

Hökåsen dp 1962
del av Alvesta 1:9 och 3:270 m.fl.
Västerås stad
Västerås

Nybyggnad

Risicanalys av transporter av farligt gods

Status	Preliminär
Utgåva	3
Datum	2023-07-03
Uppdragsbeteckning	4767,027/5657,000
Handlingsbeteckning	FT8-01
Skapad	2022-05-05
Sidor	36
Handläggare	Joel Langborger
E-post handläggare	joel.langborger@firetech.se
Uppdragsansvarig	Martina Ardenmark
E-post uppdragsansvarig	martina.ardenmark@firetech.se

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,027/5657,000	FT8-01	2022-05-05	2023-07-03	3	2 (36)

Sammanfattning

Ett nytt detaljplaneområde (dp 1962) planeras inom Hökåsen, Västerås kommun. Planområdet är placerat i närheten av järnvägssträckan Sala-Oxelösund vilken bland annat används för godståg med farligt gods.

Västerås stad har givit FireTech i uppdrag att genomföra en riskanalys för att utreda riskerna i samband med planerad detaljplan samt utreda vilka eventuella åtgärder som måste genomföras. I detta dokument presenteras resultatet av detta arbete.

Genomförande av riskanalysen inleddes med en kartläggning och beskrivning av området. Därefter genomfördes en riskidentifiering där risker i samband med transporter av farligt gods på sträckan Sala-Oxelösund identifierades. Inga närliggande verksamheter bedöms ha riskbidrag inom området. På grund av mängden farligt gods som kan förväntas transporteras på Sala-Oxelösund, kombinerat med korta avstånd till järnvägen, bedömdes risken initialt som hög. Med anledning av detta har en fördjupad kvantitativ riskanalys genomförts.

Resultaten av riskanalysen visar att beräknad individ- och samhällsrisknivå ligger inom ALARP-område där risker kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna.

Åtgärder som ska vidtas anges i [1] och anges nedan:

Område 0-30 m – Bebyggelsefri zon

Bebyggelsefri zon. Odling och teknisk anläggning som inte kan orsaka skador på urspåret tåg får dock anläggas. Odling ska inte inbjuda till vistelse.

Område 30-50 m – Få och vakna personer

Inom detta område kan parkering, industri, kontor (ej hotell) samt handel (ej samlingslokaler) anläggas.

Skyddsåtgärder ska inom denna zon utgöras av:

- Brandskyddad fasad. Alternativt mur/vall/plank för att skydda mot brandspridning. Ifall det finns befintliga byggnader som utgör en barriär mot järnvägen behövs ingen brandskyddad fasad på bakomliggande byggnad.
- Friskluftsintag och entréer ska placeras så långt ifrån järnvägen som möjligt. Minst en utrymningsväg ska mynna ut i fasad vänd bort från järnvägen. Friskluftsintag ska placeras så högt upp ifrån marken som möjligt.

Område 50-100 m – Persontäta verksamheter

Inom detta område kan bostäder, handel, kontor, idrotts- och sportanläggningar, centrumbebyggelse och hotell bebyggas.

Skyddsåtgärder ska inom denna zon utgöras av att friskluftsintag och entréer ska placeras så långt ifrån järnvägen som möjligt. Minst en utrymningsväg ska mynna ut i fasad vänd bort från järnvägen. Friskluftsintag ska placeras så högt upp ifrån marken som möjligt.

Område > 100 m – Alla bebyggelsetyper

Generellt kan alla bebyggelsetyper byggas inom denna zon, även skolor och vårdbyggnader.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,027/5657,000	FT8-01	2022-05-05	2023-07-03	3	3 (36)

Inga skyddsåtgärder erfordras.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,027/5657,000	FT8-01	2022-05-05	2023-07-03	3	4 (36)

1	ALLMÄNT	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	1
1.3	Avgränsningar	1
1.4	Uppdragsgivare	1
1.5	Utgåva	1
1.6	Metod och rapportens uppläggning	1
1.7	Kvalitetssäkring	2
2	RISKHÄNSYN I DEN FYSISKA PLANERINGEN	3
2.1	Planläggning vid transportleder för farligt gods	3
2.2	Kriterier för riskvärdering	3
2.3	Principer för riskvärdering	5
3	OMRÅDESBESKRIVNING	5
4	INLEDANDE KVALITATIV ANALYS	6
4.1	Riskidentifiering	6
4.2	Transporter av farligt gods på järnvägslinjen Sala-Oxelösund	7
4.3	Grov bedömning av sannolikhet och konsekvens	8
5	ÖVERSIKTLIG RISKBEDÖMNING OCH RISKVÄRDERING	11
6	KVANTITATIV RISKANALYS	12
6.1	Resultat individrisk	12
6.2	Resultat samhällsrisk	12
6.3	Osäkerheter och känslighetsanalys	13
7	RISKVÄRDERING	15
8	REKOMMENDATIONER OCH ÅTGÄRDER	16
9	SLUTSATS	16
	REFERENSER	17
	BILAGA A FREKVENNS OCH SANNOLIKHETSBERÄKNING	19
A.1	Frekvensberäkning urspårning järnväg	19
	BILAGA B – KONSEKVENSBERÄKNINGAR	28
B.1	Allmänt	28
B.2	RID Klass 1.1 – Olycka med massexplodivt ämne	28
B.3	RID Klass 2.1 – Olycka med brandfarlig gas	29
B.4	RID klass 2.3 – Olycka med giftig gas	30
B.5	RID klass 3 – Olycka med brandfarlig vätska	31
B.6	RID klass 5 - Olycka med oxiderande ämnen	32
B.7	RID klass 8 - Olycka med frätande ämnen	32
B.8	Urspårningar	32

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	
4767,027/5657,000	FT8-01	
Status	Skapad	Sida
Preliminär	2023-07-03	1 (36)
Signatur	Datum	Utgåva
Joel Langborger	2022-05-05	3
Innehåll		
Brandtekniska krav avseende detaljplan 1962		

1 Allmänt

1.1 Bakgrund

På begäran av Västerås ska en riskanalys genomföras som utvärderar riskerna för Hökåsen (dp 1962) inom Västerås kommun. I anslutning till planområdet går transportleden Sala-Oxelösund där transporter av farligt gods kan förväntas.

Västerås stad har därför givit FireTech Engineering AB i uppdrag att genomföra en riskanalys av transporter av farligt gods samt ge förslag på eventuella riskreducerande åtgärder som är lämpliga.

1.2 Syfte och mål

Syftet med riskanalysen är att undersöka riskerna för aktuellt område med avseende på transport av farligt gods i anslutning till planområdet.

Riskanalysen ska fungera som underlag för bedömning av lämpligheten av föreslagen bebyggelse som planförslaget medför. Riskanalysen ska även uppskatta risknivån för området i dagsläget. Vid behov ska även riskreducerande åtgärder föreslås.

1.3 Avgränsningar

Denna riskanalys behandlar enbart personsäkerheten för människor som vistas i området.

Långvariga effekter på människors hälsa och miljöeffekter beaktas inte (exempelvis buller och markföroreningar).

1.4 Uppdragsgivare

Uppdragsgivare för detta dokument är Västerås stad.

1.5 Utgåva

Detta dokument utgör en tredje utgåva. Förändringar i detta dokument i förhållande till föregående utgåva markeras med ett streck i högermarginalen.

1.6 Metod och rapportens uppläggning

Riskanalysen börjar med att gå igenom generella principer och begrepp som tillämpas i denna rapport, se kapitel 2.

Därefter genomförs en kartläggning och beskrivning av området. Efter det påbörjas en riskidentifiering. Dessa delar finns presenterade i kapitel 3 respektive kapitel 4.

Med utgångspunkt i detta görs en översiktlig riskbedömning och riskvärdering där förutsättningar för området och förväntade transportmönster beaktas. Detta redovisas i kapitel 5.

Baserat på den översiktliga riskbedömningen och riskvärderingen görs en kvantitativ analys av riskerna och åtgärdernas effekt på riskbilden, vilka sammanfattas i kapitel 6.

Därefter görs en riskvärdering i kapitel 7 där riskerna diskuteras med hänsyn till de kriterier som angetts i rapporten.

Slutligen summeras åtgärdsförslagen i kapitel 8 och en slutsats avslutar rapporten i kapitel 9.

1.7

Kvalitetssäkring

Denna handling omfattas av internkontroll i enlighet med FireTech Engineerings kvalitetssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, vilket innefattar interngranskning av de brandskyddstekniska förutsättningarna samt föreslagna lösningar. Interngranskningen genomförs av en, från projektet, fristående brandsakkunnig.

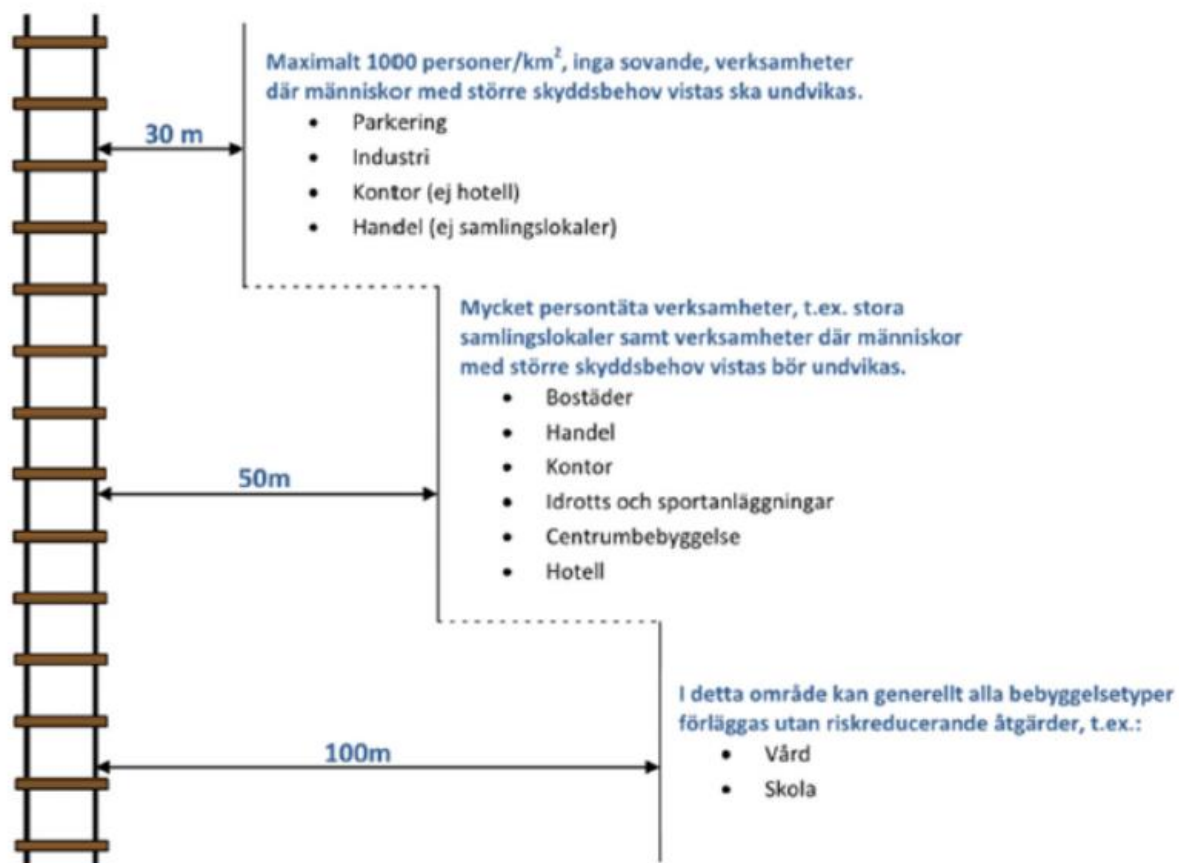
Brandingenjör Oscar Mårtensson har granskat.

2 Riskhänsyn i den fysiska planeringen

Enligt plan- och bygglagen ska planläggning ske så att bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet och risken för olyckor.

2.1 Planläggning vid transportleder för farligt gods

Enligt Trafikverket [2] anges att en riskanalys bör genomföras för bebyggelse planerad inom 150 meter från en transportled som generell riktvärde. Detta avstånd anges i flertalet lokala och regionala riktlinjer hos kommuner, men är inte nationellt fastställt i dagsläget. Inom kommunerna Västerås, Surahammar och Hallsthammar har Mälardalens Brand- och Räddningsförbund tagit fram Riktlinjer för riskutredningar [3]. I Figur 1 nedan presenteras ett exempel på riktlinjer för planläggning intill transportleder där det transporteras farligt gods samt olika säkerhetsavstånd. Bilden ska tolkas som att bostäder är normalt sätt lämpligt att byggas minst 50 meter från väg där det transporteras farligt gods.



Figur 1. Rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods och olika typer av markanvändning, figur återgiven från [1].

Ju kortare skyddsavstånd till transportleden som råder desto mer detaljerad bör riskanalysen vara. Riskanalysen behöver således ta hänsyn till skyddsavstånd, verksamhetstypen som är aktuell samt det förväntade antalet transporter av farligt gods på närliggande transportled.

2.2 Kriterier för riskvärdering

Risk betraktas i denna riskanalys som produkten av sannolikhet (händelsefrekvens) och konsekvens. Med konsekvens avses konsekvenserna

av en önskad händelse eller olägenhet. Med händelsefrekvens avses ett mått på hur ofta denna händelse förväntas inträffa.

I denna handling beaktas individ- och samhällsrisker.

Med individrisk menas den risk som en enskild individ utsätts för när den vistas på en viss plats. Konsekvensen bedöms utifrån hur en enskild individ kan antas drabbas (avlida) av en händelse. Vid beräkning av individrisk antas i enlighet med Det Norske Veritas (DNV) rekommendationer om att individen har en genomsnittlig känslighet för risken, är kontinuerligt närvarande och befinner sig utomhus.

Med samhällsrisk menas den risk som alla personer i ett område utsätts för och konsekvenserna bedöms utifrån hur många personer som kan antas drabbas (avlida) av en händelse. Samhällsriskerna ökar alltså om personantalet i området ökar.

I denna riskanalys värderas risknivåer mot de kriterier som Det Norske Veritas (DNV) har föreslagit.

2.2.1

Individrisk

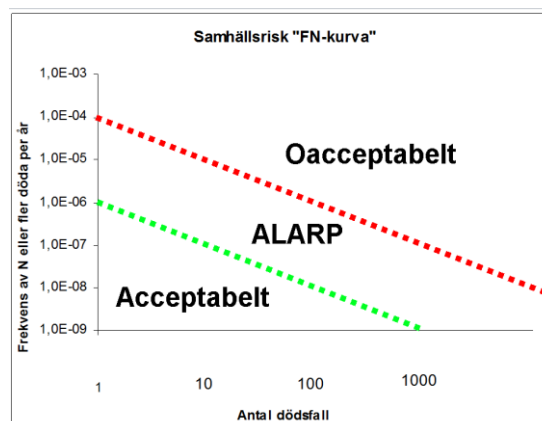
Acceptanskriterier för individrisk är 10^{-7} som undre gräns och 10^{-5} som övre gräns enligt DNV. Mellan dessa finns ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable) där risker kan förebyggas om det anses rimligt, se Figur 2 nedan. Då individrisk utgör den risk som en person i en viss punkt kontinuerligt utsätts för påverkas inte denna parameter av verksamhetstyp.

Vid undersökning av placering av förskola och flerbostadshus har kriteriet 10^{-6} tillämpats som övre gräns eftersom dessa verksamheter är något känsligare med hänsyn till att sovande personer kan förekomma och små barns begränsade förmåga att utrymma av egen hand.

2.2.2

Samhällsrisk

Samhällsrisk presenteras ofta i en s.k. "FN-kurva". I "FN-kurvan" redovisas sambandet mellan sannolikheten för att en olycka skall inträffa och antalet omkomna som en konsekvens av denna olycka. Eftersom denna handling endast syftar till att beskriva förhållanden för aktuellt planområde är det formellt sett en typ av "grupprisk" som studeras – i rapporten används endast det generella begreppet samhällsrisk. I Figur 2 nedan presenteras kriterier för riskvärdering enligt DNV.



Figur 2. Acceptanskriterier för samhällsrisk. ALARP-området anger ett intervall inom vilket kostnad/nyttovärdering eller annan optimering bör användas för att sträva efter att ytterligare sänka risknivån. Då samhällsrisken beror på antalet personer inom området som påverkas av en risk så finns en direkt koppling mellan samhällsrisken och typ av verksamhet.

2.3

Principer för riskvärdering

I [6] anges fyra principer vilka brukar hänvisas till och beaktas vid värdering av risker. Dessa fyra principer förklaras kortfattat nedan.

- **Rimlighetsprincipen**
Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras bör alltid åtgärdas, oavsett risknivå.
- **Proportionalitetsprincipen**
Den totala risken från en verksamhet bör stå i proportion mot tillförd nytta.
- **Fördelningsprincipen**
Risker bör vara skäligt fördelade, enskilda personer och grupper ska inte utsättas för oproportionerligt stora risker i relationen till den nytta verksamheten medför för dem.
- **Principen om undvikande av katastrofer**
Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser än i katastrofer med omfattande konsekvenser.

För en mer detaljerad beskrivning hänvisas till [6].

3

Områdesbeskrivning

Området som omfattas av denna analys är detaljplan dp 1962, beläget i Västerås kommun.

I Figur 3 nedan visas området som undersöks i riskanalysen. Inom planområdet ska bostäder samt förskola uppföras. Avståndet mellan transportled och närmsta byggnad är ännu inte helt klarlagt. Denna riskanalys ska komma med förslag på närmsta placering av dessa verksamheter.

Järnvägen är belägen lägre än planområdet.



Figur 3. Bild över planområdet del av Alvesta 1:9 och 3:270 m.fl. samt kortaste avstånd till transportled och övriga riskkällor.

Enligt SCB uppgår befolkningstätheten i Västerås till i medeltal 2551 invånare per km² [7]. Runt det aktuella området nära transportleden antas denna siffra vara representativ.

4 Inledande kvalitativ analys

4.1 Riskidentifiering

Den kvalitativa analysen inleds genom att identifiera eventuella riskkällor i närområdet.

Järnvägslinjen Sala-Oxelösund löper sydöst om planområdet, se Figur 3 ovan. På transportleden kan det varje dag förväntas gå godståg som transporterar

farligt gods samt persontåg. Olyckor med vagnar lastade med farligt gods bedöms utgöra den största risken för området och analyseras vidare.

Närmsta primära väg avsedd för farligt gods utgörs av Bergslagsvägen som är belägen cirka 550 meter väster om planområdet. Närmsta sekundära väg avsedd för farligt gods utgörs av Tillbergavägen som är placerad cirka 650 norr om planområdet. Avstånden är så pass stora att dessa avskrivs som stora riskkällor och analyseras därmed inte vidare.

Enligt planförslaget är ingen drivmedelsstation planerad inom området. Närmsta befintliga drivmedelsstation är belägen cirka 2,9 km ifrån planområdet. Då olyckor i samband med drivmedel har relativt korta konsekvensavstånd så beaktas därför inte riskerna i samband med olyckor vid transport och lossning av farligt gods till bensinstationen i denna analys.

Beläget cirka 2,1 km från planområdet är Westinghouse Electric Sweden AB vilken är en Seveso-anläggning enligt 2 kap 4 § LSO. Verksamheten tillverkar kärnbränsle och hanterar därmed radioaktivt material. Enligt tidigare utförd riskbedömning över detaljplaneområde som omfattar del av Västerås 3:17, Västerås 3:18 samt del av Västerås 3:69 belägen i direkt anslutning till Westinghouse fabrik innebär fabriken ingen stor riskkälla. Rapporten kommer fram till att beräknade strålningsdoser inte överstiger kritiska nivåer även på relativt korta avstånd [8]. Därmed görs bedömningen att även för aktuell detaljplaneområde i Hökåsen utgör fabriken en minimal risk och analyseras därmed inte vidare.

På 2,6 kilometers avstånd från planområdet ligger AA Logistik AB som är ett transportföretag. Företaget är också klassat som en Sevesoanläggning men bedöms med hänvisning till det långa avstånd som föreligger inte utgöra en risk för planområdet.

Ytterligare tre Sevesoanläggningar identifierades inom Västerås. Svensk oljeåtervinning AB, OK-Q8 AB samt Mälarenergi AB - Västerås Kraftvärmeverk. Samtliga är placerade strax över 9 km från planområdet och bedöms inte utgöra en stor riskkälla på grund av det långa avståndet och att brännbara vätskor har relativt långa konsekvensavstånd.

I nedanstående kapitel görs en fördjupning av järnvägslinjen Sala-Oxelösund.

4.2 Transporter av farligt gods på järnvägslinjen Sala-Oxelösund

Järnvägslinjen Sala-Oxelösund trafikeras av både gods- och persontåg. Sträckan förbi planområdet är enkelspårig.

Enligt Trafikverkets senaste bullerprognos för år 2040 [9] anges att antalet godstransporter på sträckan mellan Västerås N och Sala förväntas uppgå till 7,6 godståg per dygn. Totalt antal persontåg uppgår till 40,4 tåg per dygn. Totalt 48 tåg per dygn.

Andelen farligt gods som transporterades på järnväg av all godstrafik uppgick i Sverige 2020 till cirka 5 % [10]. Därmed uppskattas antalet transporter av farligt gods på järnvägen till 0,38 godståg med farligt gods per dygn.

Exakt fördelning av RID-S klasser på järnvägslinjen Sala-Oxelösund är inte kartlagd. I rapporten antas det att fördelningen följer riksgenomsnittet av transporterad mängd i ton år 2020 som Trafa har sammanställt [10].

Klass	Ämnesgrupp	Nationellt (2020) [10][%]
1	Sprängämnen	0

2	Gaser	37,8
3	Brandfarliga vätskor	24,3
4,1	Brandfarliga fasta ämnen	0,2
4,2	Självantändande ämnen	0,0
4,3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	2,3
5,1	Oxiderande ämnen	10,4
5,2	Organiska peroxider	0,5
6,1	Giftiga ämnen	1,9
6,2	Smittsamma ämnen	-
7	Radioaktiva ämnen	-
8	Frätande ämnen	20,9
9	Övriga farliga ämnen	1,7

Klass 2 kan delas upp i tre underklasser. 2,1 – brandfarliga gaser, 2,2 – icke brandfarliga, icke giftiga gaser och 2,3 – giftiga gaser. Baserat på räddningsverkets kartläggning 2006 utgjorde brandfarliga gaser cirka 75 % av transporterad mängd och resterande av giftig gas [11].

4.3 Grov bedömning av sannolikhet och konsekvens

4.3.1 Olycka med fordon som transporterar farligt gods

I Tabell 1 redovisas generella faror med olika kemikalier uppdelat efter dess ADR-S/RID-S klass. I tabellen anges även möjliga konsekvenser och de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarliga skadepåverkan på oskyddade människor ur 3:e persons synvinkel [12].

Transportklass (ADR/RID-klass)	Exempel	Dominerande fara				Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Risk-avstånd (meter)
		Explosion	Brand	Förgiftning	Övrig risk		
1. Explosiva ämnen och föremål	Krut, patroner, nitroglycerin, fyrverkeri	X				Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	100 - 1000
			X			Jetflamma - värmestrålning	< 100
2.1. Kondenserad brännbar gas	Propan, gasol	X				Brännbart gasmoln - gasmolnsexplosion	0 - 200
		X				Gasmolnsexplosion	0 - 200

		X			BLEVE	100 - 1000
2.3. Kondenserad giftig gas	Svaveldioxid, ammoniak		X		Gasmoln kan ge toxiska effekter. Ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi påverkar effektområdet.	> 1 000
3. Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel, eldningsolja, metanol		X		Pölbrand - värmestrålning	< 100
4. Brandfarliga fasta ämnen	Svavel, fosfor, metallpulver		X	X	Brand – värmestrålning. Konsekvenser begränsas till närområdet.	< 100
5. Oxiderande ämne och organiska peroxider	Väteperoxid		X		Brand - värmestrålning Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	<100 100 - 1000
6. Giftiga och smittoförande ämnen	Arsenik-, bly och kvicksilversalter, bekämpningsmedel		X		Toxiska effekter. Konsekvenser begränsas till närområdet.	< 100
7. Radioaktiva ämnen	Radioaktiva ämnen			X	Strålskada. Konsekvenser begränsas till närområdet.	< 100
8. Frätande ämnen	Svavelsyra, Natriumhydroxid		X	X	Dödliga konsekvenser begränsas till närområdet. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.	< 100
9. Övriga farliga ämnen	Magnetiska material, asbest, miljöfarligt avfall			X	Hälsorisker. Konsekvenser begränsas till närområdet.	< 100

Tabell 1. Generella faror och möjliga konsekvenser med olika transportklasser av farligt gods [12].

4.3.2 Olycka med explosiva ämnen, klass 1

Vid transport av massexplosiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas av stötar. En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn och dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora. Då det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras 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.

Farligt gods inom klass 1 delas in i olika riskgrupper (1.1 – 1.6). Det är endast ämnen och föremål inom grupp 1.1 som har risk för massexplosion (en explosion som påverkar så gott som hela mängden samtidigt). För övriga grupper är det mer rimligt att räkna med mindre explosioner av en enskild förpackning eller föremål, eventuellt i följd efter varandra. Vid en eventuell olycka kan händelseförloppet utvecklas mycket snabbt och ge stora konsekvenser. En explosion kan leda till höga tryck i omgivningen och med dödsfall, som direkt följd av tryckvågen.

4.3.3 Olycka med Brandfarlig gas, klass 2.1

En olycka med en vagn som transporterar tryckkondenserad brandfarlig gas kan leda till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas som i sin tur kan leda till jetbrand, gasmolnexplosion, BLEVE.

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Flammans längd beror främst av storleken på hålet i tanken.

Om gasen i ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa.

Förloppet benämns gasmolnsbrand. Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit från själva olycksplatsen.

BLEVE kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av stor värmestrålning. För att en sådan händelse skulle kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank.

4.3.4 *Olycka med icke brandfarlig och icke giftig gas, klass 2.2*

De risker som icke brandfarliga, icke giftiga gaser utövar på människan är ofta små, men behållaren som de förvaras i kan utgöra en stor risk vid brand. Ett brandutsatt kärl kan alltid ge splitter ifrån sig om det inte har någon form av inbyggd tryckavlastning. Sådana kärl behandlas som andra tryckkärl vid brand med ett riskavstånd på upp till 300 meter. Vid läckage av gas där kärlet ej är värmepåverkat, blir riskavståndet litet. Riskområdet begränsas till det område inom vilket gasen kan tränga undan och sänka syrehalten så att miljön blir skadlig för människor. Detta riskområde blir mindre än 50 meter utomhus.

Då scenario med yttre brandpåverkan förutsätter närvaron av annat farligt gods anses den medförda risken fångas upp av de övriga scenarierna.

4.3.5 *Olycka med kondenserad giftig gas, klass 2.3*

Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Gaserna är generellt tyngre än luft och sprids därmed längs marken. Gaserna är giftiga vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Konsekvenserna av ett utsläpp beror framförallt av hålstorlek och väderförhållanden.

4.3.6 *Olycka med brandfarlig vätska, klass 3*

En olycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska leder i många fall till en pölbrand. Antändning av och brand i en sådan pöl förväntas ge strålningseffekter, som kan skada oskyddade människor (och egendom).

4.3.7 *Olycka med brandfarliga fasta ämnen, klass 4*

Konsekvenserna av en olycka med brandfarliga fasta ämnen bedöms koncentreras till anslutning till olycksplatsen. Den kritiska strålningen från branden bedöms endast vara lokal.

4.3.8 *Olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider, klass 5*

Oxiderande ämnen kan reagera explosionsartat eller bilda explosiva produkter med vissa organiska ämnen (t ex aceton och etanol).

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosiva och konsekvenserna är lika de som sker vid olycka med massexplosivt ämne. För oxiderande ämnen beräknas dödliga skador som följd av explosion ske inom 30 meter, väggar raseras inom 70 meter. [13]

4.3.9 *Olycka med giftiga och smittsamma ämnen, klass 6*

En olycka med giftiga och smittsamma ämnen medför normalt ej risk för personskador. En skada förutsätter i princip att man kommer i direkt kontakt med ämnet.

- 4.3.10 *Olycka med radioaktiva ämnen, klass 7*
Utsläpp av radioaktiva ämnen medför normalt inga akuta skador. Dessutom vidtas mycket omfattande säkerhetsåtgärder vid transport av radioaktiva ämnen.
- 4.3.11 *Olycka med frätande ämnen, klass 8*
Olycka med frätande ämnen bedöms ge personskador via stänk upp till 20-30 meter från olycksplatsen.
- 4.3.12 *Olycka med övriga farliga ämnen och föremål, klass 9*
Sannolikheten för att en olycka med klass 9 ämne ska ge skador på människor i bedöms som försumbar.

5 **Översiktlig riskbedömning och riskvärdering**

Mälardalens brand- och räddningsförbund har tagit fram ett dokument som anger ett minsta avstånd vid vilken fördjupade riskanalyser inte behöver göras. För flerbostadshus och förskolor är detta avstånd 50 respektive 100 meter [1].

Planerad placering av flerbostadshus och förskola är inte bestämd. Avståndet kommer troligen dock att understiga 50 respektive 100 meter.

Det uppskattas att 0,38 godståg med farligt gods kommer transporteras per dag på sträckan mellan Västerås N-Sala enligt 4.2.

Eftersom information om transporterade ämnen samt antalet transporter är begränsad finns osäkerheter kopplade till denna analys. Utöver osäkerheter om vilka mängder, antal transporter samt fördelning av farliga ämnen som råder i dagsläget kan dessa förändras i framtiden baserat på bland annat utveckling av verksamheter som industrier, nya riktlinjer, övriga bestämmelser och samhällsplaneringsbeslut.

De korta skyddsavstånden som råder i detta fall medför att en fördjupad kvantitativ riskanalys genomförs. Det är alltså inte på förhand, innan risken har kvantifierats vidare, lämpligt att värdera risken och ange rekommendationer utifrån detta.

Den fördjupade kvantitativa riskanalysen behöver uppskatta både individ- och samhällsrisknivåer för att skapa underlag och möjliggöra en riktig värdering av riskerna.

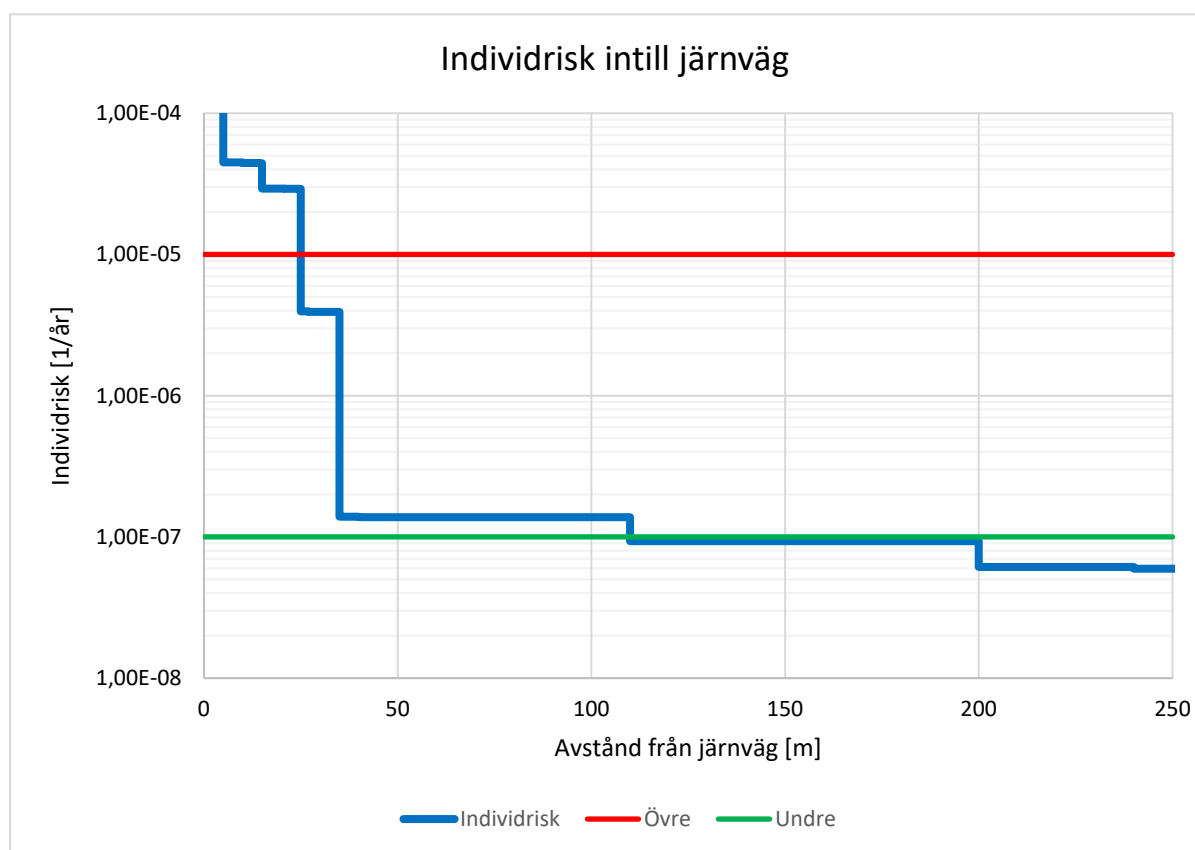
Den fördjupade kvantitativa riskanalysen redovisas i nästföljande kapitel.

6 Kvantitativ riskanalys

I detta kapitel redovisas den fördjupade kvantitativa analysen som genomförts för transporter av farligt gods på järnvägslinjen Sala-Oxelösund. Här redovisas i huvudsak resultat för att underlätta för läsaren, antaganden och underlag för beräkningar redovisas i sin helhet i Bilaga A och Bilaga B.

6.1 Resultat individrisk

I Figur 4 nedan redovisas beräknad individrisk som funktion av avstånd från järnvägslinjen Sala-Oxelösund. För jämförelse innebär individrisken 10^{-5} att sannolikheten att omkomma är 1 på 100 000 år och individrisken 10^{-7} att sannolikheten att omkomma är 1 på 10 000 000 år. Kriterier för riskvärdering har även förklarats i avsnitt 2.2.



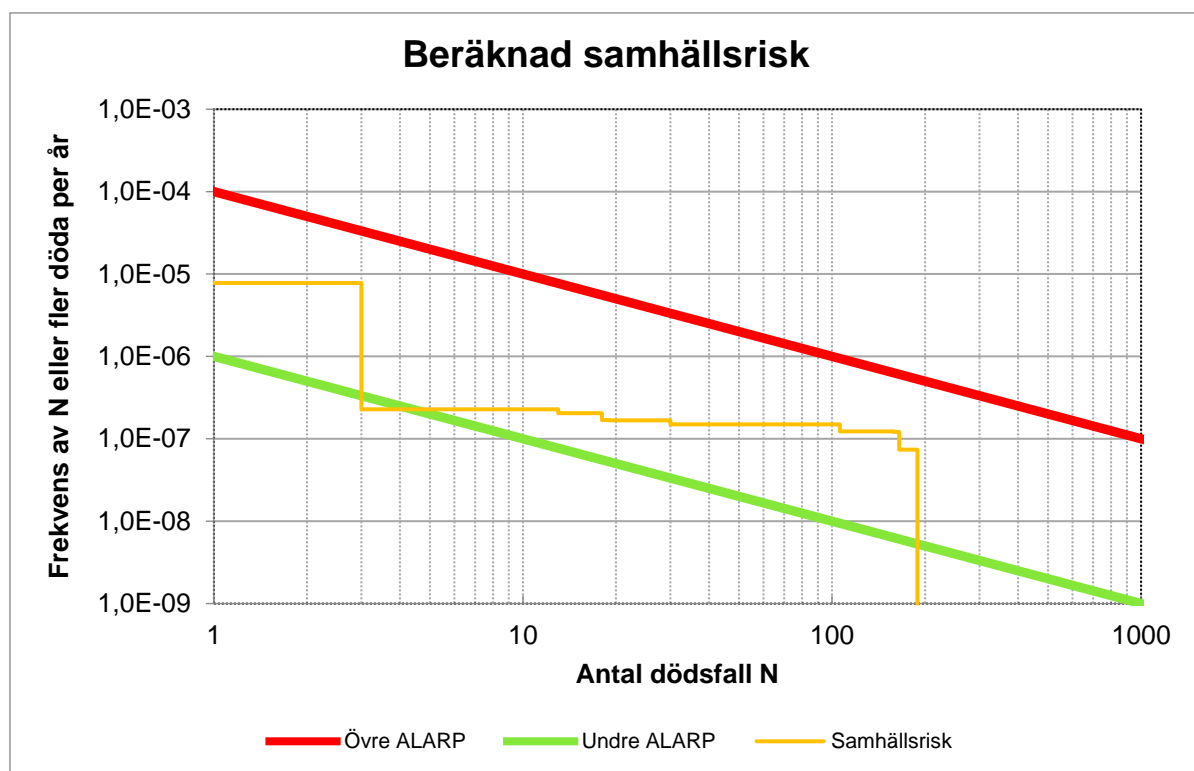
Figur 4. Beräknad individrisk som funktion av avstånd från järnvägslinjen Sala-Oxelösund. Notera att skala på y-axeln är logaritmisk.

Det kan noteras att individrisken understiger $1 \cdot 10^{-6}$ vid 40 meter från järnvägslinjen Sala-Oxelösund samt $1 \cdot 10^{-5}$ vid 27 meter.

6.2 Resultat samhällsrisk

I Figur 5 nedan redovisas beräknad samhällsrisk för transporter på järnvägen. Beräkning har genomförts för 0,38 godståg per dag med i genomsnitt 38,5 vagnar farligt gods på järnvägslinjen Sala-Oxelösund. Beräkningarna bygger på en enkel modell med en genomsnittlig befolkningstäthet, riskreducerande åtgärder har inte inkluderats då kurvan tagits fram. Nedanstående kurva tar dock hänsyn till ett skyddsavstånd om 20 meter ifrån järnvägsspåret där inga eller enbart ett fåtal personer väntas vistas. Skyddsavståndet har uppskattats utifrån satellitbilder över Västerås. På grund av detta kan kurvan tolkas som en uppskattning av hur stor samhällsrisk kan förväntas vara om bebyggelse

hade genomförts intill vägen utan några åtgärder. I avsnitt **Fel! Hittar inte referensskälla.** nedan undersöks istället hur samhällsriskerna ser ut om bebyggelse planläggs med riskhänsyn och riskreducerande åtgärder.



Figur 5. Beräknad samhällsrisk kring järnvägslinjen Sala-Oxelösund utan hänsyn till riskreducerande åtgärder. Notera att skala på båda axlar är logaritmiska.

6.3

Osäkerheter och känslighetsanalys

Riskanalyser är alltid förknippade med osäkerheter. Osäkerheter kan bland annat härledas till modellosäkerheter och parameterosäkerheter. Frekvens- och konsekvensberäkningarna i denna analys är baserade på en rad förenklingar, antaganden och underlag som medför osäkerheter. Resultaten och beräknade risknivåer ska därför ses som uppskattningar och inte exakta resultat. För att minska osäkerheter som leder till underskattningar av beräknade risknivåer har konservativa antaganden gjorts då begränsat med information funnits.

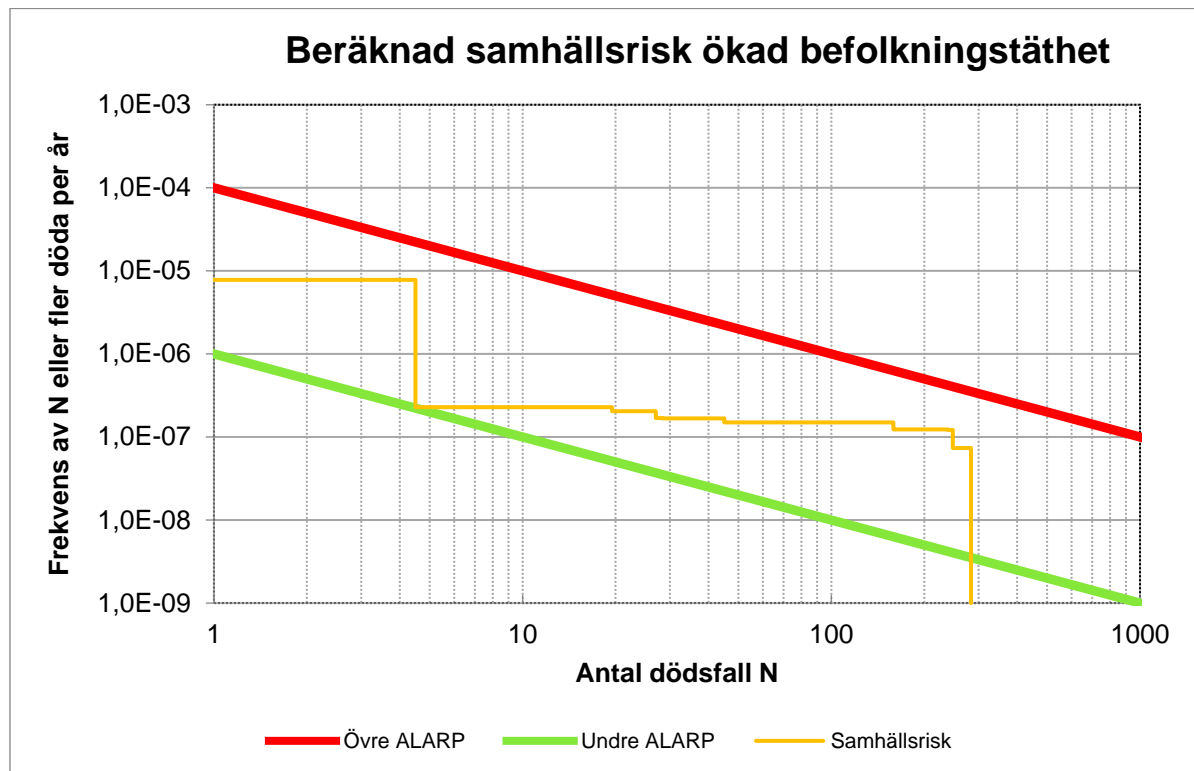
Känslighetsanalys görs för att utvärdera hur risknivåerna påverkas av en större befolkningstäthet respektive om antalet transporter av farligt gods ökar.

6.3.1

Ökad befolkningstäthet

En förtätning av området medför att persontätheten ökar intill järnvägslinjen Sala-Oxelösund. För att undersöka hur samhällsriskerna påverkas av en ökad befolkningstäthet utförs beräkningarna även för en 50 % större befolkningstäthet (3827 personer/km²). Precis som i avsnitt 6.2 (Figur 5) ska kurvorna tolkas som en uppskattning av hur stor samhällsriskerna kan förväntas vara med en ökad befolkningstäthet intill järnvägen utan några åtgärder.

Resultat för beräknad samhällsrisk med åtgärder återges även nedan i avsnitt **Fel! Hittar inte referenskälla..**

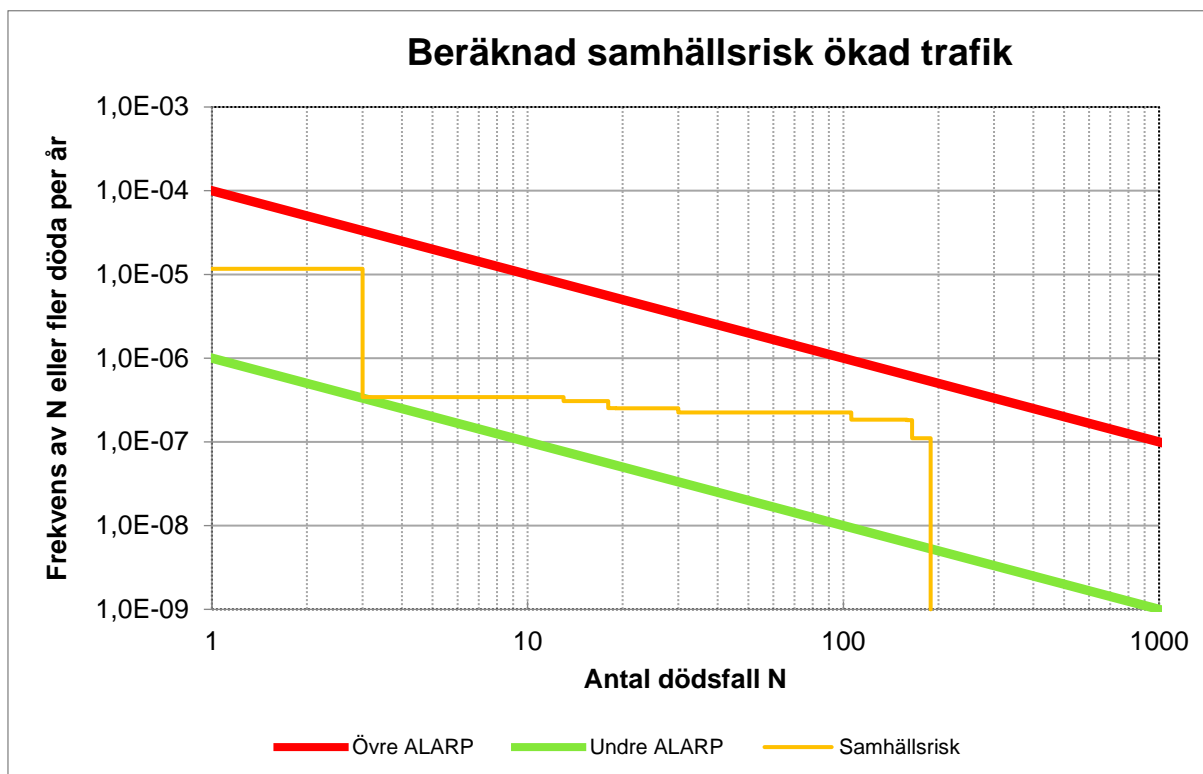


Figur 6. Påverkan på beräknad samhällsrisknivå då antagande om befolkningstäthet har ökat med 50 % (3827 inv/km² har använts).

6.3.2

Ökat antal transporter med farligt gods

En av osäkerheterna i rapporten är antalet transporter som förväntas ske på järnvägen. För att undersöka hur antalet transporter påverkar riskbilden på området görs nya beräkningar där antalet transporter av farligt gods ökas med 50 % gentemot det förväntade värdet (0,38 godståg per dag), vilket motsvarar 0,57 godståg per dygn:



Figur 7. Beräknad samhällsrisk från järnvägslinjen Sala-Oxelösund med 0,57 godståg med farligt gods per dag.

Figur 6 och 7 visar på att samhällsriskerna är högre om befolkningstätheten eller antalet transporter av farligt gods ökar, men risknivån befinner sig fortfarande inom ALARP-området.

7

Riskvärdering

Individrisken för området beräknas ligga inom ALARP-området (dvs. mellan 10^{-7} och 10^{-5}). Därmed ska tekniskt och ekonomiskt skäligen åtgärder vidtas för att sänka risknivån ytterligare.

F/N-kurvan i avsnitt 6.2 visar att med nuvarande befolkningstäthet och prognosticerat antal tåg år 2040 ligger samhällsriskerna inom ALARP-området. Även med ett ökat antal tåg eller ökad befolkningstäthet uppskattas samhällsriskerna fortfarande vara inom ALARP-området.

I samband med en olycka kan brandgaser och andra giftiga gaser spridas mot byggnaden. För att förhindra att giftiga brandgaser sprids in i byggnaden via ventilationen ställs krav på att intag ska kunna stängas centralt alternativt av varje enskilt hushåll. Eventuella fläkt-i-drift system ska ha prioritet över nödstoppfunktionen.

Järnvägen är belägen lägre än detaljplaneområdet vilket förhindrar att brandfarlig vätska rinner mot området. Samt att konsekvenserna av urspårningar blir mindre.

8 Rekommendationer och åtgärder

Enligt uppgift från kommunen ska vägledning 1 i [1] gälla. Åtgärder och avstånd från vägledningen specificeras nedan.

Område 0-30 m – Bebyggelsefri zon

Bebyggelsefri zon. Odling och teknisk anläggning som inte kan orsaka skador på urspårat tåg får dock anläggas. Odling ska inte inbjuda till vistelse.

Område 30-50 m – Få och vakna personer

Inom detta område kan parkering, industri, kontor (ej hotell) samt handel (ej samlingslokaler) anläggas.

Skyddsåtgärder ska inom denna zon utgöras av:

- Brandskyddad fasad. Alternativt mur/vall/plank för att skydda mot brandspridning. Ifall det finns befintliga byggnader som utgör en barriär mot järnvägen behövs ingen brandskyddad fasad på bakomliggande byggnad.
- Friskluftsintag och entréer ska placeras så långt ifrån järnvägen som möjligt. Minst en utrymningsväg ska mynna ut i fasad vänd bort från järnvägen. Friskluftsintag ska placeras så högt upp ifrån marken som möjligt.

Område 50-100 m – Persontäta verksamheter

Inom detta område kan bostäder, handel, kontor, idrotts- och sportanläggningar, centrumbebyggelse och hotell bebyggas.

Skyddsåtgärder ska inom denna zon utgöras av att friskluftsintag och entréer ska placeras så långt ifrån järnvägen som möjligt. Minst en utrymningsväg ska mynna ut i fasad vänd bort från järnvägen. Friskluftsintag ska placeras så högt upp ifrån marken som möjligt.

Område > 100 m – Alla bebyggelsetyper

Generellt kan alla bebyggelsetyper byggas inom denna zon, även skolor och vårdbyggnader.

Inga skyddsåtgärder erfordras.

9 Slutsats

FireTech Engineering AB anser att om de rekommendationer som redovisats i kapitel 8 beaktas har vägledning 1 i [1] uppfyllts. Det är även FireTechs bedömning att åtgärderna ovan är tillräckliga för att risknivåerna kan anses acceptabla.

Malmö 2022-07-03
FireTech Engineering AB

Granskad av:

Joel Langborger
Brandingenjör
Civilingenjör i riskhantering

Oscar Mårtensson
Brandingenjör

Referenser

- [1] Mälardalens- Brand- och Räddningsförbund, "Riktlinjer för ny och för ändrad markanvändning intill järnvägen inom Västerås – avseende risk för urspårning samt transporter av farligt gods," 2013.
- [2] Trafikverket, "Transporter av farligt gods i samhällsplaneringen," [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Transporter-av-farligt-gods/>. [Använd 15 April 2021].
- [3] Mälardalens Brand- och Räddningsförbund, "Riktlinjer för Riskutredningar Avseende Olycksrisker," Mälardalens Brand- och Räddningsförbund, 2004.
- [4] Länsstyrelserna Skåne, Stockholm & Västra Götaland, "Riskhantering i detaljplaneprocessen," 2006.
- [5] Länsstyrelsen Stockholm, Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4.
- [6] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [7] Statistiska centralbyrån, "Tätorter," 23 mars 2021. [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/markanvandning/tatorter/>. [Använd 08 oktober 2021].
- [8] Brandskyddslaget, "Riskutredning avseende farligt godstransporter och farliga verksamheter," Brandskyddslaget, 2019.
- [9] Trafikverket, *210415_trafikuppgifter_jarnvag_t21_och_bullerprognos_2040*, Trafikverket, 2021.
- [10] Trafikanalys, "Bantrafik 2020," 2020.
]
- [11] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt godstransporter September 2006,"
] Räddningsverket, 2006.
- [12] Försvarets Forskningsanstalt, "Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel
] för samhällsplaneringen," Försvarets Forskningsanstalt, 1995.
- [13] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport. Handbok för
] riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg," Statens räddningsverk, 1996, 1996.
- [14] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail,"
] *Journal of hazardous material*, nr 33, 1993.
- [15] Sveriges Kommuner och Landsting, "Transporter av farligt gods - handbok för
] kommunernas planering," 2012.
- [16] EPA, "ALOHA User's Manual," U.S. Environmental Protection Agency, Washington,
] D.C., 2007.
- [17] Karlsson, H. T., *Processriskanalys*, Lund: Lunds tekniska högskola, 2012.
]
- [18] Försvarets forskningsanstalt (FOA), *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och
] vätskor. Metoder för bedömning av risker*, Avdelningen för NBC-skydd, 1997.
- [19] Försvarets Forskningsanstalt, *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor
] för bedömning av risker*, 1998.
- [20] Energigas Sverige, "Åtgärder vid olyckor under transporter av gasol i bulkform,"
] Stockholm, 2017.
- [21] RIB, "Identitet - Svaveldioxid," MSB, [Online]. Available:
] <https://rib.msb.se/Portal/Template/Pages/Kemi/Substance.aspx?id=452&q=svaveldioxid&p=1>. [Använd 03 Mars 2021].

- [22 MSB, "Identitet - Ammoniak, vattenfri," [Online]. Available:
] <https://rib.msb.se/portal/template/pages/kemi/Substance.aspx?id=448&q=ammoniak&p=1>. [Använd 03 Mars 2021].
- [23 MSB, "Identitet - Klor," [Online]. Available:
] <https://rib.msb.se/portal/template/pages/kemi/Substance.aspx?id=456&q=klor&p=1>. [Använd 03 Mars 2021].

Bilaga A Frekvens och sannolikhetsberäkning

Detta kapitel innehåller sannolikhets- och frekvensberäkningar för de händelser som definierats och identifierats och som kan leda till utsläpp av farligt gods som kan ge upphov till personskador.

A.1 Frekvensberäkning urspårning järnväg

För beräkning av urspåringsfrekvens av vagnar med farligt gods på järnväg används VTI:s rapport som underlag [9]:

$$F1 = AT * S * TAF * 2,5 * (UTif + UTof)$$

$$F2 = AT * S * FKT * 3$$

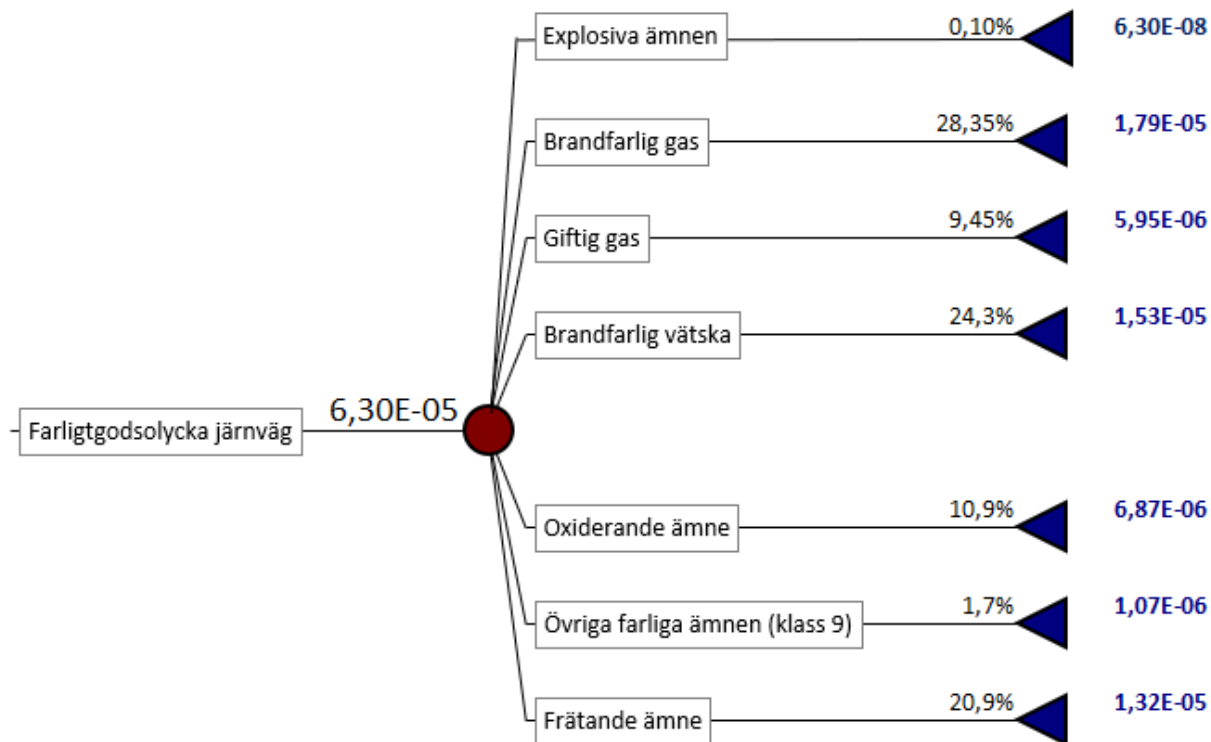
Indata som användes redovisas i Tabell A1, statistik redovisad i kapitel 4 används som underlag för beräkningar.

Parameter	Indata	Kommentar
Antal tåg med farligt gods per år (AT)	139	ÅDT=7,6. Multiplicera med 365 dagar på ett år och 5% enligt avsnitt Fel! Hittar inte referenskälla..
Avsnittets längd (S)	100 m	En sträcka på 100 m förbi planområdet undersöks
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, fagovagnar (TAF)	154	Enligt [6] är ett godstågs medellängd på Sala-Oxelösund 578 m. Med antagandet om att varje godsvagn är 15 meter och samtliga är fyraxlade blir antalet vagnaxlar 154.
Urspåringsstal, boggievagnar (UTif)	7,3E-9	Tabell 1.2 [9], ospecificerad spårkvalité
Urspåringsstal, ej spårfel, boggievagnar (UTof)	4E-9	Tabell 1.3 [9]
Förväntat antal kollisioner tåg-tåg/vut, per tågkm (FKT)	6E-8	[9]
F1	6,0E-5	På grund av urspårning, beräkning enligt ekvation ovan [9].
F2	2,5E-6	På grund av kollisioner tåg-tåg, beräkning enligt ekvation ovan [9].
F	6,3E-5	F1+F2

Tabell A1. Parametrar och indata för beräkningar av antal vagnar med farligt gods i trafikolyckor/år och 100 meter.

Frekvens av skadade vagnar med farligt gods vid urspårning beräknas till 6,3 E-5 per år och 100 m.

Vid beräkningarna antas en fördelning av farligt gods som följer riksstatistik från år 2020 [6] enligt kapitel 4, se Figur A1 nedan. Grundfrekvensen för urspårning av godståg med farligt gods (oavsett ämne) har i figuren delats in i delfrekvenser för olika ämnen.



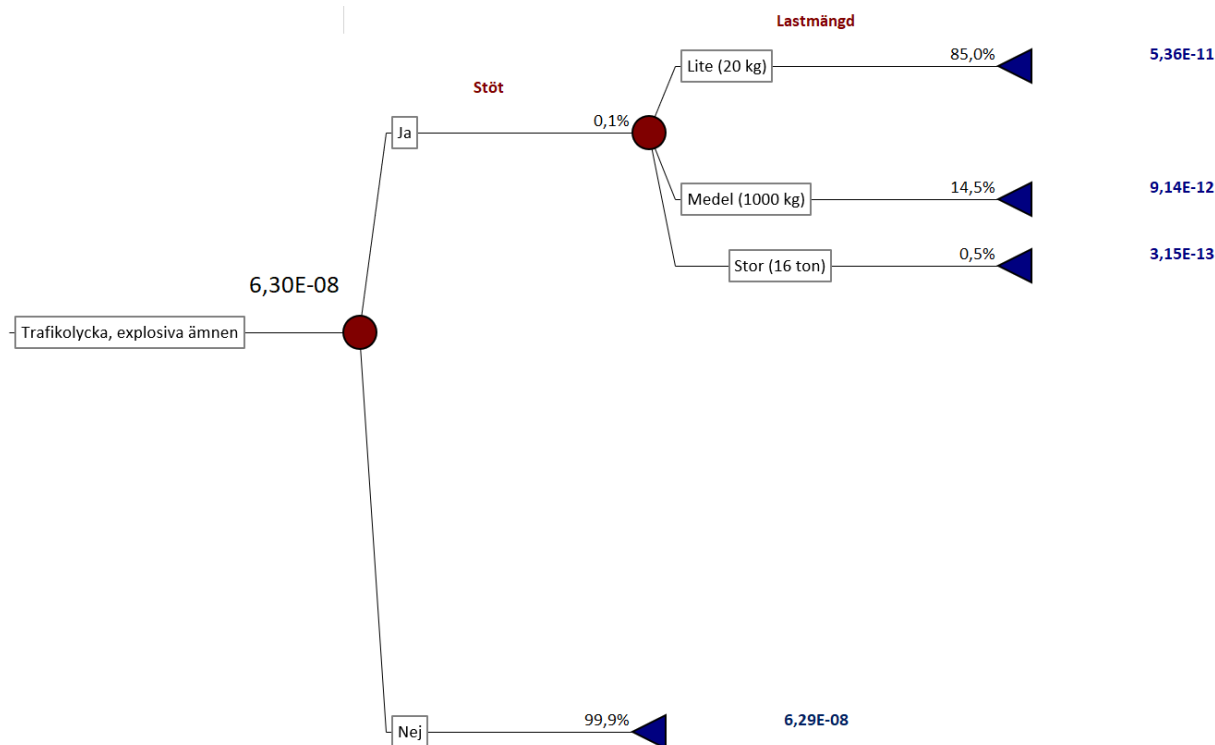
Figur A1. Antagen fördelning av ämnen som transporteras på järnväg samt frekvenser för olycka med respektive ämne.

A.1.1

ADR/RID klass 1 – Explosiva ämnen

Transporter med explosiva ämnen på järnväg är väldigt sällsynt. Enligt kapitel 4.2 utgör explosiva ämnen 0% av allt transporterat farligt gods. I denna analys har dock värdet 0,1% ansatts konservativt. Fördelning av vilka mängder som transporteras finns det ingen statistik över utan har uppskattats enligt nedan.

Sannolikhet för initiering av explosion på grund av stöt ansätts till 0,1 % enligt Rådne (2020).



Figur A2 Händelsetråd för explosiva ämnen på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelsetrådet (per år och 100 m).

A.1.2

ADR/RID klass 2.1 - Brandfarlig gas

För brännbara gaser blir konsekvensen för människor först vid antändning av gasen. Tre typer av konsekvenser vid utsläpp av brandfarlig gas undersökts, gasmolnsbrand, jetflamma och BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

Utsläpp antas utgöras av små, medelstora och stora utsläpp (0,09, 0,9 och 11,7 kg/s) av gasol. Tryckkondenserade gaser transporteras vanligtvis i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheter för utsläpp ansätts till 1 % för varje ansatt utsläppsmängd enligt [9] (totalt 3 %).

Sannolikheter för omedelbar antändning, fördröjd antändning (gasmolnsbrand) respektive ingen antändning av de brandfarliga gaserna ansätts värden enligt Tabell A2 anpassat återgiven från [10]. För medelstora utsläpp saknas tabellerade värden varför medelvärde mellan stort och litet utsläpp ansätts.

Sannolikheten för BLEVE till följd av tågbrand antas (p.g.a. att det förutsätter en icke fungerande säkerhetsventil m.m.) endast vara 5 % givet en mycket stor brand i godsvagn.

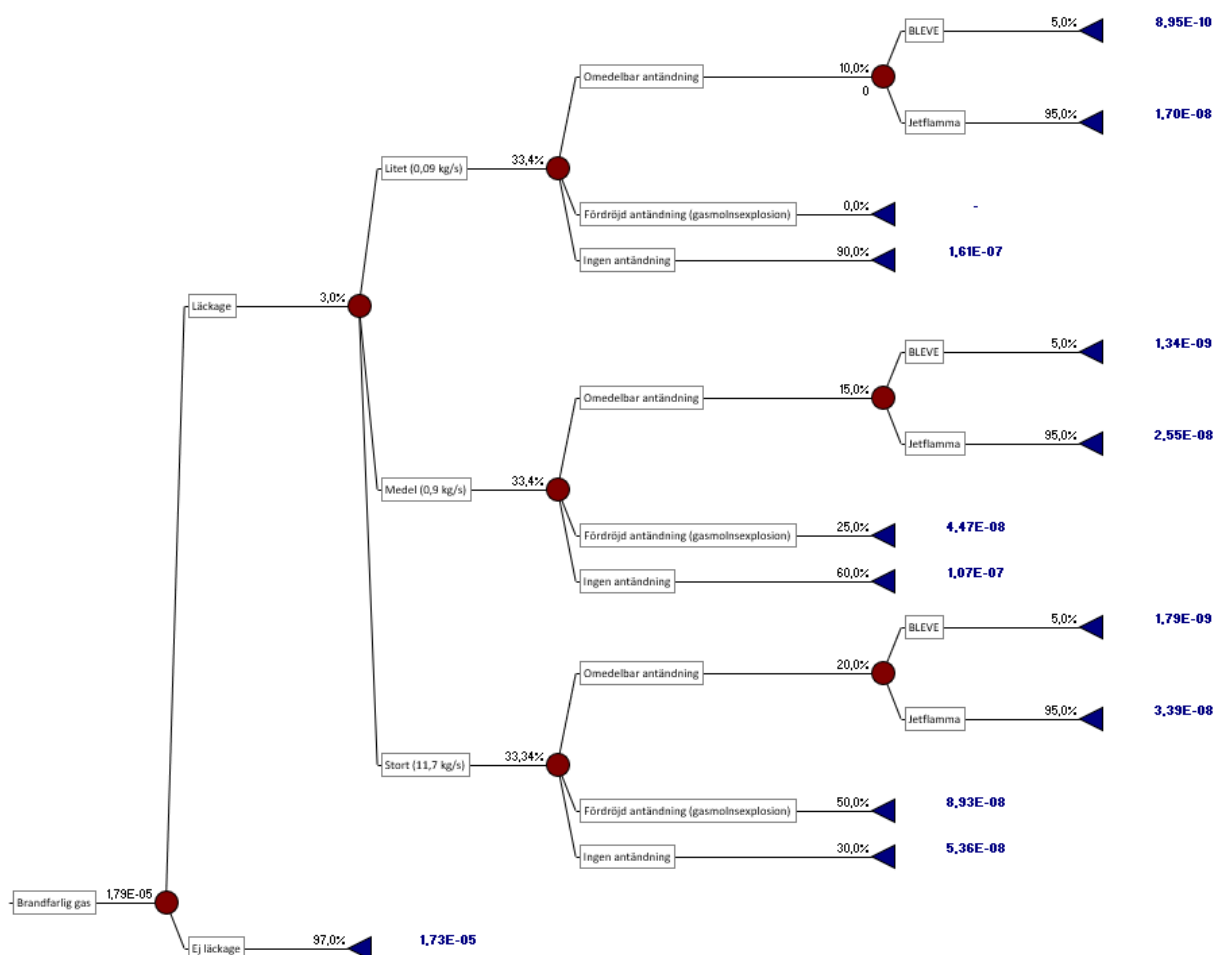
Hålstorlek	Antändning	Sannolikhet
Liten	Omedelbar	0,1
	Fördröjd	0,0
	Ingen	0,9
Medel	Omedelbar	0,15
	Fördröjd	0,25
	Ingen	0,6

	Omedelbar	0,2
Stor	Fördröjd	0,5
	Ingen	0,3

Tabell A2. Sannolikheter för olika typer av konsekvenser vid utsläpp av brandfarlig gas. Anpassad och återgiven från [10].

I beräkningarna har det antagits att vinden blåser mot planområdet i 50 % av fallen

I figur A2 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.

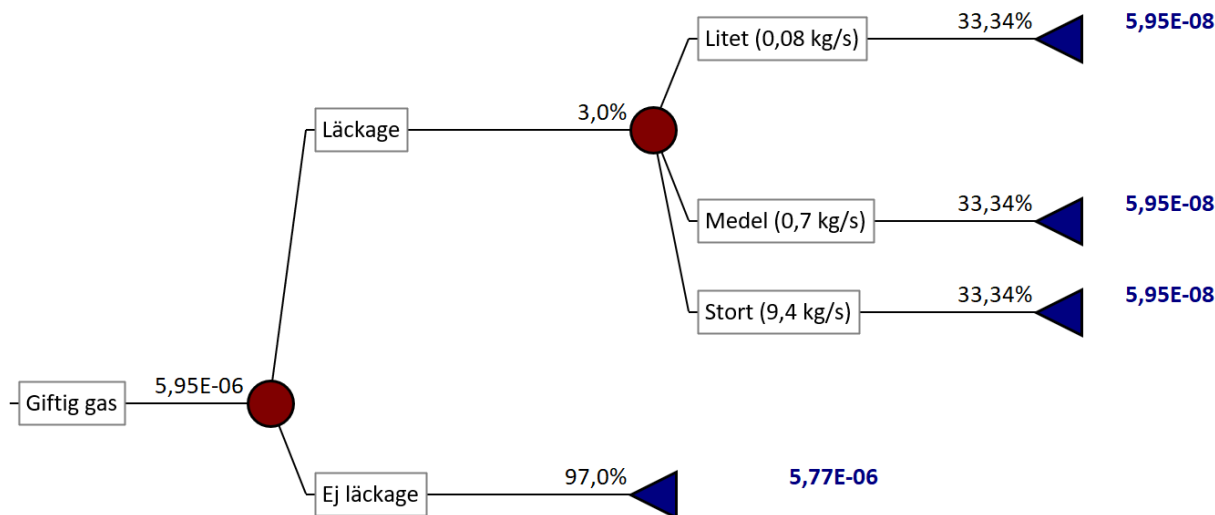


Figur A2. Händelsetråd för brandfarlig gas på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelsetrådet (per år och 100 m).

A.1.3 ADR/RID klass 2.3 - Giftig gas

Utsläpp antas utgöras av små, medelstora och stora utsläpp (0,09, 0,9 och 11,7 kg/s) av gasol. För litet, medel respektive stort utsläpp av giftiga gaser ansätts sannolikheter och utsläppsstorlekar enligt [9]. I figur A3 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.

I beräkningarna har det antagits att vinden blåser mot planområdet i 50 % av fallen.



Figur A3. Händelsetråd för giftig gas på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelsetrådet (per år och 100 m).

A.1.4

ADR/RID klass 3 - Brandfarliga vätskor

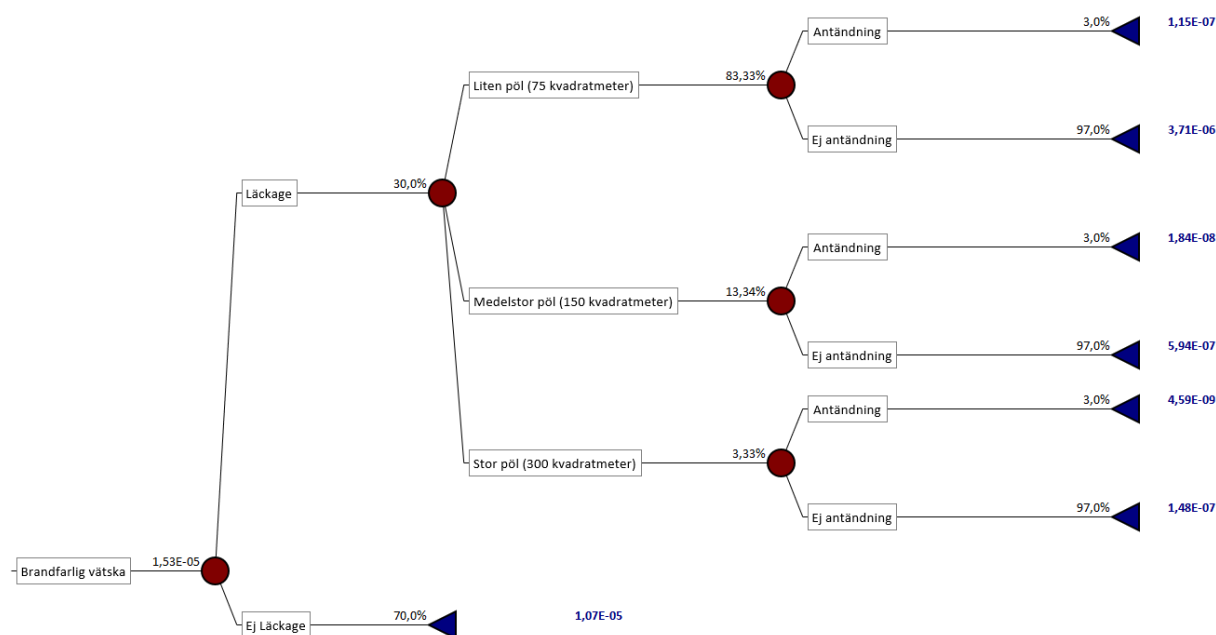
För brandfarliga vätskor ansätts sannolikheter enligt tabell A3 nedan, återgiven från [9]. Sannolikheten för inga utsläpp blir med dessa sannolikheter 0,7.

Hålstorlek	Sannolikhet
Liten	0,25
Medel	0,04
Stor	0,01

Tabell A3 Sannolikheter för utsläpp brandfarlig vätska. Anpassad och återgiven från [9].

Tre olika pölstorlekar ansätts (75, 150 och 300 kvadratmeter) med sannolikheter enligt tabell 1.6 i [9]. Antändning antas ske i 3 % av fallen. I figur

A4 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.



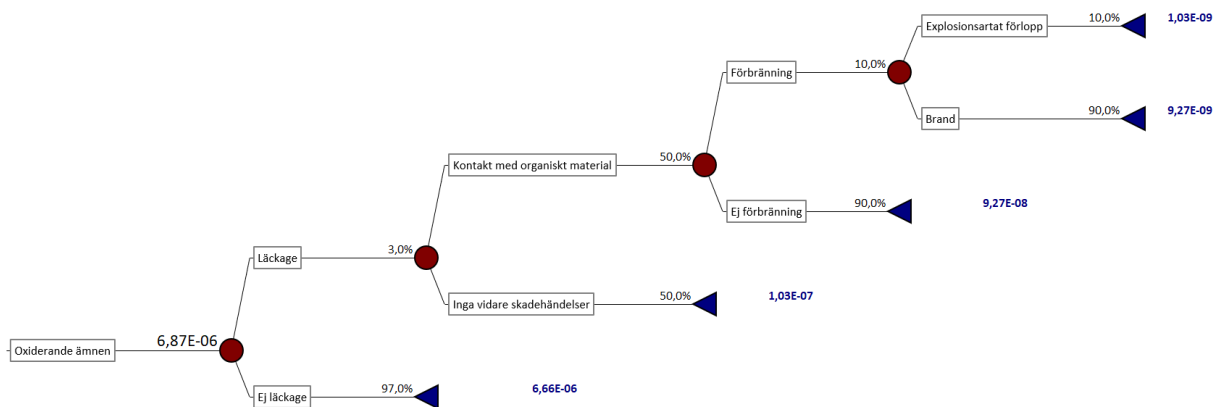
Figur A4. Händelsetråd för brandfarlig vätska på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år och 100 m).

A.1.5

ADR/RID klass 5 - Oxiderande ämne

Vid olycka med oxiderande ämne antas endast personer omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ett explosionsartat förlopp eller brand uppstår. Sannolikheten för läckage vid en urspårning har uppskattats till 3 %.

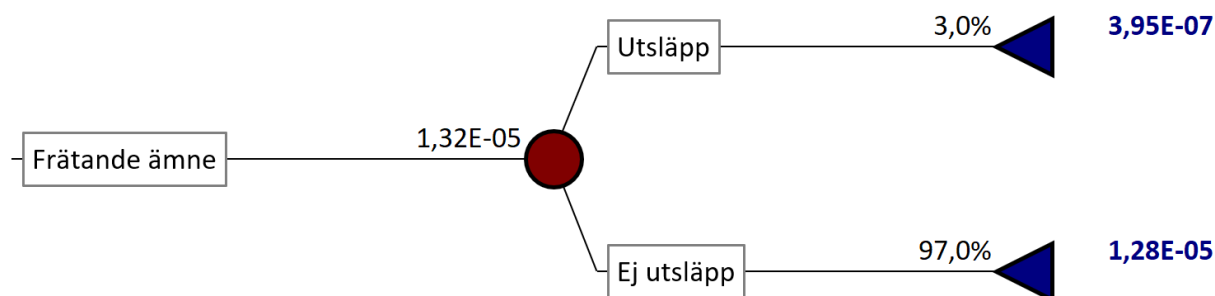
Om ett utsläpp sker antas det att kontakt med organiskt material sker i 50 % av fallen. Oftast blandas en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in i det oxiderande ämnet för att minska reaktionsbenägenheten hos det farliga godset. En tiondel av de utsläpp som kommer i kontakt med organiskt material leder i sin tur till någon form av förbränning, vilket i sin tur kan leda till ett explosionsartat förlopp med cirka 10 % sannolikhet. I figur A5 nedan redovisas scenarier för vidare beräkning enligt ansatta sannolikheter.



Figur A5. Händelsetråd för oxiderande ämne på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år och 100 m).

A.1.6 ADR/RID klass 8 - Frätande ämnen

För frätande ämnen ansätts sannolikheten för utsläpp till 3 %.



Figur A6. Händelseträd för frätande ämne på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år och 100 m).

A.1.7 ADR/RID klass 9 - Övriga farliga ämnen

Olyckor med ämnen i klass 9 anses enligt kapitel 4 endast bidra med försumbara personskador. Dessa olyckor undersöks därefter ej närmre.

A.1.8 Mekanisk skada på grund av urspårning

I figur A7 redovisas sannolikheten för att en urspårad vagn påverkar ett område på ett visst avstånd från spåret. Sannolikheten för de olika avstånden har hämtats från [5]. Både persontåg och godståg undersöks eftersom det endast är urspårningsrisken som undersöks.

För beräkning av urspåringsfrekvens av vagnar med farligt gods på järnväg används VTI:s rapport som underlag [9]:

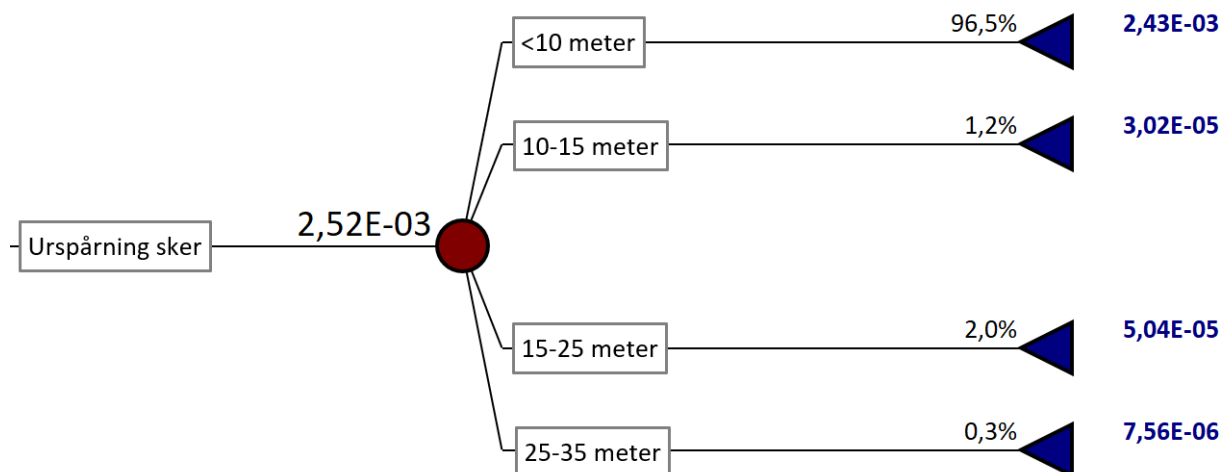
$$F1 = AT * S * TAF * 2,5 * (UTif + UTof)$$

$$F2 = AT * S * FKT * 3$$

Indata som användes redovisas i Tabell A1, statistik redovisad i kapitel 4 används som underlag för beräkningar.

Parameter	Indata	Kommentar
Antal tåg med farligt gods per år (AT)	17 520	ADT=48 Multiplicera med 365 dagar på ett år och 5% enligt avsnitt Fel! Hittar inte referensälla..
Avsnittets längd (S)	100 m	En sträcka på 100 m förbi planområdet undersöks
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, fagovagnar (TAF)	44	Enligt [6] är ett godstågs medellängd på Sala-Oxelösund 578 m. De andra persontågen är 50 respektive 105 m. Snittlängden beräknas till 170 m och baseras på antal tåg av respektive tågtyp. Med antagandet om att varje vagn är 15 meter och samtliga är fyraxlade blir antalet vagnaxlar 154.
Urspåringstal, boggievagnar (UTif)	7,3E-9	Tabell 1.2 [9], ospecificerad spårkvalité
Urspåringstal, ej spårfel, boggievagnar (UTof)	4E-9	Tabell 1.3 [9]
Förväntat antal kollisioner tåg-tåg/vut, per tågkm (FKT)	6E-8	[9]

F1	2,2E-3	På grund av urspårning, beräkning enligt ekvation ovan [9].
F2	3,2E-4	På grund av kollisioner tåg-tåg, beräkning enligt ekvation ovan [9].
F	2,5E-3	F1+F2



Figur A7. Händelseträd för mekanisk skada till följd av urspårad tågagn lastad med farligt gods.

A.1.9

Scenarier för konsekvensberäkningar

Nedan redovisas de scenarier med tillhörande frekvenser som används för konsekvensberäkningar.

Typ av olycka/ämne	Scenario	Benämning	Frekvens	Kommentar
Explosiva ämnen	Liten explosion	A1	5,36E-11	
Explosiva ämnen	Medelstor explosion	A2	9,14E-12	
Explosiva ämnen	Stor explosion	A3	3,15E-13	
Brandfarlig gas	Litet utsläpp BLEVE	B1	8,95E-10	
Brandfarlig gas	Litet utsläpp jetflamma	B2	1,70E-8	
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp BLEVE	B3	1,34E-9	
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp jetflamma	B4	2,55E-8	
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp gasmolnsexplosion	B5	1,07E-7	
Brandfarlig gas	Stort utsläpp BLEVE	B6	1,79E-09	
Brandfarlig gas	Stort utsläpp jetflamma	B7	3,39E-8	
Brandfarlig gas	Stort utsläpp gasmolnsexplosion	B8	8,93E-08	
Giftig gas	Litet utsläpp	C1	5,95E-8	
Giftig gas	Medelstort utsläpp	C2	5,95E-8	
Giftig gas	Stort utsläpp	C3	5,95E-8	
Brandfarlig vätska	Liten pölbrand	D1	1,15E-7	
Brandfarlig vätska	Medelstor pölbrand	D2	1,84E-8	
Brandfarlig vätska	Stor pölbrand	D3	4,59E-9	
Oxiderande ämne	Explosion	E1	1,03E-9	
Oxiderande ämne	Brand	E2	9,27E-9	
Frätande ämne	Utsläpp	F1	3,95E-7	
Urspårning < 5 m	Mekanisk skada	G1	2,43E-3	
Urspårning < 15 m	Mekanisk skada	G2	3,02E-5	
Urspårning < 25 m	Mekanisk skada	G3	5,04E-5	
Urspårning < 35 m	Mekanisk skada	G4	7,56E-06	

Tabell A4. Olycksscenarier järnvägstransport av farligt gods.

Bilaga B – Konsekvensberäkningar

I denna bilaga redovisas beräkningar av konsekvenserna för de scenarier med olyckor med farligt gods för vilka frekvenserna har uppskattats i Bilaga A.

B.1 Allmänt

Uppskattningar av konsekvensavstånd görs med beräkningsprogramvara, handberäkningsmodeller och förenklade antaganden.

B.1.1 Programvara för konsekvensberäkningar

För att utföra konsekvensuppskattningar till följd av ett utsläpp av farligt gods används version 5.4.7 av beräkningsprogramvaran ALOHA där så är möjligt. Denna version är utgiven i september 2016. ALOHA är avsett för att modellera utsläpp, spridning och konsekvenser av farliga ämnen och är utvecklat tillsammans av de amerikanska myndigheterna NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) och EPA (Environmental Protection Agency).

ALOHA utvecklades från början främst för syftet att användas av räddningstjänst men har med tiden utvecklats till att bli ett verktyg som också används för planerings- och akademiska ändamål [11].

Följande indata har använts vid alla beräkningarna:

- Utsläppspunkten antas vara vid marknivån.
- Datum och klockslag: 2021-03-22, 12:00
- Vind: 3 meter per sekund.
- Lufttemperatur: 10 °C
- Molnighet: 100 %
- Stabilitetsklass: D (neutral stabilitet)

B.2 RID Klass 1.1 – Olycka med massexplodivt ämne

Farligt gods som utgörs av explosiva ämnen kan medföra explosion om godset utsätts för stötar (till exempel till följd av kollision) eller påverkan från brand. En explosion ger upphov till en tryckvåg som kan medföra både direkta och indirekta skador. Indirekta skador följer av splitter och att människor kastas omkull av tryckvågen. Tryckvågen kan dessutom ge upphov till skador på byggnader som riskerar att helt eller delvis kollapsa.

Följande modell används för att uppskatta övertryck orsakad av explosion av last med farligt gods vid olycka. [22]

$$\ln(z) = 4,13 - 0.862 * \gamma + 0.0371 * \gamma^2$$

Där

$$z = \frac{r}{m_{\text{tnt}}^{1/3}}$$

och

$$\gamma = \ln(P)$$

r är avståndet från explosionscentrum i meter, m_{tnt} är massa i TNT-ekvivalenter i kg och P är övertryck i kPa. Det antas att explosiva ämnen som transporteras utgörs av TNT och med anledning av detta används mängder i kilo utan korrigeringsfaktor.

I [23] anges skadekriterier för olika nivåer av infallande tryck. Skadekriterierna återges i figur nedan.

Skada	Infallande tryck (kPa)
Gräns för lungskador (alla skadade)	70
Gräns för dödliga skador (1 % döda)	180
10 % döda	210
50 % döda	260
90 % döda	300
99 % döda	350

Ett infallande tryck på 260 kPa anges vara dödligt i 50 % av fallen. Eftersom personer också kan omkomma till följd av indirekta skador används dock gränsen 180 kPa (motsvarar 1 % döda) som gräns för kritisk påverkan vid beräkning av individrisknivåer.

Vid beräkning av antal döda för de olika transportmängderna för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från explosionen är cirkulärt.

Det anges i [22] att ett övertryck motsvarande 0,2 atmosfärer innebär risk för allvarliga skador på byggnader. Med anledning av detta görs antagandet att 1/3 av byggnader som påverkas av ett övertryck motsvarande 20 kPa skadas betydande och att 1/3 av personerna som befinner sig i byggnader omkommer.

	180 kPa	20 kPa
Liten (200 kg)	11 meter	40 meter
Medel (2 000 kg)	24 meter	83 meter
Stor (16 000 kg)	48 meter	165 meter

B.3 RID Klass 2.1 – Olycka med brandfarlig gas

B.3.1 Brännbar gas - jetflamma

Om utsläpp av brännbar gas inträffar och antändning av utsläppet sker utan fördröjning medför detta att en jetflamma uppstår. En jetflamma orsakar i första hand värmestrålning, men kan också medföra brandspridning till byggnader med mera.

Konsekvensavstånd för jetflamma har beräknats med ALOHA. Det har antagits att den brännbara gasen utgörs av propan.

Vid beräkning av individrisknivåer har det antagits att samtliga som befinner sig på ett sådant avstånd där infallande strålningsintensitet överskrider 20 kW/m² omkommer, medan personer som befinner sig längre bort inte omkommer.

Litet utsläpp (0,09 kg/s): < 10 meter (uppskattas som 5 meter)

Medelstort utsläpp (0,9 kg/s): 10 meter

Stort utsläpp (17.8 kg/s): 27 meter

Vid beräkning av antal döda för de olika utsläppsstorlekarna för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från jetflaman är cirkulärt. Detta utgör ett konservativt antagande. För de flesta scenarier understiger dock antalet döda 1, i dessa fall har antalet döda antagit vara 1 person.

För personer som befinner sig utomhus har det antagits att alla omkommer, medan det för personer som befinner sig inomhus har antagits att 25 % omkommer.

B.3.2 *Brännbar gas – gasmolnsexplosion*

Om utsläpp av brännbar gas inträffar och antändning fördröjs medför detta att en gasmolnsexplosion inträffar. Konsekvensavstånd för gasmolnsexplosion har beräknats med ALOHA och redovisas nedan. Avstånd till 60 % av nedre brännbarhetsgränsen har antagits utgöra gasmolnets utbredning (utgör standardvärde i ALOHA).

Litet utsläpp (0,09 kg/s): 11 meter

Medelstort utsläpp (0,9 kg/s): 22 meter

Stort utsläpp (17.8 kg/s): 110 meter.

Samtliga personer som befinner sig i gasmolnsexplosionen antas omkomma, medan personer på avstånd längre bort än påverkansområdet för respektive utsläppsstorlek inte antas påverkas.

Vid beräkning av antal döda för de olika utsläppsstorlekarna för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från gasmolnsexplosionen är cirkulärt. Antalet döda för varje scenario har avrundats till närmaste heltal.

För personer som befinner sig utomhus har det antagits att alla omkommer, medan det för personer som befinner sig inomhus har antagits att 25 % omkommer.

B.3.3 *Brännbar gas - BLEVE*

BLEVE, eldklot om en brännbar substans under tryck momentant strömmar ut och antänds. Kan till exempel orsakas av att tryckbehållaren utsätts för en brand utifrån [12].

För brännbara gaser kan diametern för eldklotet beräknas genom

$$D = 6,5 * M^{1/3}$$

Varaktigheten hos ett eldklot kan uppskattas med:

$$t = 0,85 * M^{0,26}$$

Där M är total massa av den brännbara gasen. Järnvägstransporter med gasol sker normalt i vagnar med kapacitet på 45-56 ton [13]. Om beräkning genomförs för 50 000 kg propan uppgår eldklotets diameter till omkring 240 meter och varaktigheten till cirka 14 sekunder. Detta medför att i eldklotet kan förväntas sträcka sig i storleksordning 200 meter från järnvägen och strålningen kan förväntas bli påtaglig även på avstånd från eldklotet. Det antas att samtliga personer som befinner sig utomhus på ett avstånd av 240 meter omkommer medan personer längre bort inte omkommer. För personer som befinner sig inomhus har det antagits att 25 % omkommer.

B.4 *RID klass 2.3 – Olycka med giftig gas*

Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Gaserna är generellt tyngre än luft och sprids därmed längs marken. Gaserna är giftiga vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Konsekvenserna av ett utsläpp beror framförallt av hålstorlek och väderförhållanden.

B.4.1 *Beräkning av konsekvens av olycka med giftig gas*

Giftiga gaser som transporteras på väg och järnväg utgörs av till exempel ammoniak, svaveldioxid och klor. Nedan anges exempel på koncentrationer

av giftig gas som medför risk för dödsfall för de tre ämnena, återgivet från [14] [15] [16].

Tabell B1 Exempel på koncentrationer av giftig gas som medför risk för dödsfall för tre olika kemikalier

	10 min	30 min	1 timme	4 timmar
Ammoniak	2700 ppm	1600 ppm	1100 ppm	550 ppm
Klor	50 ppm	28 ppm	20 ppm	10 ppm
Svaveldioxid	30 ppm	30 ppm	30 ppm	19 ppm

Beräkningar för uppskattning av avstånd till koncentrationer har gjorts i ALOHA. Beräkningar har gjorts för 30 ppm eftersom detta medför risk för dödsfall för både klor och svaveldioxid inom en kort tidsrymd. Svaveldioxid och tunggasmodell har använts i beräkningarna.

Tabell B2 Uppskattning av konsekvensavstånd för utsläpp av svaveldioxid med hjälp av ALOHA

Källstyrka	Avstånd till 30 ppm
0,08 kg/s	200 m
0,7 kg/s	628 m
9,4 kg/s	2 400 m

Beräkningar har enbart gjorts för stabilitetsklass D (den vanligaste atmosfäriska stabiliteten). Stabilitetsklass E och F kan förväntas ge avstånd till en given koncentration som är flera gånger längre, men eftersom konsekvensen vid stabilitetsklass D ändå blir så pass hög görs ingen vidare utvärdering av detta. Eftersom planerad detaljplan är belägen i utkanten av Västerås kommer konsekvensavstånd 2 400 m påverka mestadels obebodd åkermark. Därmed kommer konsekvensavstånd vid stora utsläpp beräknas som medelstora utsläpp i samhällsberäkningarna

Av personer inomhus antas att 50 % omkommer.

B.5

RID klass 3 – Olycka med brandfarlig vätska

En olycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska leder till en pölbrand om det utsläppta ämnet antänds. Antändning av och brand i en sådan pöl förväntas ge strålningseffekter, som kan skada oskyddade människor och egendom. Beräkning för att uppskatta strålning från en pölbrand genomförs med ALOHA. I beräkningarna antas pölbranden bestå av heptan.

Tabell B3 Konsekvensavstånd i meter för olika strålningsintensiteter, baserat på pölarea.

	10 kW/m ²	20 kW/m ²	40 kW/m ²
75 m ²	23	14	< 10 m
150 m ²	33	21	13
300 m ²	47	31	19

En infallande strålningsintensitet som överstiger 15-20 kW/m² medför att brandspridning kan förväntas ske till intilliggande byggnader.

Det antas att samtliga som befinner sig på ett sådant avstånd att strålningen överskrider 20 kW/m² omkommer, medan personer som befinner sig längre bort inte omkommer.

Vid beräkning av antal döda för de olika utsläppsstorlekarna för att uppskatta nivåer för samhällsrisk antas att påverkansområdet från pölbranden är cirkulärt. Antalet döda för varje scenario har avrundats till närmaste heltal och som minst antagits vara 1 person.

För personer som befinner sig utomhus har det antagits att alla omkommer, medan det för personer som befinner sig inomhus har antagits att 25 % omkommer.

B.6 RID klass 5 - Olycka med oxiderande ämnen

Oxiderande ämnen kan reagera explosionsartat eller bilda explosiva produkter om det kommer i kontakt med vissa organiska ämnen (t ex aceton och etanol). Kommer det oxiderande ämnet inte i kontakt med organiskt material antas inget explosionsartat förlopp uppstå.

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosiva och konsekvenserna är lika de som sker vid stor olycka med massexplodivt ämne. För oxiderande ämnen antas dödliga skador som följd av explosion ske inom 48 meter för personer utomhus och 165 meter för personer som befinner sig inomhus. Om olycka med oxiderande ämne leder till brand antas konsekvensen motsvara en medelstor pölbrand.

B.7 RID klass 8 - Olycka med frätande ämnen

Det finns inga särskilda modeller för att uppskatta konsekvenser av utsläpp med frätande ämnen. Det antas därför att personer inom ett avstånd på 10 meter omkommer medan personer längre bort inte omkommer.

B.8 Urspårningar

Nedanstående tabell anger fördelning av avstånd från spår som vagnar förväntas komma vid urspårning. En sammanvägning av av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg.

Tabell 2 Frekvensfördelning över olika urspårningsavstånd för tåg

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,5 %	18,0 %	2,3 %	2,2 %	-
Godståg	70,3 %	19,8 %	5,5 %	2,2 %	2,2 %