör att de har olika stor benägenhet att antända, exempelvis antänder sannolikt bensin och E85 mycket snabbare än diesel. Då transportfördelningen mellan olika brandfarliga vätskor är okänd behandlas samtliga transporter med brandfarliga vätskor som transporter med en lättantändlig vätska, t.ex. bensin.

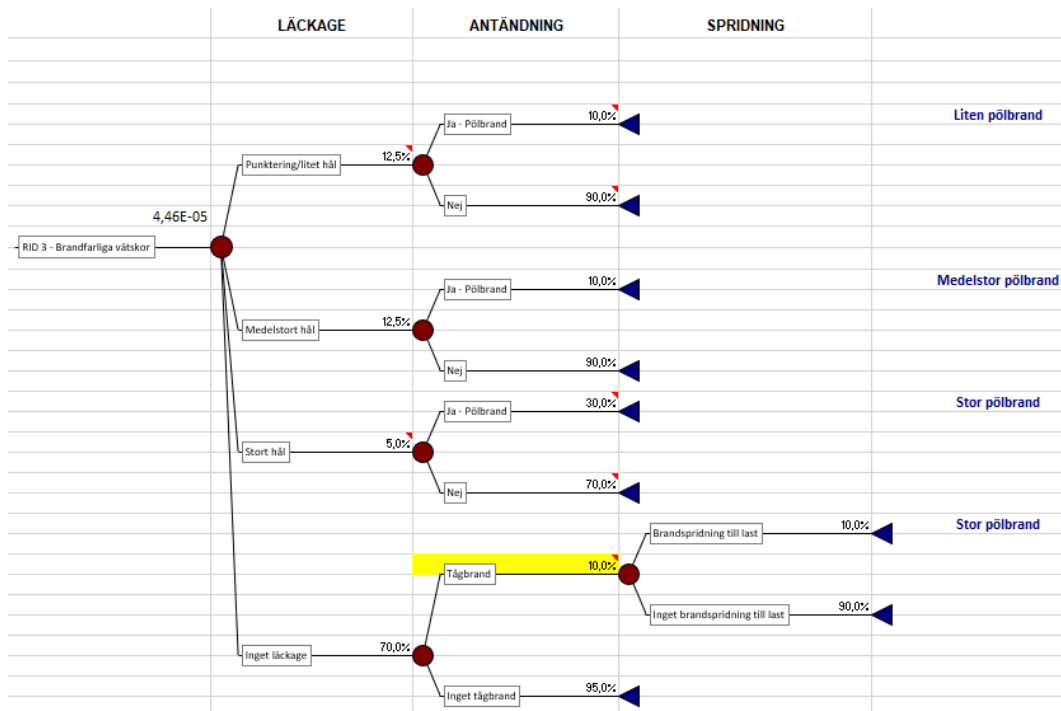
Ett utsläpp av en brandfarlig vätska med efterföljande antändning, resulterar sannolikt i en pölbrand. Konsekvenserna för människor av denna händelse härleds främst till den värmestrålning som pölbranden ger upphov till. Dödliga skador bedöms osannolikt på ett avstånd om mer än 50 m från en pölbrand, men kan ske längre från branden vid olyckliga omständigheter. Ett utsläpp av brandfarlig vätska skulle även kunna ge upphov till en gasmolnsbrand. Om ett stort utsläpp sker en varm dag och vätska är flyktig skulle ett ångmoln kunna bildas och driva iväg. Ångmolnet skulle kunna antända och skada människor och byggnader bortom utsläppsplatsen. Denna händelse bedöms dock som mycket osannolik och utesluts därför från analysen. Nedan i Tabell 14 presenteras sannolikheten för olika utsläpp vid en farligt-godsolycka med brandfarlig vätska.

Tabell 14. Sannolikheten för olika utsläpp vid en farligt-godsolycka med brandfarlig vätska

Farligt-godsolycka på järnväg [19] [13]		
Utsläppbeskrivning	Area [m²]	Sannolikhet
Inget utsläpp	0	0,7
Medelstort/litet utsläpp	200	0,25
Stort utsläpp	400	0,05

Sannolikhet för antändning av vätskepöl antas var 10 % vid ett medelstort/litet och 30 % för ett stort utsläpp

I händelsetråd på kommande sida redovisas tänkbara händelseförlopp vid en farligt-godsolycka med brandfarlig vätska.



Figur 10. Händelsetråd för RID-klass 3 – Brandfarliga vätskor.

Händelseförlopp vid utsläpp av oxiderande ämnen – RID-klass 5

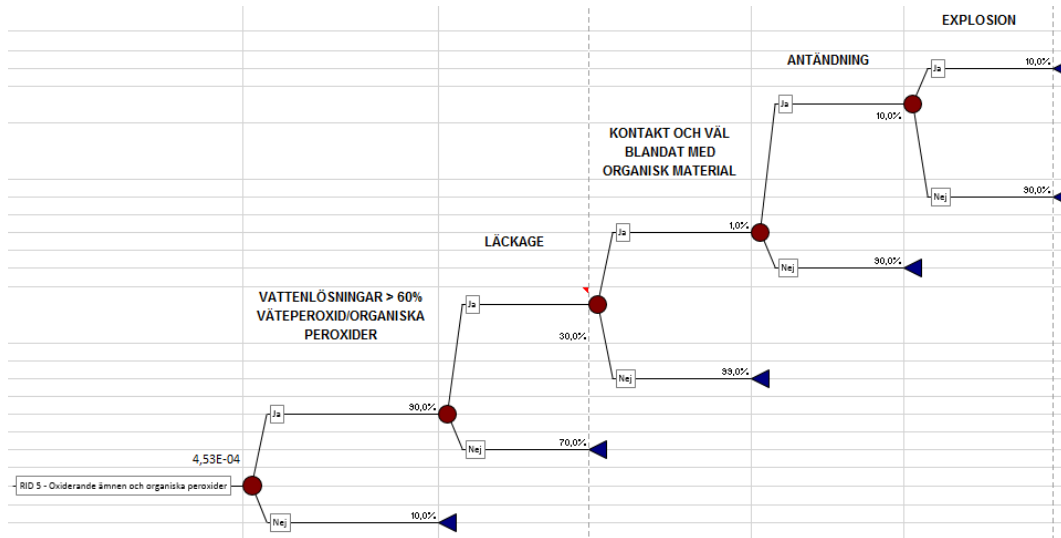
Ett utsläpp av ämnen i RID-klass 5 leder i de flesta fall inte till några personskador. Skulle dock oxiderande ämnen komma i kontakt med organiska material som oljor och drivmedel skulle blandningen kunna självantända med ett explosionsartat brandförlopp som följd. Det explosionsartade händelseförloppet skulle kunna skada människor dels genom den tyckupbyggnad som uppstår och dels genom den värmestrålning som uppstår.

De ämnen som bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid [20], [21]. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten. Ammoniumnitrat har historiskt sett varit inblandat i olyckor med kraftiga bränder och explosioner. En stor del av de oxiderande ämnen som dock transporteras bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Därför antas konservativt att ca 90 % av transporter med RID-klass 5 leda till explosionsartat förlopp.

Det antas att klass 5 ämnen transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage antas därför som för klass 3 ämnen.

Regler kring transport såsom användandet av skyddsvagnar mellan vagnar med farligt gods gör det mycket osannolikt att oxiderande ämnen kommer i kontakt med innehållet i en annan vagn med t.ex. brandfarliga vätskor. Därför antas sannolikheten för att det utläckta ämnet kommer i kontakt med väl blandat och organiskt material till 1 %. Givet att en blandning skett, antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. Av dessa 10 % som en blandning antänt antas 10 % leda till detonation medan 90 % leder till en kraftig brand.

I händelseträdet på kommande sidor redovisas tänkbara händelseförlopp vid en farligt-godsolycka med oxiderande ämnen för järnväg (Figur 11).



Figur 11. Händelsetråd för RID-klass 5.1 – Oxiderande ämnen.

Bilaga B – Konsekvensbedömningar för farlig godsolycka

För att kunna bestämma individ- och samhällsrisk har konsekvensavstånden vid en olycka på järnväg beräknats. Nedan redovisas de skadekriterier och beräkningar som gjorts.

Skadekriterier

Nedan redovisas de skadekriterier som använts för att bestämma vilka konsekvensavstånd som uppstår vid en olycka.

Värmestrålning

I denna riskutredning har avståndet för dödlig värmestrålning satts till 15 kW/m². I de fall ett gasmoln antänder bedöms de personer som vistas inom gasmolnet omkomma men inte personer utanför. Dödligheten för personer som befinner sig utomhus/inomhus på olika avstånd från riskkällan och som befinner sig skyddade av omgivande faktorer som exempelvis av byggnader, vegetation, bilar och andra föremål har inte tagits hänsyn till. Detta för att illustrera en konservativ risknivå.

Som jämförelse kan anges att vid 15 kW/m² bedöms 1 % av utsatta personer omkomma efter 20 sekunder, 50 % efter 1 minut och 99 % efter 2 minuter [22].

Sannolikheten för dödsfall till följd av värmestrålning är beroende av exponeringstiden. I Tabell 15 presenteras de exponeringstider som krävs för att sannolikheten för dödsfall ska uppgå till 1, 50 respektive 99 % vid olika infallande strålningsnivåer, hämtade från institutionen för Brandteknik vid Lunds Universitet [23].

Tabell 15. Exponeringstid vid olika strålningsnivåer och resulterande skadeutfall.

Strålning, kW/m ²	Erforderlig exponeringstid för att ge viss andel dödsfall		
	1 %	50 %	99 %
1,6	500 s	1300 s	3200 s
4,0	150 s	370 s	930 s
12,5	30 s	80 s	200 s
37,5	8 s	20 s	50 s

Några längre exponeringstider bedöms ej vara relevanta då händelseförlopp som genererar värmestrålning antingen är kortlivade (exempelvis BLEVE och gasmolnsbrand) eller får människor att flytta sig bort från värmekällan (exempelvis pölbrand och jetflamma).

Förgiftning vid exponering för giftig gas

Vid ett utsläpp av giftiga gaser kan personer omkomma om de utsätts för höga koncentrationer av gas. Vid konsekvensberäkningarna har klor varit dimensionerande gas vid en järnvägsolycka. Gränsen för dödliga skador har satts vid den koncentration som motsvarar LC50. Vid denna koncentration kan man förvänta sig att 50 % dör om de exponeras för gasen i mer än 30 min. I denna utredning har avståndet till denna koncentration satts som det avstånd där personer kan omkomma. LC₅₀ för svaveldioxid är 750 ppm [24]

- LC₅₀ för klor är 250 ppm [24]

Svaveldioxid och klor är mycket giftiga gaser och att anta att samtliga gaser som transporteras på järnväg är klortransporter anses som ett konservativt antagande som mycket troligt leder till fler döda än om antalet döda beräknats utifrån giftighet för "genomsnittsgasen". Därutöver får det anses konservativt att personer utsätts för gas i mer än 30 minuter.

Konsekvenser vid utsläpp av brandfarliga gaser – ADR/RID-klass 2.1

Konsekvenserna för utsläpp av brandfarlig gas har beräknat i mjukvaran ALOAH [6]. Beräkningarna är gjorda för kondenserad gas, vilket är konservativt då de förväntade konsekvenserna är högre för dessa gaser jämfört med komprimerade gaser. Nedan i Tabell 16 redovisas indata för beräkningarna och resultat.

Tabell 16. Indata för konsekvensberäkningar. Värde 1, 2 och 3 representerar olika modellkörningar där data har varierats. Där det är tomt (-) är det samma värde som under kolumn "Värde 1".

Indata	Värde 1	Värde 2	Värde 3
Vind (m/s)	2	6	-
Stabilitetsklass	A	E	D
Temperatur (°C)	15	-	-
Ytrådhet	Stad/Skog	-	-
Luffuktighet	50%	-	-
Väder	Molnigt	-	-
Ämne	Propan	-	-
Tank	D:2 m L:18	D:2,5 m L:20	-
Massa propan (ton)	25	25	-
Fyllnadsgrad	80%	-	-
Hålet	Mitten av vätskenivå	-	-
Håldiameter (mm)	31	9	3
Övertryck i tank	7 bar	-	-

Nedan i Tabell 17 redovisas resultaten av beräkningarna i ALOAH. Resultaten ska tolkas på följande sätt:

- BLEVE: Längden avser det avstånd från centrum där människor förväntas få andra gradens brännskador under den tid som eldklotet varar [22]. Tiden är utskriven inom parentes. Vid andra gradens brännskador förväntas 15 % av en exponerad befolkning omkomma till följd av skadorna. Avståndet bedöms därför konservativt.
- Jetflamma: Längden avser jetflamman längd. Bredden avser avstånden från jetflamman till 15 kW/m². Konsekvensområdet beräknas som en rektangel där bredden utgörs av det dubbla avståndet för avståndet till 15 kW/m² eftersom strålningen sker i två riktningar. Inom detta område förväntas oskyddade personer omkomma närmast järnvägen. Utbredningen av jetflamma antas vara

vinkelrät (90°) från spårområdet och längs med markplanet. Detta innebär att området som drabbas alltid är det största möjliga, vilket är ett mycket konservativt antagande.

- Gasmolnsbrand: Gasplymen bedöms ha formen av en liksidig triangel. Längden avser triangelns höjd (avstånd in på planområdet) och bredden avser halva plymens bas (halva spridningsavstånd i sidled på längsta konsekvensavstånd).

Tabell 17. Resultat av konsekvensberäkningar i ALOHA.

Scenario	Järnväg	
	Längd (m)	Bredd (m)
BLEVE	375	
Jetflamma (liten)	10	6
Jetflamma (medelstor)	23	17
Jetflamma (stor)	74	74
Gasmolnsbrand (liten)		
Gasmolnsbrand (medelstor)		
Gasmolnsbrand (stor)	162-274	53-221

Konsekvenser vid utsläpp av giftiga gaser – ADR/RID-klass 2.3

Konsekvenserna för utsläpp av giftig gas har beräknat i mjukvaran ALOAH [6]. Vid beräkningarna har klor varit dimensionerande för utsläpp vid järnvägolycka. Nedan i Tabell 18 redovisas indata för beräkningarna och resultat.

Tabell 18. Indata för konsekvensberäkningar. Värde 1, 2 och 3 representerar olika modellkörningar där data har varierats.

Indata	Värde 1	Värde 2	Värde 3
Vind (m/s)	2	6	-
Stabilitetsklass	A	E	D
Temperatur (°C)	15	-	-
Ytrådhet	Stad/Skog	-	-
Luftfuktighet	50%	-	-
Väder	Molnigt	-	-
Ämne	Svaveldioxid	Svaveldioxid	-
Tank	D:2 m L:18	D:2,5 m L:20	-
Massa propan (ton)	25	25	-
Fyllnadsgrad	80%	-	-
Hålet	Mitten av vätskenivå	-	-
Håldiameter (mm)	31	9	3
Ångtryck (kPa)	Klor: 670	Svaveldioxid: 330	-
Gränsvärde (LC ₅₀)	Svaveldioxid: 750 ppm	Svaveldioxid: 750 ppm	-

Nedan i Tabell 19 redovisas resultaten av konsekvensberäkningarna. Plymen har konservativt betraktat som en rektangel. Längden i Tabell 19 beskriver rektangelns längd (avstånd in på planområdet) och bredden beskriver halva rektangelns bredd (spridning i sidled).

Tabell 19. Resultat av konsekvensberäkningar i ALOHA.

Scenario	Järnväg	
	Längd (m)	Bredd (m)
Svaveldioxid (liten)	-	-
Svaveldioxid (medelstor)	-	-
Svaveldioxid (stor)	-	-
Klor (liten)	214-239	38-96
Klor (medelstor)	657-703	120-340
Klor (stor)	2200-2400	480-1560

Konsekvenser vid utsläpp av brandfarliga gaser – ADR/RID-klass 3

Konsekvensberäkningarna är utförda med mjukvaran ALOHA [6]. Nedan redovisas scenarier, indata och resultat.

Följande förutsättningar gäller för beräkningarna:

- Bränsle: Hexan⁴
- Pölarea: 200 och 400 m²
- Temperatur: 15 °C
- Vind: 3-6 m/s
- Stabilitetsklass: D

Nedan i Tabell 20 redovisas resultaten av beräkningarna. Konsekvensavståndet beskriver avståndet (längden) till 15 kW/m² för pölbrand och för gasmolnsbrand beskriver längd och bredd gasmolnets storlek.

Tabell 20. Resultat av konsekvensberäkningar för skadehändelser vid utsläpp av brandfarlig vätska.

Scenario	Konsekvensavstånd	
	Längd (m)	Bredd (m)
Stor pölbrand	58	-
Medelstor pölbrand	43	-
Liten pölbrand	32	-

⁴ Högre förbränningshastighet och energivärde än bensin och därmed konservativt.

Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämnen – RID-klass 5

Ett eventuellt läckage av oxiderande ämnen eller organiska peroxider kan leda till brand eller explosion om det vid olyckan blandas med oljor eller drivmedel. En eventuell brand kommer sannolikt att vara mycket intensiv men kortvarig.

Vid en olycka på järnväg är det svårt att säga hur mycket organiskt material som ett utsläpp av oxiderande ämnen kan komma i kontakt med. Konservativt förväntas en explosion med 12 ton oxidator-bränsleblandning kunna ske.

Nedan i Tabell 21 redovisas konsekvenserna som använts vid individ- och samhällsrisikberäkningarna.

Tabell 21. Konsekvensbedömning vid brand och explosion vid utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider.

Scenario	Konsekvensavstånd [m]
Explosion järnvägsolycka (70 kPa övertryck)	95
Brand	58 ⁵

⁵ Se konsekvenser för stort utsläpp av brandfarlig vätska.

Farliga godsklasser som inte bedöms avseende konsekvenser

De övriga RID-klasser, som inte beskrivs ovan, bedöms inte utgöra någon risk för området och anledningarna till detta motiveras nedan.

Anledningarna till att ADR klass 4, Brandfarliga fasta ämnen, inte beräknas är att en brand med brandfarliga fasta ämnen inte bedöms spridas särskilt långt utanför olycksområdet och mängderna som transporteras på det svenska väg- och järnvägsnätet är små.

RID-klass 4.3 – Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten. Klassen kan vid en olycka få allvarliga konsekvenser om brandfarlig gas bildas. Konsekvenser av olyckor med klassen bedöms inte för det aktuella område främst p.g.a. av två anledningar. Den första är att det transporteras små mängder på det svenska väg- och järnvägsnätet. Den andra är att olyckstypen förutsätter att ytterligare en händelse (uppblandning med vatten) ska inträffa förutom läckage och antändning. Frekvensen för en sådan olycka bedöms därmed som så liten att olyckstypen får marginell påverkan på den totala samhällsrisk.

RID-klass 6 – Giftiga och smittförande ämnen omfattar ämnen för vilka det av erfarenhet är känt eller efter djurförsök kan befaras att de vid påverkan vid ett enstaka tillfälle eller under kort tid av relativt små mängder, genom inandning, hudabsorption eller förtäring, kan vara hälsoskadliga eller leda till döden hos människor. Smittförande ämnen avser i ADR/ADR-S ämnen som är kända för att eller sannolikt kan innehålla patogener. Patogener är mikroorganismer (inklusive bakterier, virus, rickettsier, parasiter och svampar) eller andra smittförande substanser, exempelvis prioner, som kan orsaka sjukdomar hos människor eller djur. Det bedöms som osannolikt att en olycka med giftiga ämnen skall ske eftersom transportvolymerna är mycket små. Konsekvenser av olycka med giftiga ämnen bedöms inte i denna utredning.

RID-klass 7 – Radioaktiva ämnen omfattar ämnen som kan ge upphov till strålskador, både på kort- och långsikt. Det bedöms som osannolikt att en olycka med radioaktiva ämnen skall ske eftersom transportvolymerna är mycket små. Konsekvenserna bedöms därför inte i denna utredning.

RID-klass 8 – Frätande ämnen. Ett utsläpp av frätande ämnen (exempelvis svavel-syra eller salpetersyra) kan resultera i häftiga reaktioner vid kontakt med metall, vatten eller brandfarliga ämnen och i vissa fall även brand med strålningspåverkan och brandspridning som följd. Konsekvenserna av ett utsläpp är begränsade till utsläppsplatsens närområde. Därför bedöms inte konsekvenserna av en olycka med denna klass. Åtgärder som begränsar vistelse i närområdet till transportleden, skyddar

mot spridning av vätskor och mot bränder skyddar även mot händelser som kan orsakas av frätande ämnen.

RID-klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål omfattar ämnen och föremål som utgör en fara under transport, vilka inte omfattas av definitionen för andra klasser. Exempel på ämnen och föremål är miljöfarliga ämnen, litiumbatterier, vattenförorenade vätskor mm. Olyckor med denna klass bedöms inte kunna ge några betydande konsekvenser och bedöms därför inte i denna utredning.