

Risikanalys av trygghetsboende

Västerås stad

Dingtuna

Östjädra 1:196

Risikanalys av trygghetsboende, kv Östjädra 1:196

Status

Utgåva

Datum

Preliminär

2

2022-02-09

Uppdragsbeteckning

Handlingsbeteckning

Skapad

Sidor

4767,015

FT8-01

2022-01-19

33

Uppdragsansvarig

E-post uppdragsansvarig

Martina Ardenmark

martina.ardenmark@firetech.se

Handläggare

E-post handläggare

Joel Langborger

joel.langborger@firetech.se

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	2 (33)

Sammanfattning

På fastighet Östjädra 1:196 planeras det uppföras trygghetsboende. Planområdet är placerad i närheten av Mälarbanan vilken 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 nybyggnad 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 och planerad placering av byggnaderna. Därefter genomfördes en riskidentifiering där risker i samband med transporter av farligt gods på Mälarbanan identifierades. Inga närliggande verksamheter bedöms ha riskbidrag inom området. På grund av mängden farligt gods som kan förväntas transporteras på Mälarbanan, 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.

Med hänsyn till verksamheten och byggnadens nära placering till Mälarbanan rekommenderar FireTech Engineering AB att trygghetsboendet ska uppfylla följande krav:

1. Byggnaden ska ha minst en utrymningsväg via dörr direkt mot det fria, trapphus eller motsvarande i riktning bort från Mälarbanan.
2. Friskluftsintag bör placeras högt upp och i riktning bort från järnvägen, alternativt uppe på taket. Ventilation ska utformas så att den går att stänga av vid behov. Fläkt-i-drift ska ha prioritet över nödstoppsfunktionen.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	3 (33)

1	ALLMÄNT	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte och mål	4
1.3	Avgränsningar	4
1.4	Uppdragsgivare	4
1.5	Utgåva	4
1.6	Metod och rapportens uppläggning	4
2	RISKHÄNSYN I DEN FYSISKA PLANERINGEN	5
2.1	Planläggning vid transportleder för farligt gods	5
2.2	Kriterier för riskvärdering	5
2.3	Principer för riskvärdering	6
3	BESKRIVNING AV OMRÅDET	8
4	INLEDANDE KVALITATIV ANALYS	9
4.1	Riskidentifiering	9
4.2	Transporter av farligt gods på Mälarbanan	10
4.3	Grov bedömning av sannolikhet och konsekvens	11
5	ÖVERSIKTLIG RISKBEDÖMNING OCH RISKVÄRDERING	13
6	KVANTITATIV RISKANALYS	15
6.1	Resultat individrisk	15
6.2	Resultat samhällsrisk	15
6.3	Osäkerheter och känslighetsanalys	16
6.4	Beräknad risknivå med åtgärder	18
7	RISKVÄRDERING	20
8	REKOMMENDATIONER OCH ÅTGÄRDER	21
9	SLUTSATS	21
	REFERENSER	22
	BILAGA A FREKVENNS OCH SANNOLIKHETSBERÄKNING	23
A.1	Frekvensberäkning urspårning järnväg	23
	BILAGA B – KONSEKVENSBERÄKNINGAR	30
B.1	Allmänt	30
B.2	RID Klass 2.1 – Olycka med brandfarlig gas	30
B.3	RID klass 2.3 – Olycka med giftig gas	31
B.4	RID klass 3 – Olycka med brandfarlig vätska	32
B.5	RID klass 5 - Olycka med oxiderande ämnen	33
B.4	RID klass 8 - Olycka med frätande ämnen	33

Uppdragsbeteckning		Dokumentbeteckning	
4767,015		FT8-01	
Status	Skapad	Sida	
Preliminär	2022-01-19	4 (33)	
Signatur	Datum	Utgåva	
Joel Langborger	2022-02-09	2	
Innehåll			
Riskanalys avseende anläggning av trygghetsboende, kv Östjädra 1:196, Västerås kommun			

1 Allmänt

1.1 Bakgrund

Västerås stad önskar upprätta trygghetsboende på kv. Östjädra i Västerås kommun. Den planerade placeringen av byggnaderna sker i nära anslutning till Mälarbanan. Enligt Trafikverkets senaste bullerprognos för år 2040 [1] anges att antalet godstransporter på sträckan mellan Västerås C och Kolbäck förväntas uppgå till 14,4 godståg per dygn.

Västerås stad har givit FireTech Engineering AB i uppdrag att genomföra en riskanalys för att utreda risknivån kring tänkt placering av trygghetsboende samt att ge förslag på vilka eventuella riskreducerande åtgärder som bör genomföras.

1.2 Syfte och mål

Syftet är att föreliggande riskanalys ska utreda vilka riskreducerande åtgärder som är aktuella för trygghetsboendet.

Målet med riskutredningen är att skapa ett underlag som underlättar för beslutsfattare att ta beslut om planerad exploatering är acceptabel ur risksynpunkt eller inte.

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 andra utgåva. Förändringar i detta dokument i förhållande till föregående utgåva markeras med ett streck i högermarginalen.

1.6 Metod och rapportens uppläggning

Genomförande av riskanalysen inleds med en kartläggning och beskrivning av området. Därefter genomförs 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.

En kvantitativ riskanalys genomförs därefter för områdets förutsättningar för att uppskatta risknivåernas storlek och möjliggöra en riskvärdering. Resultat från den kvantitativa riskanalysen redovisas i kapitel 6, medan huvuddelen av

antaganden, beräkningar och genomförande finns presenterat i Bilaga A (frekvensberäkningar) och Bilaga B (konsekvensberäkningar).

Värdering av risknivåerna till följd av transporter av farligt gods på järnvägen görs. Beräknade risknivåer jämförs med vedertagna kriterier. Riskvärderingen finns redovisade i kapitel 7.

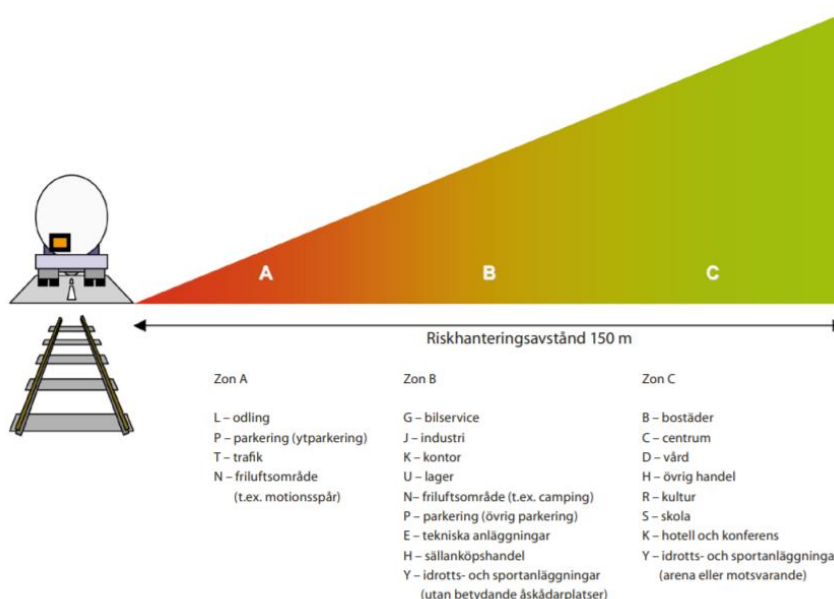
Slutligen utarbetas rekommendationer och alternativ för riskreducerande åtgärder utifrån riskens storlek och genomförd riskvärdering. Dessa presenteras i kapitel 8.

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

Inom Västmanlands län tillämpas en riskpolicy vilken har tagits fram av länsstyrelserna i Stockholm, Västra Götaland och Skåne [2]. I Figur 1 nedan anges skyddsavstånd samt lämplig markanvändning invid en transportled för farligt gods. Policyn anger att riskhantering bör tillämpas för detaljplaner inom 150 meter från transportled.



Figur 1. Rekommenderade skyddsavstånd och lämpliga verksamheter intill transportleder för farligt gods [2].

2.2 Kriterier för riskvärdering

Risk betraktas i denna riskanalys som produkten av sannolikhet (händelsefrekvens) och konsekvens. Med konsekvens avses konsekvenserna av en oönskad 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. Samhällsrisken ökar alltså om personantalet i området ökar.

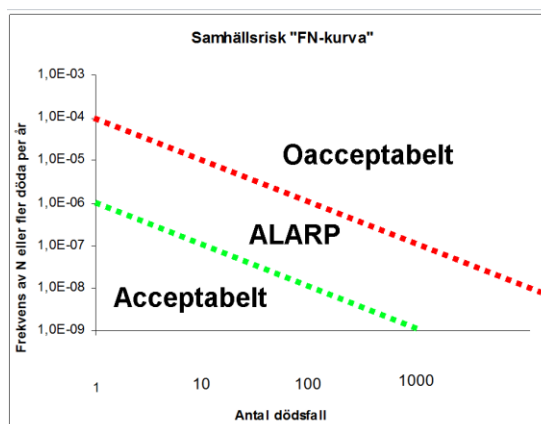
I denna riskanalys värderas risknivåer mot de kriterier som Det Norske Veritas (DNV) har föreslagit.

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. Då individrisk utgör den risk som en person i en viss punkt kontinuerligt utsätts för påverkas inte denna parameter av verksamhetstyp.

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

1. Rimlighetsprincipen

Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras bör alltid åtgärdas, oavsett risknivå.

2. Proportionalitetsprincipen

Den totala risken från en verksamhet bör stå i proportion mot tillförd nytta.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	7 (33)

3. 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.

4. Principen om undvikande av katastrofer

Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser än i katastrofer med omfattande konsekvenser.

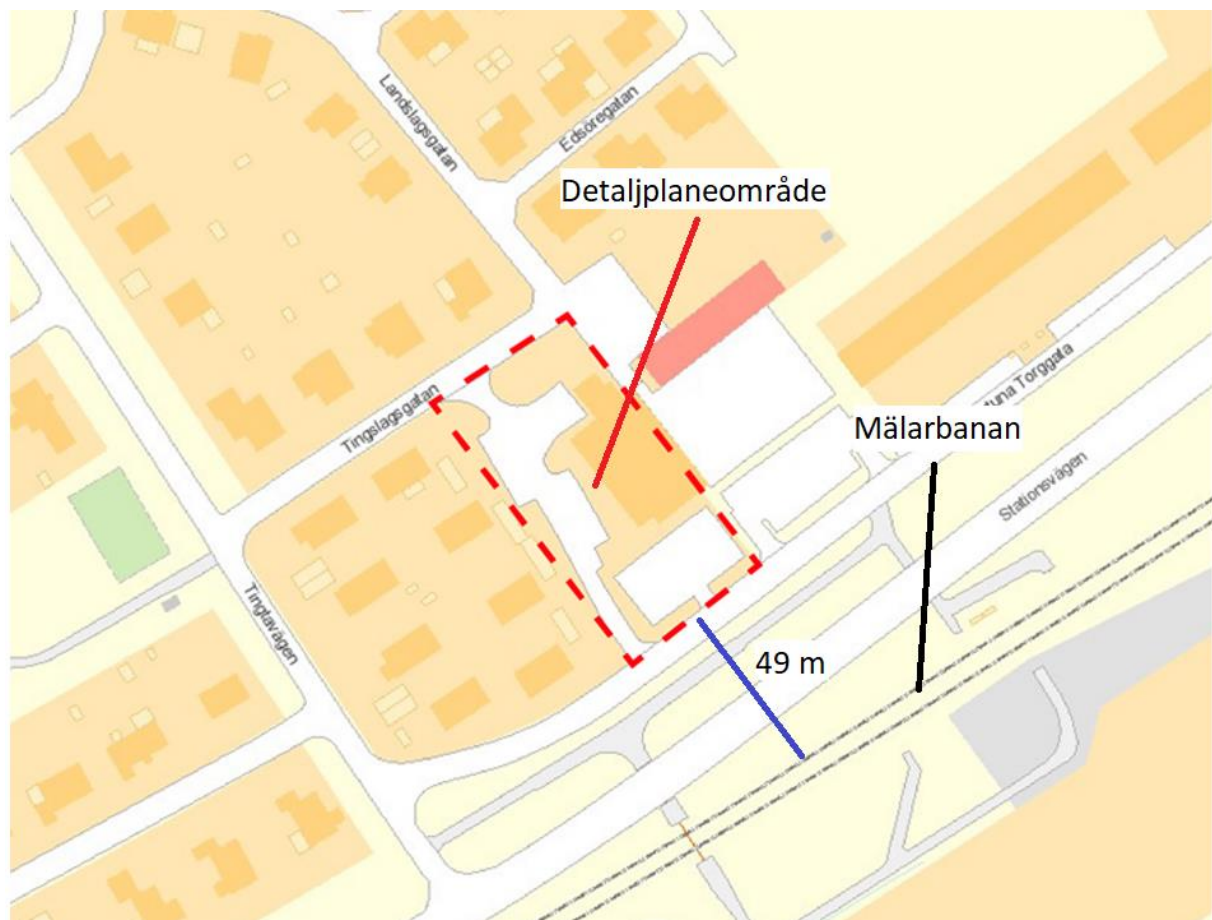
För en mer detaljerad beskrivning hänvisas till [3].

3 Beskrivning av området

Området som omfattas av denna analys är kv. Östjädra 1:196, beläget i Västerås kommun.

I figur 3 och 4 nedan visas planerad placering av detaljplaneområdet i förhållande till järnvägsspåret samt hur detaljplaneområdet är tänkt att se ut. Minsta avstånd mellan detaljplaneområdet och yttersta spåret är cirka 49 meter.

Mitt emot detaljplaneområdet ligger Dingtuna järnvägsstation.



Figur 3. Planerad placering av detaljplaneområdet gentemot järnvägen vilket löper längsmed byggnaden (längst ner i figuren).



Figur 4: Tänkt utformning av detaljplaneområdet

Enligt scb uppgår befolkningstätheten i Dingtuna tätort till i medeltal 966 invånare per km² [4]. Runt det aktuella området nära Mälarbanan antas denna siffra vara representativ.

4 Inledande kvalitativ analys

4.1 Riskidentifiering

I samband med uppförandet av trygghetsboendet undersöktes området kring fastigheten för riskfyllda verksamheter.

Enligt Figur 3 ovan löper Mälarbanan söder om området. På järnvägen kan det förekomma godståg transporterandes farligt gods. Även passagerartåg är vanligt förekommande på dessa sträckor. Urspåring och utsläpp farligt gods från godståg bedöms utgöra den största risken. Mekanisk påverkan av urspårande tåg bedöms inte utgöra en risk för området på grund av avståndet om 49 meter ifrån närmsta tågspår. Sannolikheten att tågagnar ska spåra ur längre än 25 meter från spåret är minimal [5].

Strax söder om området ligger Dingtuna tågstation. Stationen används inte för uppställning av någon form av tåg. Därmed bedöms inte stationen, som inte hanterar farligt gods stadigvarande, utgöra en riskkälla.

I övrigt har inga verksamheter som påverkar riskbilden för planområdet identifierats.

I kapitel 4.2 görs en fördjupning av farligt godstransporter på Mälarbanan.

4.2

Transporter av farligt gods på Mälarbanan

Mälarbanan trafikeras av både gods- och persontåg. Sträckan är dubbelspårig.

Enligt Trafikverkets senaste bullerprognos för år 2040 [1] anges att antalet godstransporter på sträckan mellan Västerås C och Kolbäck förväntas uppgå till 14,4 godståg per dygn.

Andelen farligt gods som transporterades på järnväg av all godstrafik uppgick i Sverige 2020 till cirka 5 % [6]. Därmed uppskattas antalet transporter av farligt gods på järnvägen till 0,72 godståg med farligt gods per dag.

Exakt fördelning av RID-S klasser på Mälarbanan är inte kartlagd. I rapporten antas det att fördelningen följer riksgenomsnittet av transporterad mängd i ton år 2020 som Trafa har sammanställt [6].

Klass	Ämnesgrupp	Nationellt (2020) [6][%]
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

Tabell 1. Respektive ämnes andel i nationell statistik 2020 [6].

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 [7].

4.3 Grov bedömning av sannolikhet och konsekvens

4.3.1 Olycka med fordon som transporterar farligt gods

I Tabell 2 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 [8].

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	X			Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	100 - 1000 < 100
2.1. Kondenserad brännbar gas	Propan, gasol		X			Jetflamma - värmestrålning	< 100
		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	X			Brand - värmestrålning Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	<100 100 - 1000
6. Giftiga och smittoförande ämnen	Arsenik-, bly och kviksilversalter, 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 2. Generella faror och möjliga konsekvenser med olika transportklasser av farligt gods [8].

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

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	12 (33)

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, gasmolnsexplosion, 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

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	13 (33)

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. [9]

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**

Länsstyrelsen i Västmanland har genom RIKTSAM specificerat på vilket avstånd olika verksamheter kan placeras från väg och järnväg, där farligt gods transporteras, utan att analyser eller åtgärder vidtas. För flerbostadshus är detta avstånd 150 meter.

Planerad placering av trygghetsboendet medför att de rekommenderade avstånden på 150 meter underskrids till järnvägen. Avståndet till ytterkant är som kortast 49 meter.

Det uppskattas att 0,72 godståg med farligt gods kommer transporteras per dag på sträckan mellan Västerås C-Kolbäck 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

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	14 (33)

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.

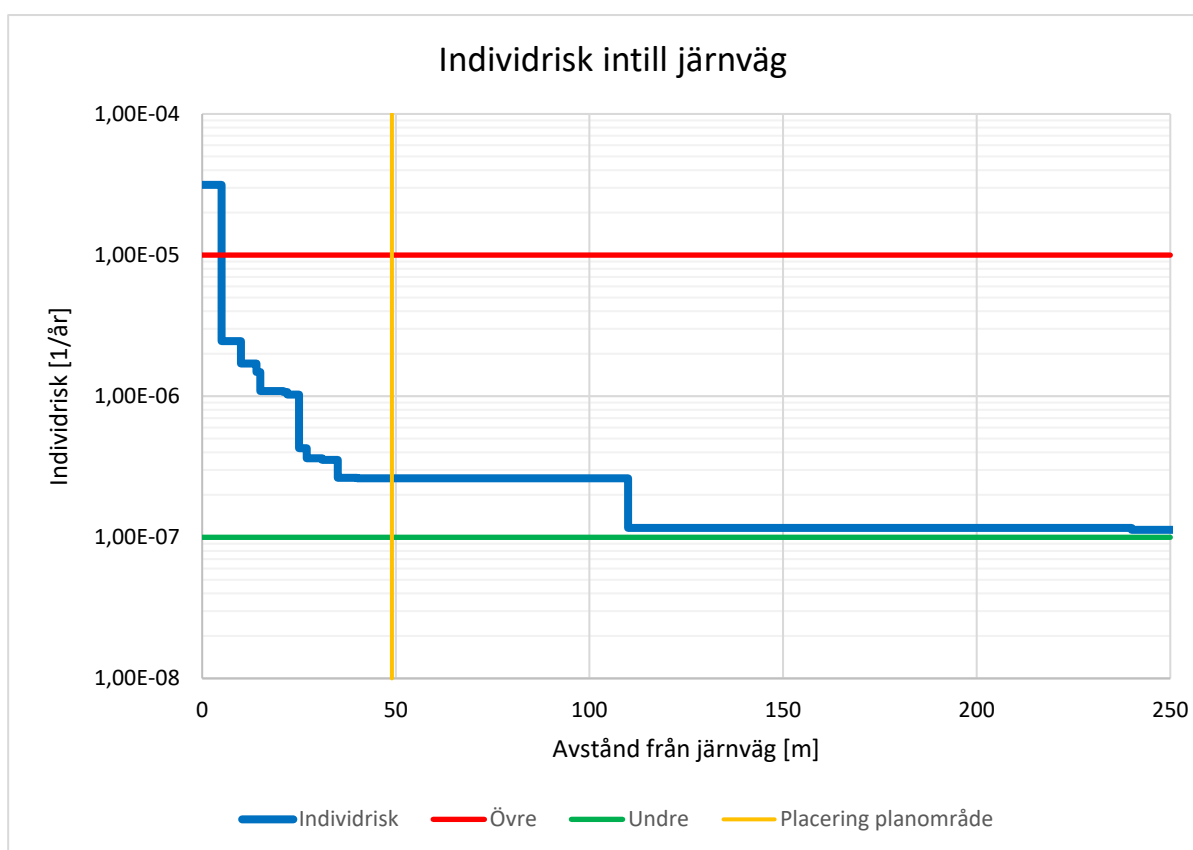
Den fördjupade kvantitativa riskanalysen redovisas i nästföljande kapitel.

6 Kvantitativ riskanalys

I detta kapitel redovisas den fördjupade kvantitativa analysen som genomförts för transporter av farligt gods på Mälarbanan. 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 5 nedan redovisas beräknad individrisk som funktion av avstånd från Mälarbanan. 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.



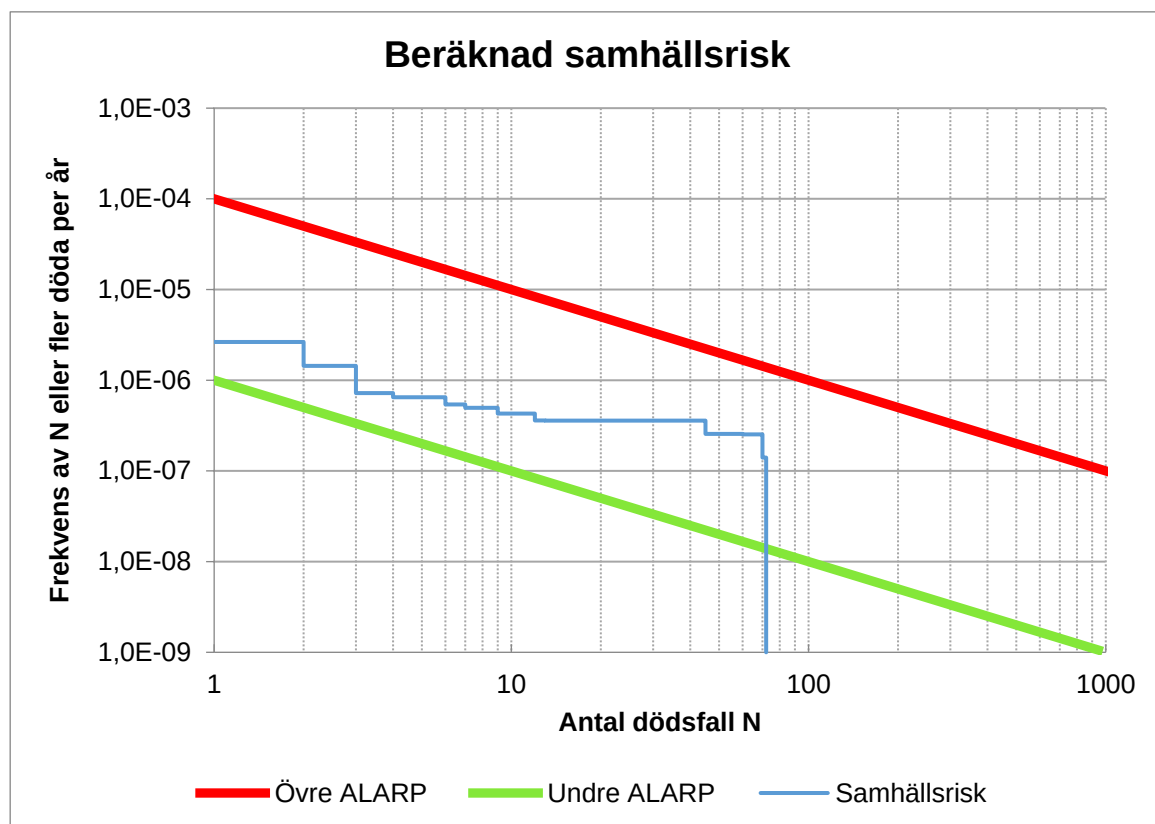
Figur 5. Beräknad individrisk som funktion av avstånd från Mälarbanan. Notera att skala på y-axeln är logaritmisk.

Det kan noteras att individrisken för närmsta byggnaden, som är belägen 49 meter från Mälarbanan, ligger lågt inom ALARP-området, på $2,62 \times 10^{-7}$ per år.

6.2 Resultat samhällsrisk

I Figur 6 nedan redovisas beräknad samhällsrisk för transporter på järnvägen. Beräkning har genomförts för 0,72 godståg per dag med i genomsnitt 38,5 vagnar farligt gods på Mälarbanan. Beräkningarna bygger på en enkel modell med en genomsnittlig befolkningstäthet, något skyddsavstånd eller andra riskreducerande åtgärder har inte inkluderats då kurvan tagits fram. 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 skyddsavstånd eller andra åtgärder. I avsnitt 6.4 nedan undersöks istället hur

samhällsriskerna ser ut om bebyggelse planläggs med riskhänsyn och riskreducerande åtgärder.



Figur 6. Beräknad samhällsrisk kring Mälarbanan utan hänsyn till avstånd eller andra 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.

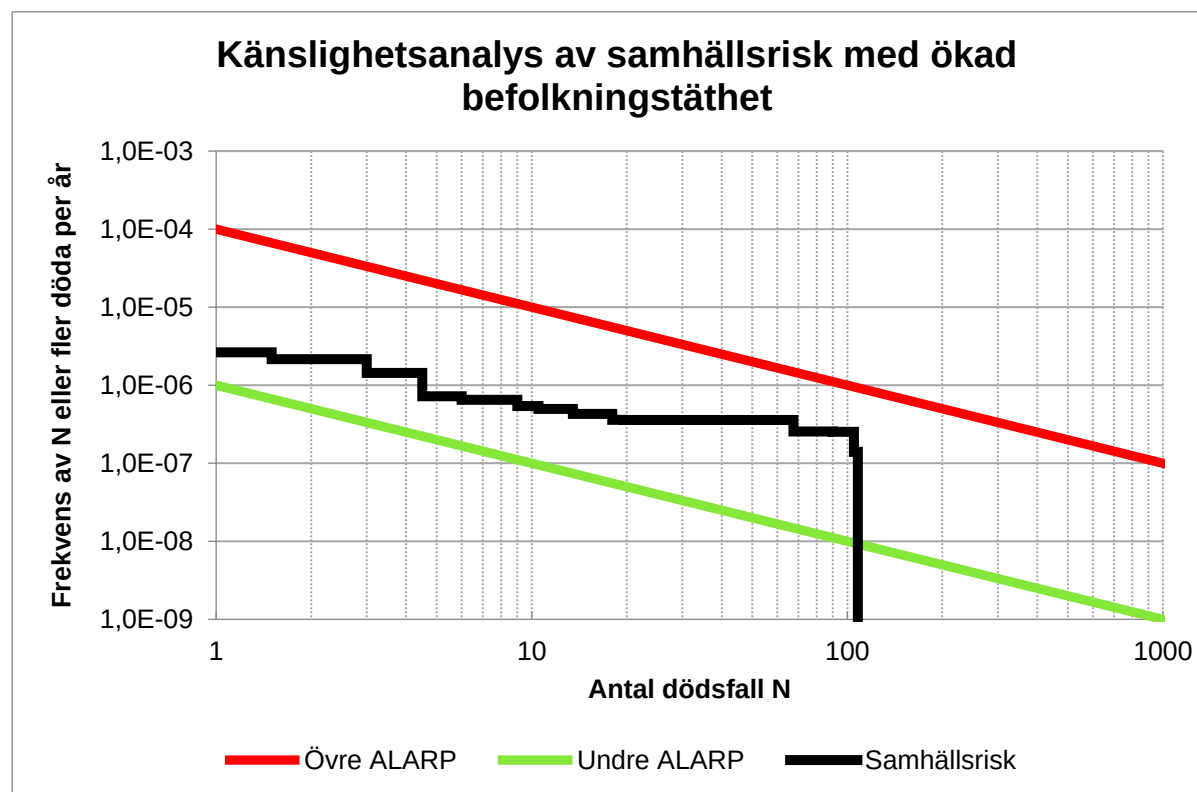
Känslighetsanalys görs för att utvärdera hur risknivåerna påverkas av en större befolkningstäthet respektive om antalet transporter av farligt gods ökar.

6.3.1

Ökad befolkningstäthet

En förtätning av området medför att persontätheten ökar intill Mälarbanan. För att undersöka hur samhällsriskerna påverkas av en ökad befolkningstäthet utförs beräkningarna även för en 50 % större befolkningstäthet (1449 personer/km²). Precis som i avsnitt 6.2 (Figur 6) ska kurvorna tolkas som en uppskattning av hur stor samhällsriskerna kan förväntas vara med en ökad befolkningstäthet intill järnvägen utan några skyddsavstånd eller andra

åtgärder. Resultat för beräknad samhällsrisk med åtgärder återges även nedan i avsnitt 6.4 (Figur 9).

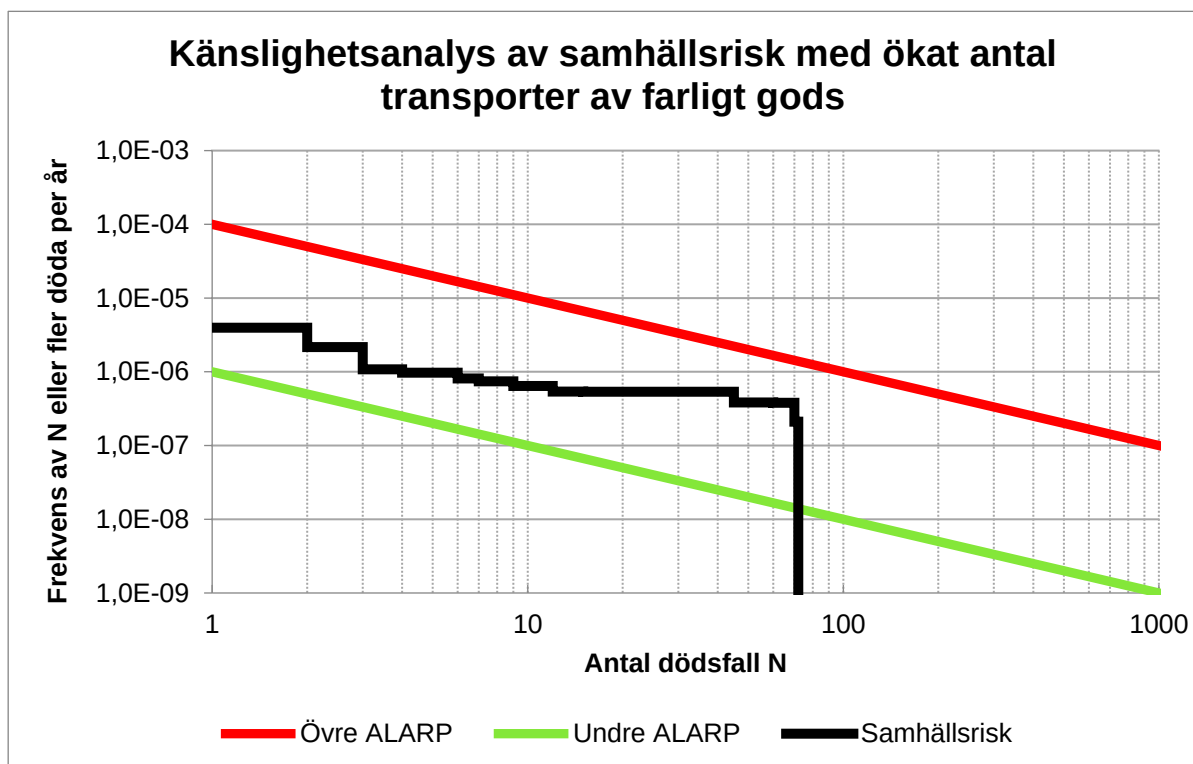


Figur 7. Påverkan på beräknad samhällsrisknivå då antagande om befolkningstäthet har ökat med 50 % (1449 inv/km² har använts).

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 (0,72 godståg per dag), vilket motsvarar 1,1 godståg per dygn:



Figur 8. Beräknad samhällsrisk från Mälarbanan med 1,1 godståg med farligt gods per dag.

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

6.4

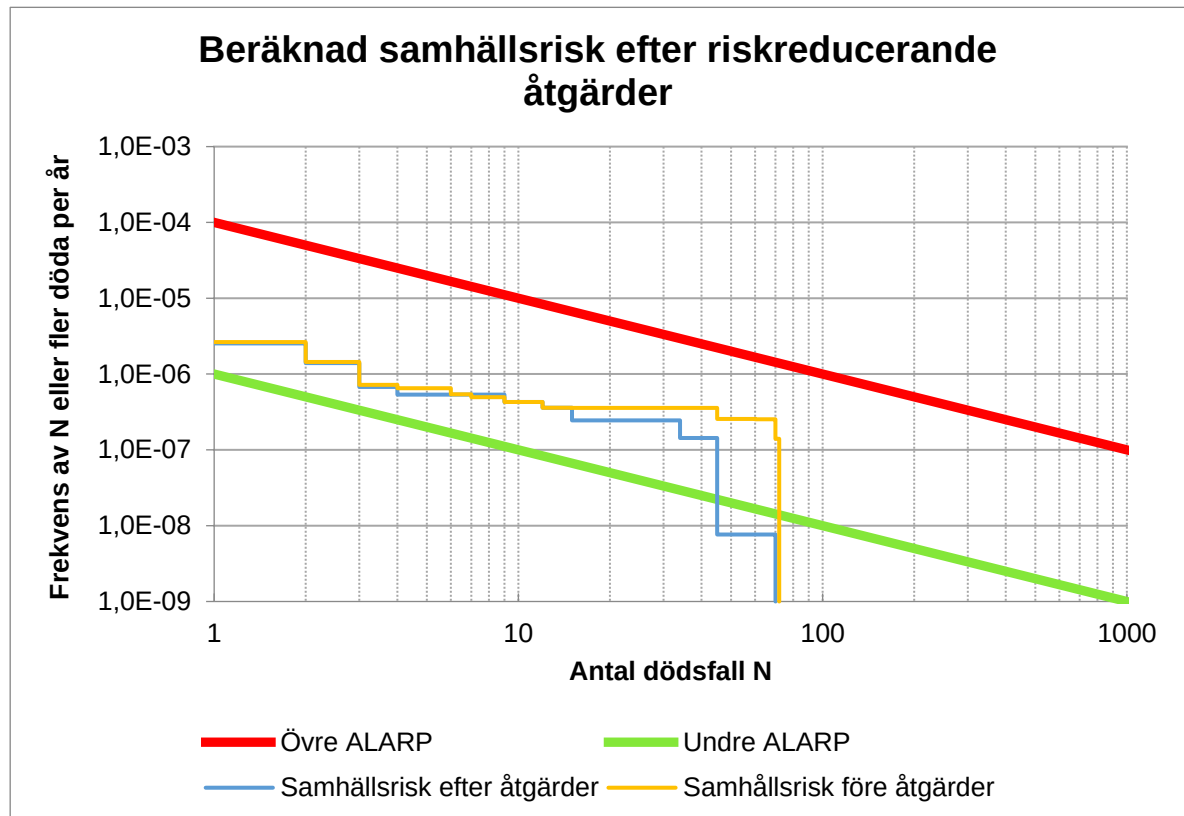
Beräknad risknivå med åtgärder

Eftersom individrisk per definition utgör sannolikheten att omkomma för genomsnittlig person som vistas utomhus i en given punkt under ett års tid påverkas inte beräknad individrisk av riskreducerande åtgärder. Däremot motiverar en hög individrisk att åtgärder vidtas för att bebyggelse ska accepteras.

Beräknad samhällsrisk påverkas dock av riskreducerande åtgärder och en grov uppskattning av hur samhällsrisknivån påverkas av bebyggelse nära Mälarbanan görs med hänsyn tagen till förekommande transporter av farligt gods. Riskreducerande åtgärder antas bestå av skyddsavstånd till järnväg.

För att uppskatta påverkan på risknivån har det antagits att åtgärderna begränsar sannolikheten för att personer vistas i järnvägens närområde och skyddar byggnader så att det i 1 fall av 10 (jämfört med beräkningar utan hänsyn till detta) medför att personer omkommer till följd av olyckor som har korta konsekvensavstånd. Sådana scenarier som har justerats utgörs av brandfarlig vätska, jetflammar och dylikt. Möjlighet till central avstängning av inluft till byggnaden samt placering av friskluftsintag högt upp och bort från järnvägen antas sänka sannolikheten att omkomma inomhus vid utsläpp av giftig gas med 80 %.

I Figur 9 nedan redovisas uppskattning av samhällsrisknivåer med åtgärder.



Figur 9. Grov uppskattning av samhällsrisknivå med riskreducerande åtgärder.

Figuren ovan anger riskreducerande åtgärder sänker samhällsrisken. Det gäller särskilt för scenarier där ett stort antal personer kan påverkas.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	20 (33)

7

Riskvärdering

Individrisken ligger inom ALARP-området (dvs. mellan 10^{-7} och 10^{-5}) på det avstånd från spåret närmsta byggnaden är placerad. 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. Skulle antalet tåg eller befolkningstätheten öka i framtiden resulterar det inte i en oacceptabel samhällsrisk. Eftersom detta dokument endast avser nybyggnad av trygghetsboende får åtgärder som görs på byggnaderna i praktiken begränsad påverkan på samhällsriskerna eftersom den endast utgör en liten del av 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 placeras bort från järnvägen och kunna stängas vid behov av de boende.

Mellan planområdet och Mälarbanan finns det i nuläget ett dike som förhindrar att brandfarlig vätska rinner mot området. Dessutom är perrongen något upphöjd över spåren vilket ytterligare minskar risken.

I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till urspårning av persontåg eller godståg som ej transporterar farligt gods, som utgör den största delen av individrisken inom 10 meter från järnvägen. Då avstånd mellan järnväg och närmsta byggnaden uppgår till 49 meter bedöms risken för personskada i samband med urspårning vara låg.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	21 (33)

8 Rekommendationer och åtgärder

Med hänsyn till verksamheten och byggnadens nära placering till Mälarbanan rekommenderar FireTech Engineering AB att trygghetsboendet ska uppfylla följande krav:

1. Byggnaden ska ha minst en utrymningsväg via dörr direkt mot det fria, trapphus eller motsvarande i riktning bort från Mälarbanan.
2. Friskluftsintag bör placeras högt upp och i riktning bort från järnvägen, alternativt uppe på taket. Ventilation ska utformas så att den går att stänga av vid behov. Fläkt-i-drift ska ha prioritet över nödstoppsfunktionen.

Med ovanstående åtgärder bedömer FireTech Engineering AB att personsäkerheten är acceptabel för personer som befinner sig i aktuell byggnad utifrån genomförd riskvärdering och förekommande transporter av farligt gods.

9 Slutsats

FireTech Engineering AB anser att om de rekommendationer som redovisats i kapitel 8 beaktas har skäligen åtgärder vidtagits för att begränsa riskerna till följd av transporter av farligt gods på Mälarbanan.

Malmö 2022-02-09
FireTech Engineering AB

Granskad av:

Joel Langborger
Brandingenjör
Civilingenjör i Riskhantering

Oscar Mårtensson
Brandingenjör

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	22 (33)

Referenser

- [1] Trafikverket, *210415_trafikuppgifter_jarnvag_t21_och_bullerprognos_2040*, Trafikverket, 2021.
- [2] Länsstyrelserna Skåne, Stockholm & Västra Götaland, "Riskhantering i detaljplaneprocessen," 2006.
- [3] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [4] Statistiska centralbyrån, "Tätorter," 23 mars 2021. [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/markanvandning/tatorter/>. [Använd 08 oktober 2021].
- [5] Sveriges Kommuner och Landsting, "Transporter av farligt gods - handbok för kommunernas planering," 2012.
- [6] Trafikanalys, "Bantrafik 2020," 2020.
- [7] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt godstransporter September 2006," Räddningsverket, 2006.
- [8] Försvarets Forskningsanstalt, "Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel för samhällsplaneringen," Försvarets Forskningsanstalt, 1995.
- [9] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg," Statens räddningsverk, 1996, 1996.
- [10] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of hazardous material*, nr 33, 1993.
- [11] EPA, "ALOHA User's Manual," U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 2007.
- [12] Försvarets Forskningsanstalt, Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor för bedömning av risker, 1998.
- [13] Energigas Sverige, "Åtgärder vid olyckor under transporter av gasol i bulkform," Stockholm, 2017.
- [14] 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].
- [15] 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].
- [16] 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 urspårningsfrekvens av vagnar med farligt gods på järnväg används VTI:s rapport som underlag [9]:

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

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

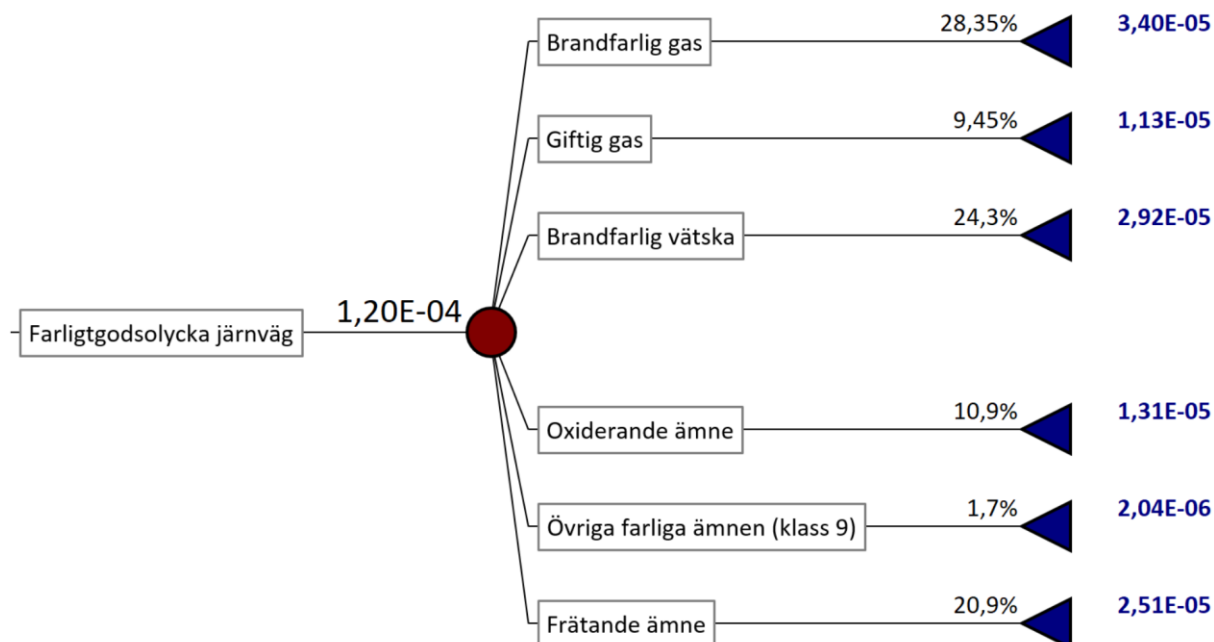
Indata som användes redovisas i Tabell A1, statistik redovisad i kapitel 4 används som underlag för beräkningar.

Parameter	Indata	Kommentar
Antal tåg med farligt gods per år (AT)	263	ÅDT=14,4. Multiplicera med 365 dagar på ett år och 5% enligt avsnitt 4.2.
Avsnittets längd (S)	100 m	En sträcka på 100 m förbi trygghetsboendet undersöks
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, fagovagnar (TAF)	154	Enligt [1] är ett godstågs medellängd på Mälarbanan 578 m. Med antagandet om att varje godsvagn är 15 meter och samtliga är fyraxlade blir antalet vagnaxlar 154.
Urspårningstal, boggievagnar (UTif)	7,3E-9	Tabell 1.2 [9], ospecificerad spårkvalité
Urspårningstal, ej spårfel, boggievagnar (UTof)	4E-9	Tabell 1.3 [9]
Förväntat antal kollisioner tåg-tåg/vut, per tågkm (FKT)	6E-8	[9]
F1	1,1E-4	På grund av urspårning, beräkning enligt ekvation ovan [9].
F2	4,7E-6	På grund av kollisioner tåg-tåg, beräkning enligt ekvation ovan [9].
F	1,2E-4	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 1,2E-4 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 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.

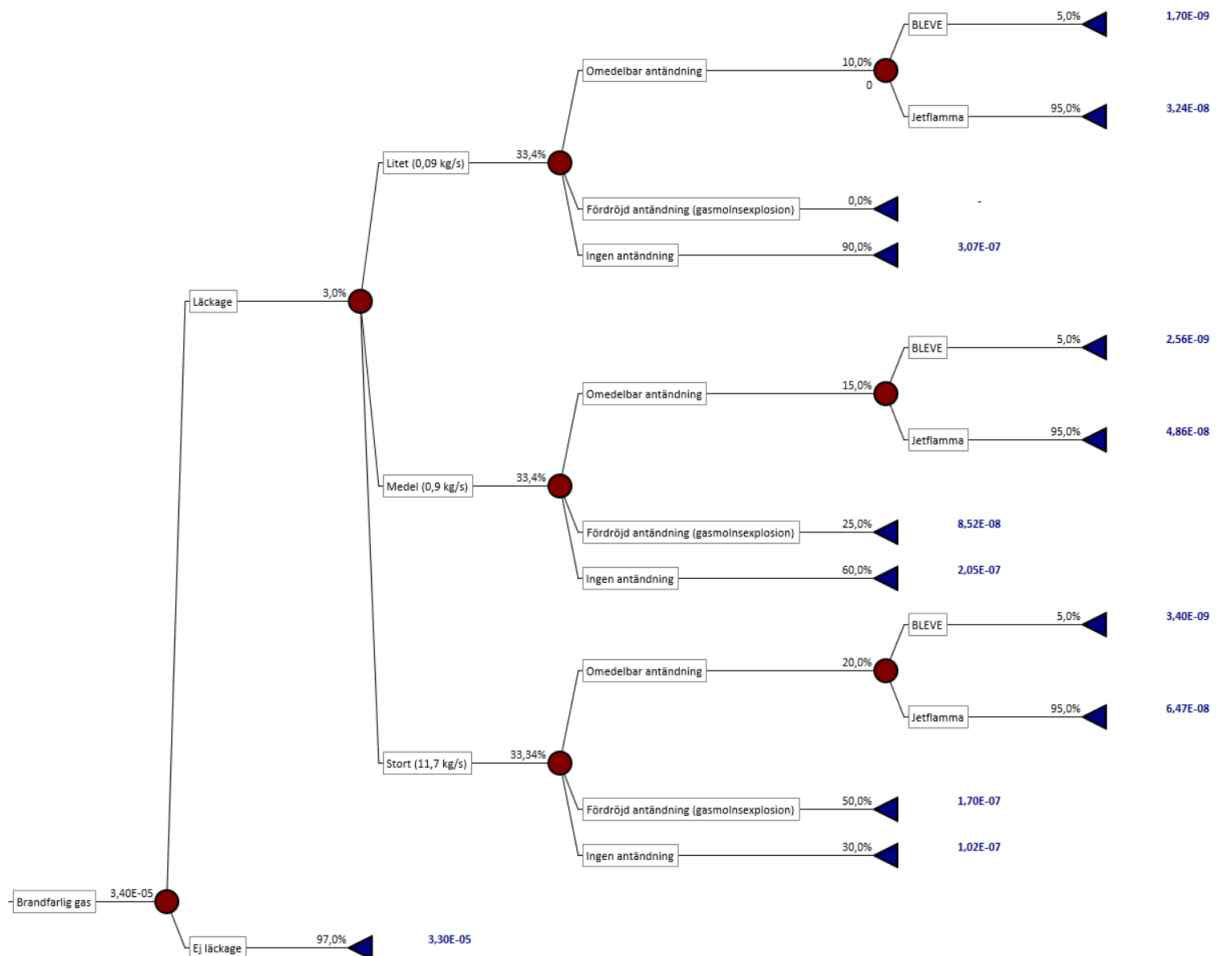
Hålstorlek	Antändning	Sannolikhet
Liten	Omedelbar	0,1
	Fördröjd	0,0
	Ingen	0,9
Medel	Omedelbar	0,15
	Fördröjd	0,25
	Ingen	0,6

	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.



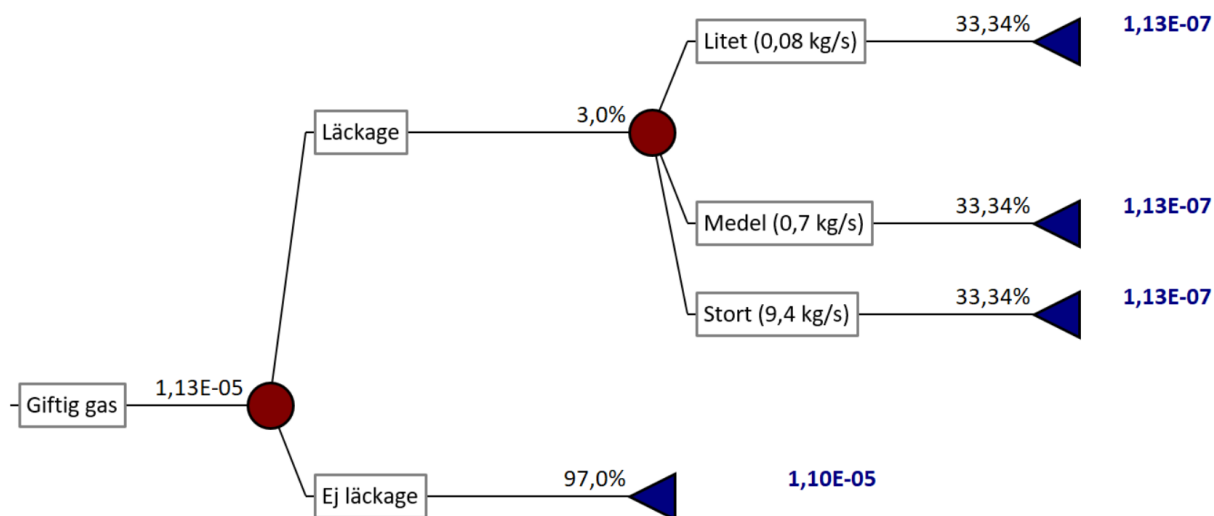
Figur A2. Händelseträd för brandfarlig gas på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdets (per år och 100 m).

A.1.2

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. Händelseträd för giftig gas på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år och 100 m).

A.1.3

ADR/RID klass 3 - Brandfarliga vätskor

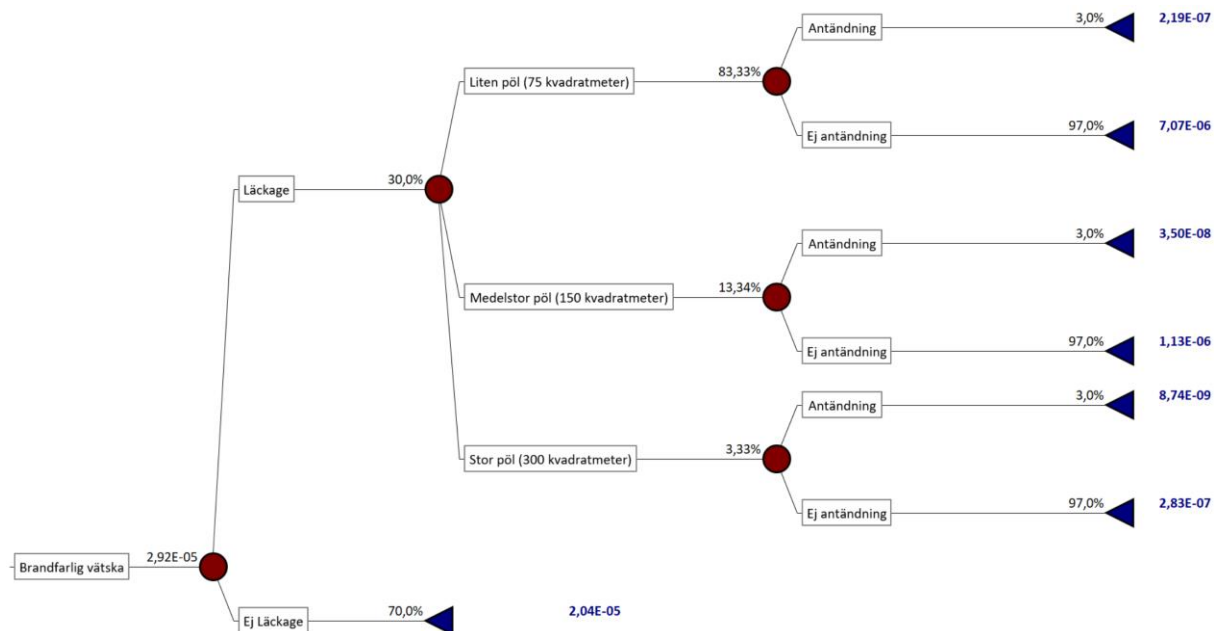
För brandfarliga vätskor ansätts sannolikheter enligt tabell A3 nedan, återgiven från [9]. Sannolikheten för inga utsläpp blir med dessa sannolikheter 0,7.

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.



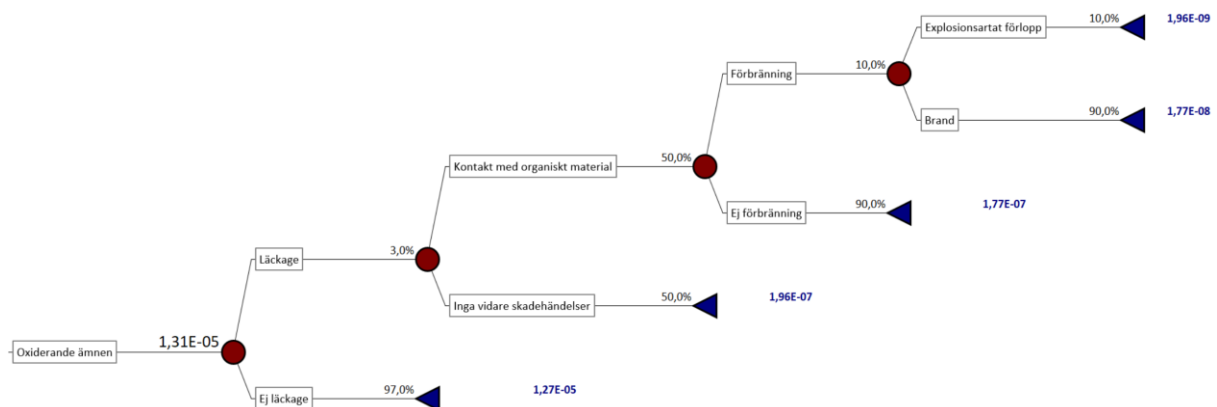
Figur A4. Händelseträd för brandfarlig vätska på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år och 100 m).

A.1.4

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 %.

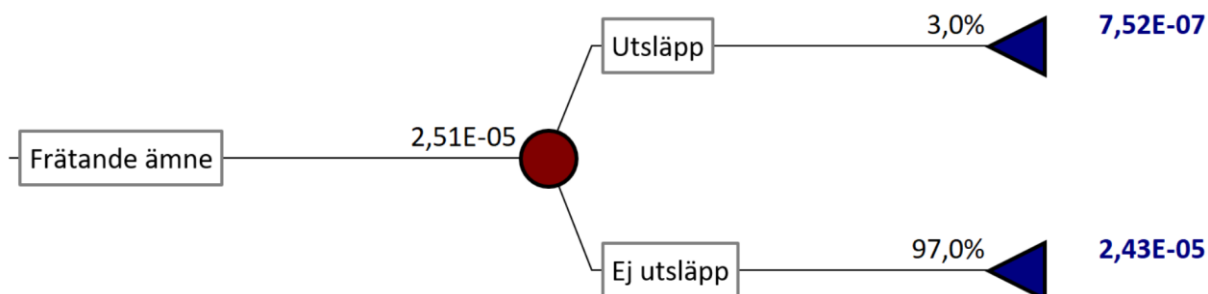
Om ett utsläpp sker antas det att kontakt med organiskt material sker i 50 % av fallen. Oftast blandas en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in i det oxiderande ämnet för att minska reaktionsbenägenheten hos det farliga godset. En tiondel av de utsläpp som kommer i kontakt med organiskt material leder 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. Händelseträd för oxiderande ämne på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år och 100 m).

A.1.5 ADR/RID klass 8 - Frätande ämnen

För frätande ämnen ansätts sannolikheten för utsläpp till 3 %.



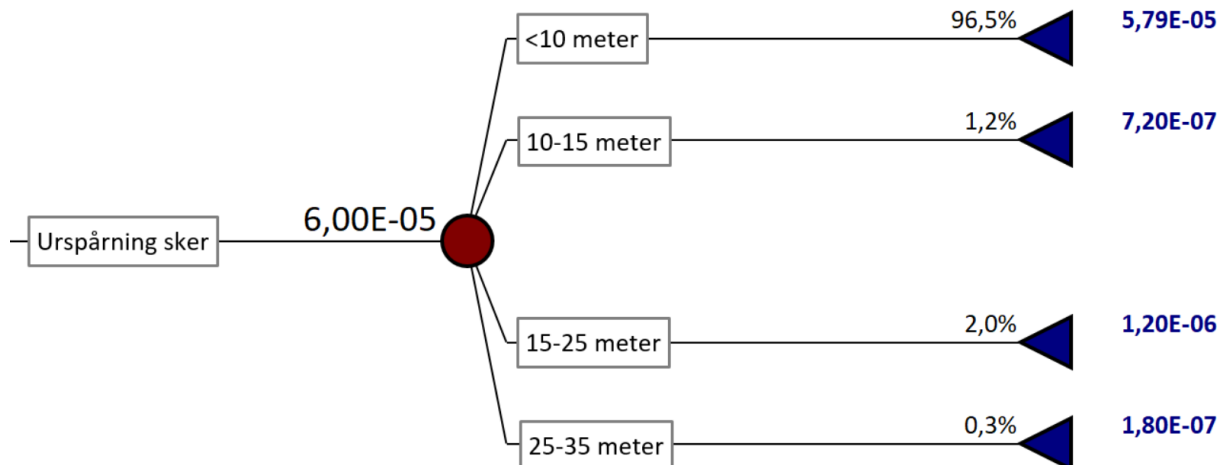
Figur A6. Händelseträd för frätande ämne på järnväg. Frekvenser för olika händelser redovisas i slutet av händelseträdet (per år och 100 m).

A.1.6 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.1.7 Mekanisk skada på grund av urspårning

I figur A7 redovisas sannolikheten för att en urspårad vagn lastad med farligt gods påverkar ett område på ett visst avstånd från spåret. Sannolikheten för de olika avstånden har hämtats från [5]. Hälften av alla urspårningar kan antas ske åt motsatt håll, varför grundfrekvensen för urspårning halveras.



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

A.1.8

Scenarier för konsekvensberäkningar

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

Typ av olycka/ämne	Scenario	Benämning	Frekvens	Kommentar
Brandfarlig gas	Litet utsläpp BLEVE	A1	$1,70 \cdot 10^{-9}$	
Brandfarlig gas	Litet utsläpp jetflamma	A2	$3,24 \cdot 10^{-8}$	
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp BLEVE	A3	$2,56 \cdot 10^{-9}$	
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp jetflamma	A4	$4,86 \cdot 10^{-8}$	
Brandfarlig gas	Medelstort utsläpp gasmolnsexplosion	A5	$8,52 \cdot 10^{-8}$	
Brandfarlig gas	Stort utsläpp BLEVE	A6	$3,40 \cdot 10^{-9}$	
Brandfarlig gas	Stort utsläpp jetflamma	A7	$6,47 \cdot 10^{-8}$	
Brandfarlig gas	Stort utsläpp gasmolnsexplosion	A8	$1,70 \cdot 10^{-7}$	
Giftig gas	Litet utsläpp	B1	$1,13 \cdot 10^{-7}$	
Giftig gas	Medelstort utsläpp	B2	$1,13 \cdot 10^{-7}$	
Giftig gas	Stort utsläpp	B3	$1,13 \cdot 10^{-7}$	
Brandfarlig vätska	Liten pölbrand	C1	$2,19 \cdot 10^{-7}$	
Brandfarlig vätska	Medelstor pölbrand	C2	$3,50 \cdot 10^{-8}$	
Brandfarlig vätska	Stor pölbrand	C3	$8,74 \cdot 10^{-9}$	
Oxiderande ämne	Explosion	D1	$1,96 \cdot 10^{-9}$	
Oxiderande ämne	Brand	D2	$1,77 \cdot 10^{-8}$	
Frätande ämne	Utsläpp	E1	$7,52 \cdot 10^{-7}$	
Urspårning < 5 m	Mekanisk skada	F1	$5,79 \cdot 10^{-5}$	
Urspårning < 15 m	Mekanisk skada	F2	$7,20 \cdot 10^{-7}$	
Urspårning < 25 m	Mekanisk skada	F3	$1,20 \cdot 10^{-6}$	
Urspårning > 25 m	Mekanisk skada	F4	$1,80 \cdot 10^{-7}$	

Tabell A4. Olycksscenarier järnvägstransport av farligt gods.

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	30 (33)

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 2.1 – Olycka med brandfarlig gas

B.2.1 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 jetflamman är cirkulärt. Detta utgör ett konservativt antagande. För de flesta scenarier

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	31 (33)

understiger dock antalet döda 1, i dessa fall har antalet döda 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.2.2 *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 och som minst 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.2.3 *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.3 **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.

B3.1

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 Dingtuna är en relativt liten ort, inte bredare än 1,8 km och djupare än 0,5 km 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.4

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

Uppdragsbeteckning	Dokumentbeteckning	Skapad	Datum	Utgåva	Sida
4767,015	FT8-01	2022-01-19	2022-02-09	2	33 (33)

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.5

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 olycka med massexplosivt ämne. För oxiderande ämnen antas dödliga skador som följd av explosion ske inom 40 meter. Om olycka med oxiderande ämne leder till brand antas konsekvensen motsvara en medelstor pölbrand.

B.4

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.