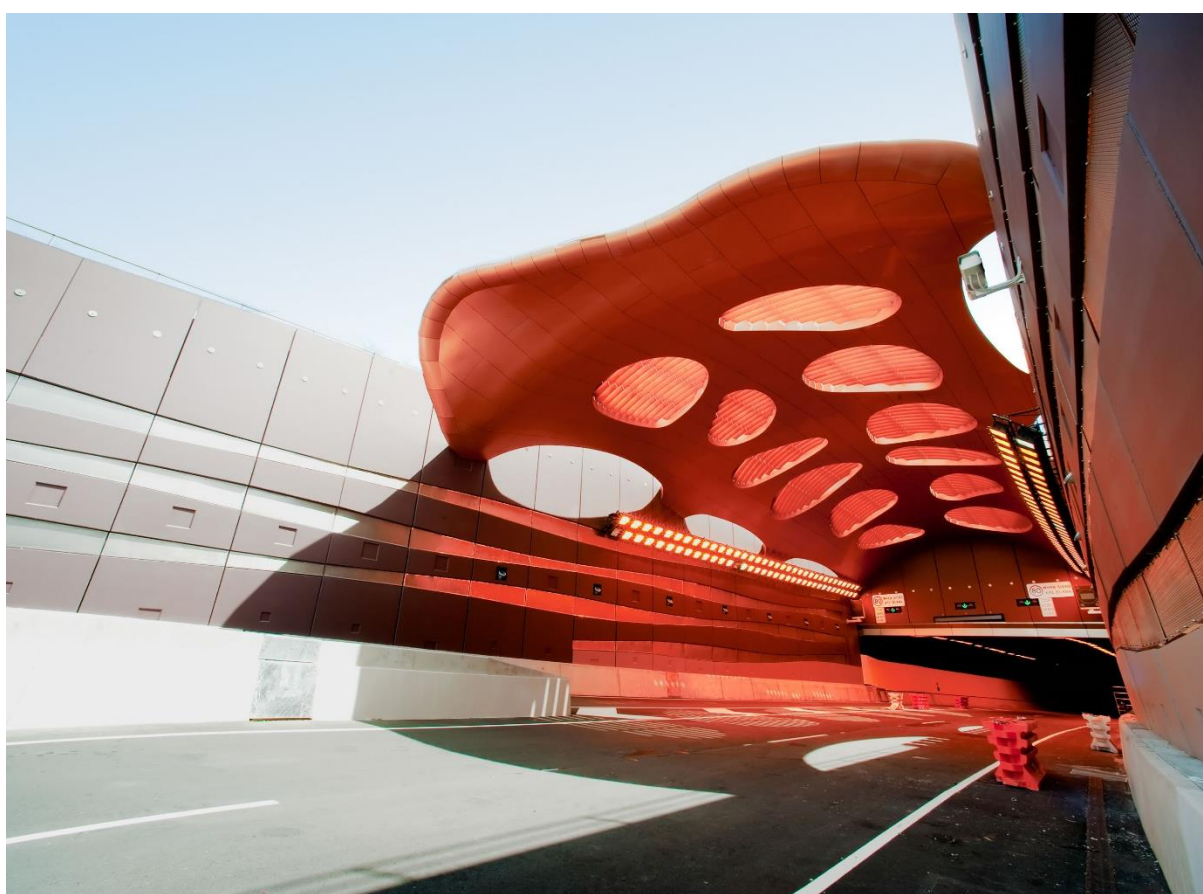


STOCKHOLMS STAD - EXPLOATERINGSKONTORET

RISKBEDÖMNING

ÄLVSJÖDALEN

2025-03-09



Riskbedömning

Älvsjödalen

Stockholm

KUND

Stockholms stad - Exploateringskontoret

KONSULT

WSP

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10-722 50 00

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

wsp.com

KONTAKTPERSONER

Gustav Nilsson	WSP Sverige AB	010-722 88 04
Joacim Nylander	Exploateringskontoret Stockholms stad	08-508 266 04

PROJEKT

Älvsjödalen

UPPDRAGSNAMN

Risk - Älvsjödalen

UPPDRAGSNUMMER

10379718

FÖRFATTARE

Gustav Nilsson

DATUM

2022-06-27

ÄNDRINGSDATUM

2025-03-09

GRANSKAD AV

Fredrik Larsson

GODKÄND AV

Gustav Nilsson

SAMMANFATTNING

WSP har av Exploateringskontoret i Stockholms stad fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av en övergripande strukturplan med syfte att utreda möjligheten till exploatering av Älvsjödalen.

Syftet är att uppfylla krav på lämplig markanvändning enligt 2 kap. 5 § i Plan- och bygglagen (2010:900), samt Länsstyrelsen i Stockholms krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan.

Riskbedömningen gäller för den övergripande strukturplanen. Behov av att särskilt beakta risker i samband med detaljutformning av enskilda kvarter/detaljplaner ska kartläggas och utredas i samband med sådant arbete.

Utredningsområdet är omgärdat av olika riskkällor i form av sekundära farligt gods-leder, järnväg och industri, vilket ger upphov till förhöjda risknivåer. Med hänsyn till att risknivåer återfinns inom den nedre halvan av ALARP, samt att åtgärder enligt nedan implementeras, görs bedömning att föreslagen exploatering är förenlig med *lämplig markanvändning* i enlighet med i Plan- och bygglagen.

Generellt

- Friskluftsintag ska placeras högt upp och om möjligt vara vända mot mitten av utredningsområdet.
- Förskola ska inte uppföras i den första husraden mot någon riskkälla.

Åbyvägen

- Generellt skyddsavstånd om 30 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-15 meter från Åbyvägen ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Vid bebyggelse 15-30 meter från Åbyvägen ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i skolbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 60.
- Utrymningsmöjlighet bort från Åbyvägen ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från väggkant.

Huddingevägen

- Generellt skyddsavstånd om 30 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-15 meter från Huddingevägen ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Vid bebyggelse 15-30 meter från Huddingevägen ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i skolbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 60.
- Utrymningsmöjlighet bort från Huddingevägen ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från väggkant.

Nynäsbanan

- Området 0-15 meter från Nynäsbanan ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Utrymningsmöjlighet bort från Nynäsbanan ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från spårområdet.

Stambanan

- Generellt skyddsavstånd om 40 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-30 meter från Stambanan ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse. Teknikbyggnader och garage kan byggas upp till 15 meter från spår.
- Vid bebyggelse 30-40 meter från Stambanan ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
- Utrymningsmöjlighet bort från Stambanan ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 40 meter från spårområdet.

1	INLEDNING	6
1.1	SYFTE OCH MÅL	6
1.2	OMFATTNING	6
1.3	AVGRÄNSNINGAR	6
1.4	STYRANDE DOKUMENT	7
1.5	INTERNKONTROLL	8
2	OMRÅDESBESKRIVNING	9
2.1	UTREDNINGSSOMRÅDET	9
2.2	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	10
3	RISKIDENTIFIERING	11
3.1	HUDDINGEVÄGEN	11
3.2	ÅBYVÄGEN	12
3.3	STAMBANAN	12
3.4	NYNÄSBANAN	13
3.5	LNG-HANTERING, NEDERLAGET 2	13
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	14
4.1	INDIVIDRISK, HUDDINGEVÄGEN	16
4.2	INDIVIDRISK, ÅBYVÄGEN	17
4.3	INDIVIDRISK, NYNÄSBANAN	18
4.4	INDIVIDRISK, STAMBANAN	19
4.5	INDIVIDRISK, LNG	20
4.6	SAMHÄLLSRISKNIVÅ, SAMMANRÄKNAD	21
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	22
5.1	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER	22
5.2	SAMMANFATTNING ÅTGÄRDER	24
6	DISKUSSION	25
7	SLUTSATSER	26
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	28
BILAGA B.	FREKVENSBERÄKNINGAR VÄG	29
BILAGA C.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR VÄG	37
BILAGA D.	FREKVENSBERÄKNINGAR JÄRNVÄG	40
BILAGA E.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	49
BILAGA F.	SKYDDSEFFEKTER	54
BILAGA G.	REFERENSER	58

1 INLEDNING

WSP har av Exploateringskontoret i Stockholms stad fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av en övergripande strukturplan med syfte att utreda möjligheten till exploatering av Älvsjödal

Enligt Länsstyrelsen i Stockholms län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Med anledning av detta krav upprättas denna riskbedömning.

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

1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet är att uppfylla krav på lämplig markanvändning enligt 2 kap. 5 § i Plan- och bygglagen (2010:900), samt Länsstyrelsen i Stockholms krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

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

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

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

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

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med urspårning, olyckor med farligt gods, samt LNG-hantering vid Gasums anläggning. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

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

Strukturplan

Observera att riskbedömningen gäller för den övergripande strukturplanen. Behov av att särskilt beakta risker i samband med detaljutformning av enskilda kvarter ska kartläggas och utredas i samband med sådant arbete.

1.4 STYRANDE DOKUMENT

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

1.4.1 Plan- och bygglagen

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

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

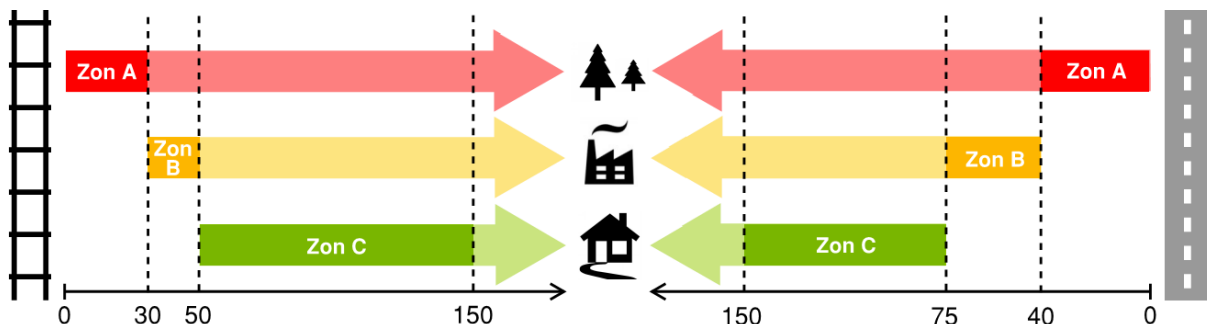
Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till [...] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (PBL 2010:900. 2 kap.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

1.4.2 Riktlinjer

Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationer som stöd i arbetet med att ta hänsyn till risker i planprocessen, till exempel:

- Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag [2].
- Riskhantering i detaljplanprocessen [1].

Beträffande ny bebyggelse har Länsstyrelsen i Stockholms län gett ut Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods [3]. Riktlinjerna innebär kortfattat att länsstyrelsen rekommenderar ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på 25 meter från vägar och järnvägar med farligt gods. Inom 30 meter ska ett antal åtgärder säkerställas beroende på typ av bebyggelse. Övriga rekommenderade avstånd till olika typer av bebyggelse illustreras i Figur 4.



Figur 1. Illustration av rekommendationer till olika typer av bebyggelse utmed väg och järnväg [3].

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

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

Dessa dokument utgör generella rekommendationer beträffande vilka krav som bör ställas på riskanalyser i bl.a. planärenden. De skyddsavstånd och hänsynsregler som finns i dessa rekommendationer har beaktats vid genomförandet av denna riskbedömning.

1.5 INTERNKONTROLL

Rapporten är utförd av Gustav Nilsson (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering) i enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Fredrik Larsson (Brandingenjör/Civilingenjör Riskhantering).

1.6 REVIDERINGAR

Denna handling utgör första revidering.

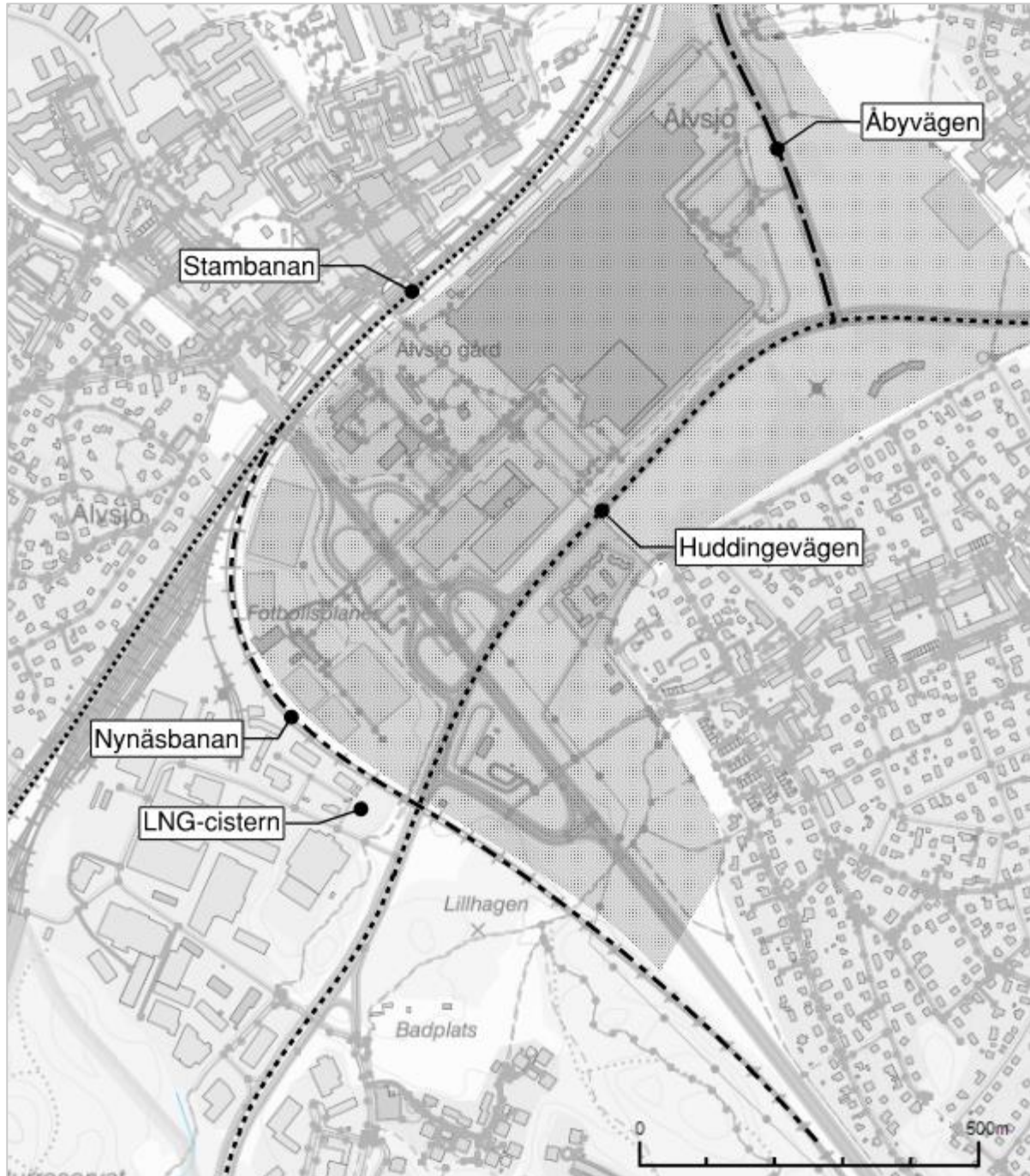
Revidering har utförts med hänsyn till förändringar i plan och exploateringsgrad sedan ursprunglig riskbedömning. Nedan punkter utgör väsentliga skillnader relativt tidigare version:

- Huddingevägen planeras ej längre gå i tråg
- Området för Stockholmsmässan har inkluderats
- Antal bostäder och arbetsplatser har ökat.

2 OMRÅDESBESKRIVNING

2.1 UTREDNINGSSOMRÅDET

Utredningsområdet är beläget i anslutning till Älvsjömässan i Stockholm, med en ungefärlig utbredning enligt Figur 2. I figuren framgår läget relative kringliggande riskkällor



Figur 2. Ungefärlig utbredning av planområdet överlagrat befintlig bebyggelse, samt läge relativt omgivande riskkällor.

Utredningsområdet omgärdas av farligt godsleder i form av Stambanan, Nynäsbanan, Åbyvägen och Huddingevägen. Vidare har Gasum en LNG-cistern placerad inom Nederlaget 2.

2.2 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

I strukturplanen har uppskattats att önskad exploatering medför knappt 7000 bostäder, 15000 arbetsplatser och 3000 skol-/förskoleplatser. Exploateringsgraden är relativt jämn varför genomförda beräkningar har ansatts en homogen persontäthet inom utredningsområdet. Dock görs en differentiering för dag- respektive natt, samt i vilken utsträckning personer befinner sig inom- respektive utomhus baserat på metodik i Göteborgs FÖP [4] och Nederländska 'Purple Book' [5].

Tabell 2. Ansatt persontäthet baserat på uppskattad exploateringsgrad.

Verksamhet	Persontäthet	Andel av persontäthet			
		Dagtid		Natttid	
		Inne	Ute	Inne	Ute
Bostäder	~19000 p/km ²	25 % (4750)	2,5 % (475)	90 % (17100)	1 % (190)
Arbetsplats	~19000 p/km ²	75 % (14250)	10 % (1900)	20 % (3800)	1% (190)
Skola/förskola	~3500 p/km ²	80 % (2800)	10 % (350)	-	-
Total	~41500 p/km ²	~50 % (21800)	~7 % (2725)	~50 % (20900)	~1 % (380)



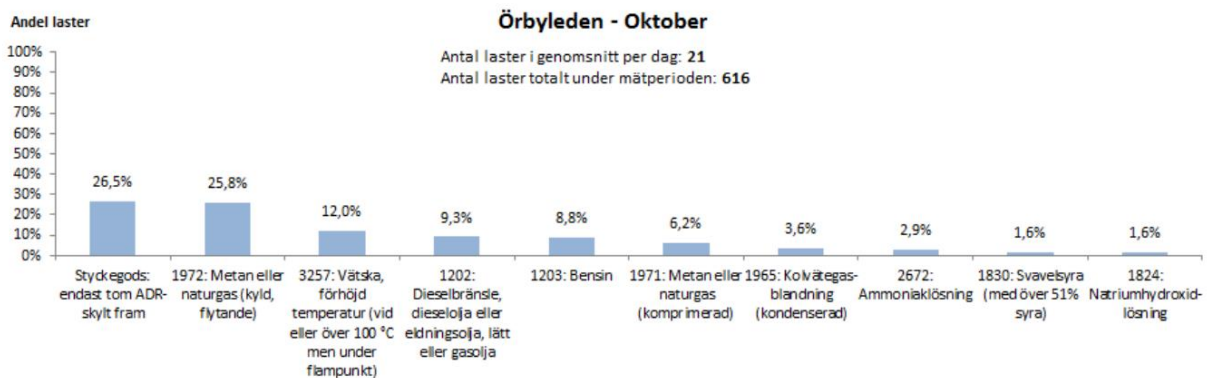
Figur 3. Strukturplan för utredningsområdet.

3 RISKIDENTIFIERING

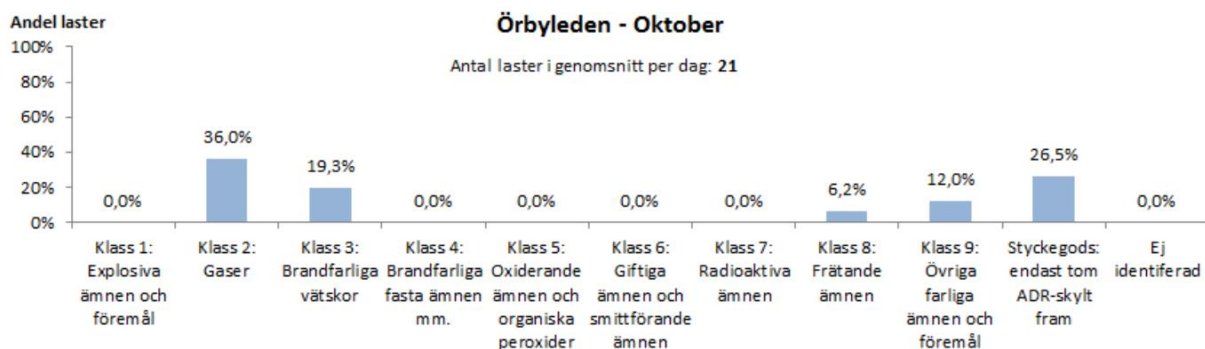
Identifiering av relevanta riskkällor för planområdet baseras huvudsakligen på resultat från tidigare genomförda förstudier.

3.1 HUDDINGEVÄGEN

Huddingevägen är sekundär transportled för farligt gods vilket innebär att den endast ska användas för målpunktstransport. Underlag för farligt gods-transport på Huddingevägen har hämtats från en kartläggning genomförd av WSP på uppdrag av Trafikverket [6]. I kartläggningen registrerades farligt godstransport med kameraövervakning på ett antal mätpunkter i Stockholmsområdet under maj respektive oktober 2015. I denna riskbedömning har ansatts att transporten förbi utredningsområdet motsvarar den för mätpunkt på Örbyleden. I Figur 4 och Figur 5 redogörs för fördelning av farligt gods i ämne samt ADR-S klass.



Figur 4. Fördelning av farligt gods baserat på ämne på Örbyleden, oktober 2015.



Figur 5. Fördelning av farligt gods baserat på AD-S klass på Örbyleden, oktober 2015.

Noterbart är att relativt stora mängder LNG transporteras förbi utredningsområdet. Dessa antas huvudsakligen gå till Gasums LNG-depå belägen i Älvsjö industriområde.

Huddingevägen är del i omledningsvägnätet för Södra länken vilket innebär att tillfälligt ökande farligt gods-transport kan förekomma i samband med avstängning. Detta gäller dock endast fram till Åbyvägen varför utredningsområdet inte bedöms påverkas i betydande utsträckning.

3.2 ÅBYVÄGEN

Åbyvägen är sekundär transportled för farligt gods vilket innebär att den endast ska användas för målpunktstransport.

Det finns inga tillgängliga mätningar av farligt gods-transport på Åbyvägen, men givet dess läge och längd relativt övrigt farligt gods-nät bedöms det troligt att transporten i normalfallet är begränsad.

I riskbedömningen har ansatts att transporten på Åbyvägen är densamma som för Huddingevägen exkluderat LNG-transporten.

Åbyvägen utgör dock del i omledningsvägnätet för Södra länken, varför tillfällig ökning i transport på vägvägnittet förbi/genom planområdet kan förekomma. Farligt gods-transporten i Södra länken består nästan uteslutande av brandfarlig vätska, ADR-S klass 3.

3.3 STAMBANAN

Stambanan löper nordväst om utredningsområdet och består av totalt 8 spår förbi Älvsjö station, med huvudsaklig användning enligt nedan, där spår 8 är beläget närmast utredningsområdet [7].

Spår 1: Ingen trafik, endast stickspår

Spår 2: Fjärr- och regionaltåg på Västra stambanan, enstaka godståg

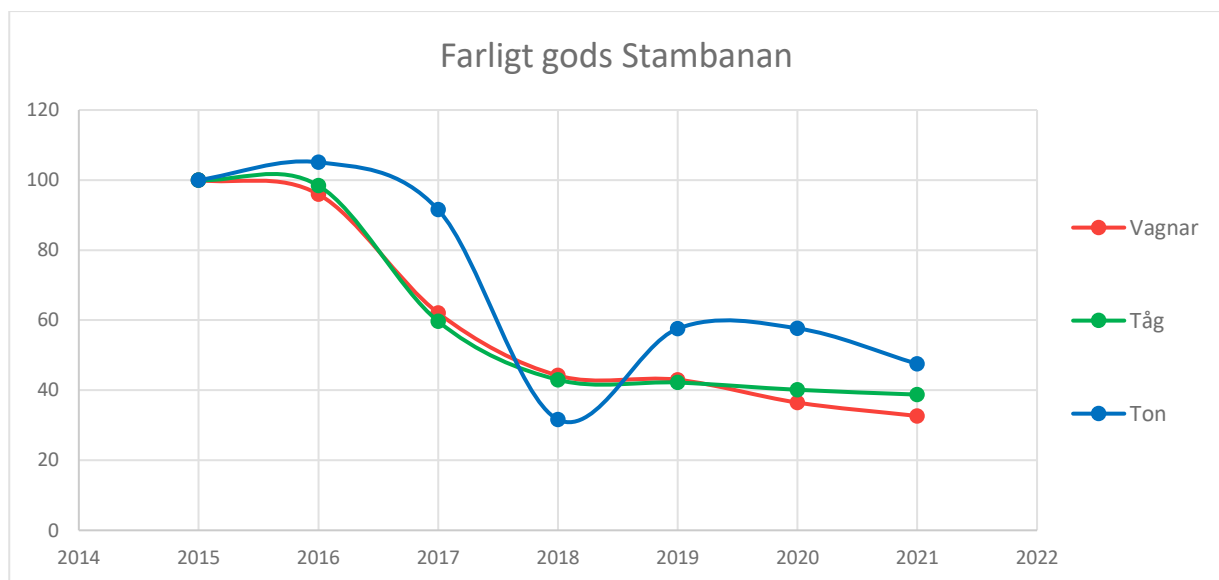
Spår 3-4: Pendeltåg på Södertäljelinjen, enstaka godståg

Spår 5: Fjärr- och regionaltåg på Västra stambanan, enstaka godståg

Spår 6: Godståg till/från Älvsjö godsbangård

Spår 7-8: Pendeltåg och godståg på Nynäsbanan

Statistiken som ligger till grund för de kvantitativa analyserna avseende transporter av farligt gods baseras på ett utdrag från Trafikverkets databas LUPP (Leveransuppföljningssystemet) [8]. Statistiken är dock sekretessbelagd och kan ej redovisas i denna rapport men ligger likväl till grund för de kvantitativa analyserna. I Figur 6 redovisas en jämförelse för farligt gods-transport mellan 2015-2021 indexerat kring transporten 2015 (100).



Figur 6. Utveckling farlig gods-transport på aktuell del av Stambanan, 2015-2021.

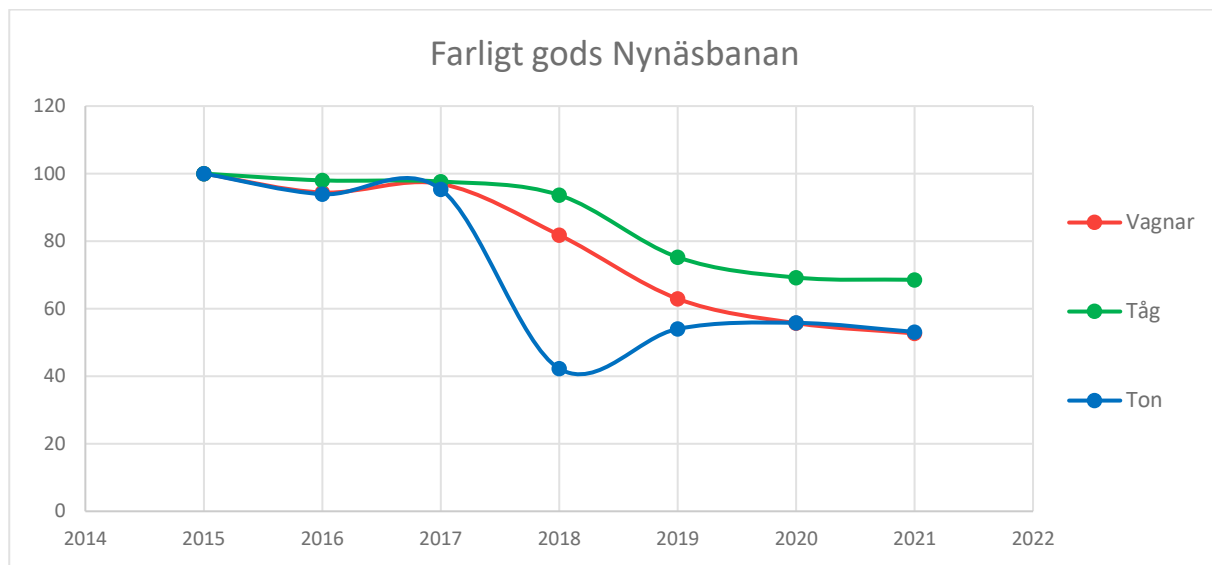
I beräkningarna antas att all transport av farligt gods sker på spår 6, varför beräkningarna utgår från detta spår som nollpunkt. Mekanisk påverkan vid urspårning beräknas dock från närmaste spår. Vidare finns det planer på en breddning med två spår i riktning mot utredningsområdet. Exakt utformning är i dagsläget inte känt, men i beräkningarna tas höjd för breddning genom att konsekvensområdet förskjuts med 10 meter. Eventuella åtgärder inom ramen för framtida järnvägsplan, t.ex. skyddsräler eller barriärer har inte beaktats.

Spårområdet är beläget högre än utredningsområdet.

3.4 NYNÄSBANAN

Nynäsbanan löper sydväst om planområdet och består i dagsläget av två spår. Dock finns det utbyggnadsplaner för två ytterligare spår i riktning mot utredningsområdet. Spårerna används främst för persontrafik vilket utgör 95-99% av det totala trafikarbetet.

Statistiken som ligger till grund för de kvantitativa analyserna avseende transporter av farligt gods baseras på ett utdrag från Trafikverkets databas LUPP (Leveransuppföljningssystemet) [8]. Statistiken är dock sekretessbelagd och kan ej redovisas i denna rapport men ligger likväl till grund för de kvantitativa analyserna. I Figur 7 redovisas en jämförelse för farligt gods-transport mellan 2015-2021 indexerat kring transporten 2015 (100).



Figur 7. Utveckling farlig gods-transport på Nynäsbanan, 2015-2021.

Ur Figur 7 kan utläsas att det finns en trend i minskad farligt gods-transport på sträckningen.

I beräkningarna antas att all trafik går på det närmaste spåret.

3.5 LNG-HANTERING, NEDERLAGET 2

På Nederlaget 2 inom Älvsjö industriområde har Gasum LNG-hantering i form av en stående cistern. I anslutning till Gasums anläggning finns även mindre försäljningsställen för gas i lösa behållare, men i riskbedömningen har cisternen bedömts vara den enda riskkällan vilken kan ha betydande påverkan på utredningsområdet. Cisternen har ett maximalt innehåll om 23 ton LNG och är belägen som närmast 75-80 meter från planerad bebyggelse.

LNG-hantering är eventuellt under avveckling varför samhällsrisikberäkningar redovisas både med och utan för att åskådliggöra anläggningens inverkan i riskbilden.

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

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

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [9]. Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

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

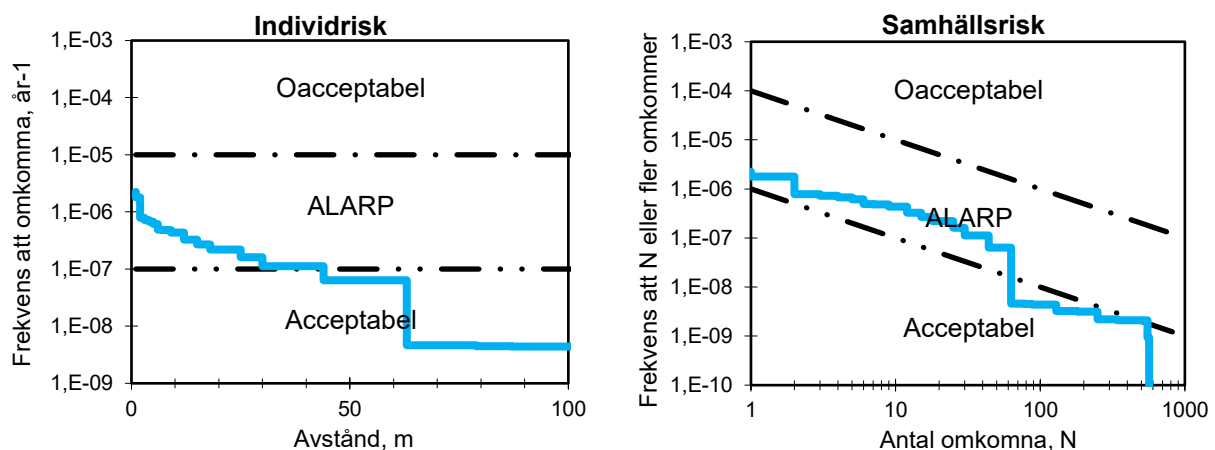
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande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

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

I Tabell 3 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 8.

Tabell 3. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk.

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



Figur 8. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [9].

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

Individerisk redovisas ofta med en individeriskprofil (t.v. i Figur 8) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

Individeriskberäkningarna redovisas separat för respektive riskkälla. Om riskaggregering av två eller fler källor anses betydande för bedömningen diskuteras detta.

Samhällsrisk – Beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 8) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

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

För uppskattning av risknivå förknippad med vägtransport har vägtyp, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga B.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar.

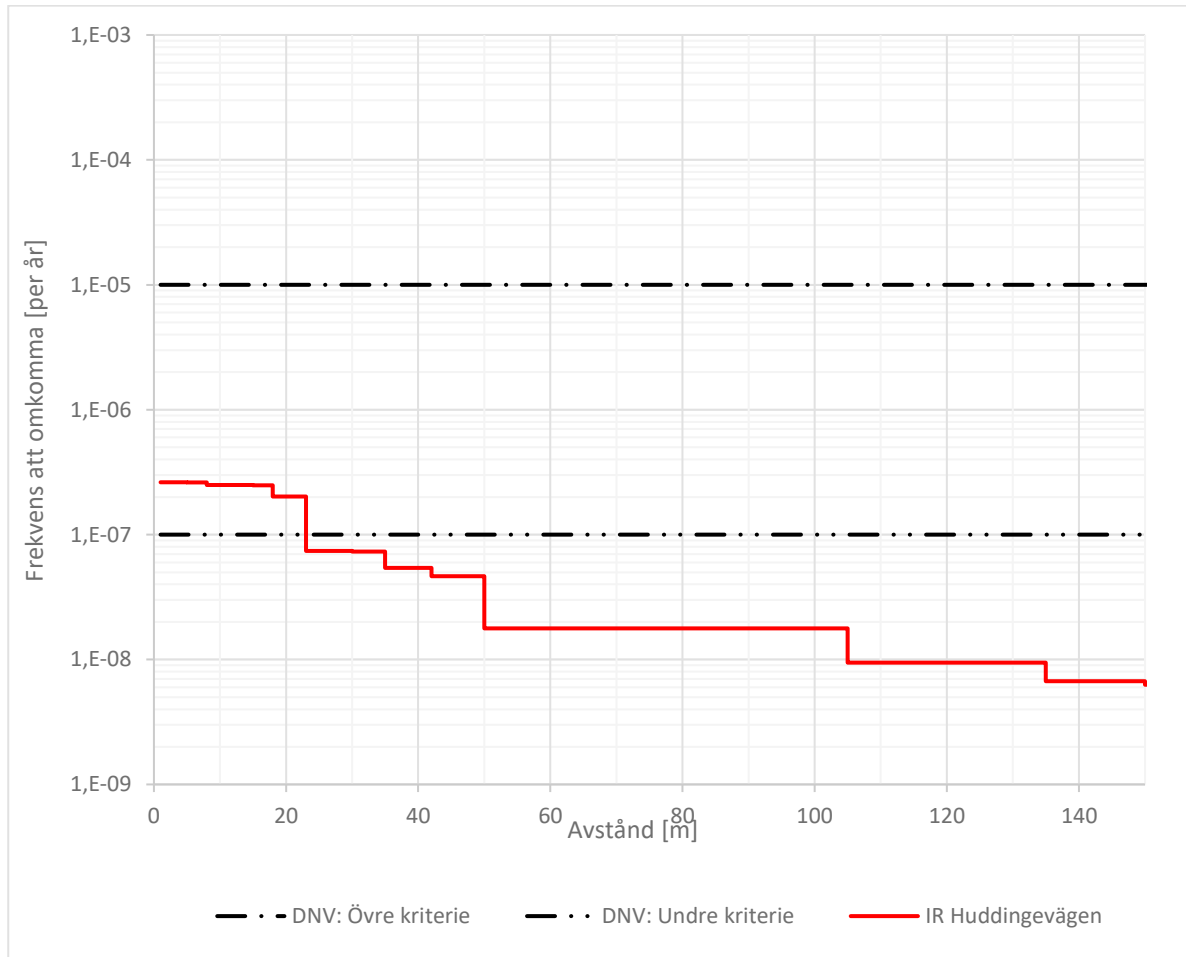
För uppskattning av risknivå förknippad med järnväg har Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [11] använts för att beräkna frekvensen för olycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys.

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

Samhällsrisk redovisas sammanräknad för samtliga identifierade riskkällor.

4.1 INDIVIDRISK, HUDDINGEVÄGEN

Individrisken från Huddingevägen är acceptabel bortom ~25 meter från vägkant och aningen förhöjd inom 25 meter. Nollpunkt för beräkningar utgörs av vägkant på närmaste körbana. Angöringsfiler beaktas inte. Mittrefugernas avskiljande förmåga (~6 meter bred) beaktas inte i beräkningarna, utan all trafik i båda körriktningar antas generera olycka i vägkant närmast bebyggelse.



Figur 9. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Huddingevägen.

Den förhöjda risken ($>10^{-7}$) härrör nästan uteslutande från olycka med brandfarlig vätska. Som del i helhetslösningen och med hänsyn till samhällsrisknivåer brandklassas byggnadsdelar belägna inom 30 meter i flammans siktlinje.

Med hänsyn till risknivån, förekommande godstransport, samt att vägen utgör sekundärled, görs bedömning att bebyggelse kan uppföras så nära som 15 meter från vägkant under förutsättning att riskreducerande åtgärder vidtas.

Förskola inklusive förskolegård bör inte ligga inom 30 meter från väg och ska inte ligga i den främre husraden. Lägen enligt Figur 3 uppfyller detta.

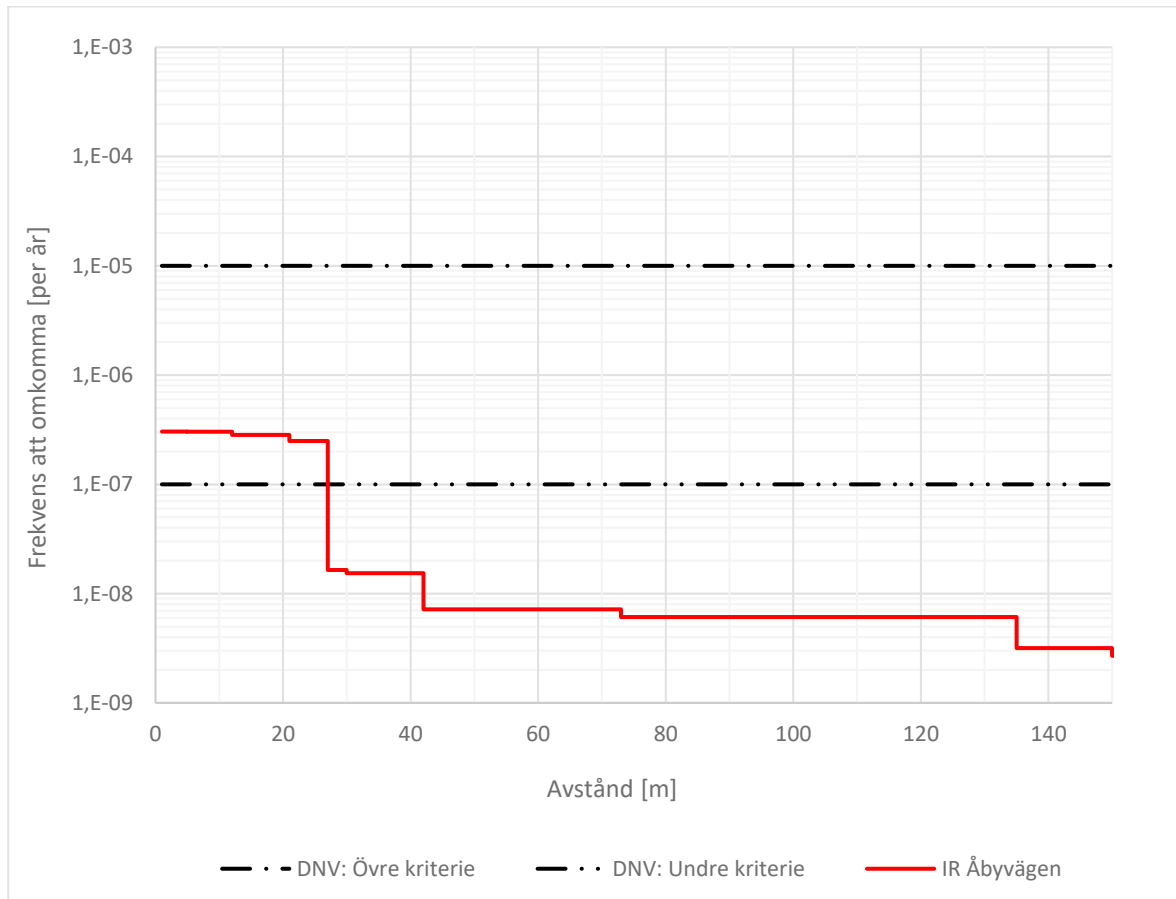
Inom 15 meter från väg ska inga byggnader eller ytor för stadigvarande vistelse tillskapas. Denna yta kan användas för angöring, trafik, ytparkering, teknikhus och odling.

Åtgärder som är aktuella att vidta med hänsyn till Huddingevägen behandlar främst risk för brandspridning till vägnära bebyggelse.

4.2 INDIVIDRISK, ÅBYVÄGEN

Individrisken för Åbyvägen är snarlik den för Huddingevägen, vilket är förväntat med hänsyn till att indata till beräkningarna för Åbyvägen i stort baseras på den för Huddingevägen, exkluderat LNG-transporterna.

I Figur 10 kan utläsas att risken är acceptabel bortom ~25 meter från väggkant och aningen förhöjd inom 25 meter.



Figur 10. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Åbyvägen.

Den förhöjda risken ($>10^{-7}$) härrör nästan uteslutande från olycka med brandfarlig vätska. Som del i helhetslösningen och med hänsyn till samhällsrisknivåer brandklassas byggnadsdelar belägna inom 30 meter i flammans siktlinje.

Med hänsyn till risknivån, förekommande godstransport, samt att vägen utgör sekundärled, görs bedömning att bebyggelse kan uppföras så nära som 15 meter från väggkant under förutsättning att riskreducerande åtgärder vidtas.

Förskola inklusive förskolegård bör inte ligga inom 30 meter från väg och ska inte ligga i den främre husraden. Lägen enligt Figur 3 uppfyller detta.

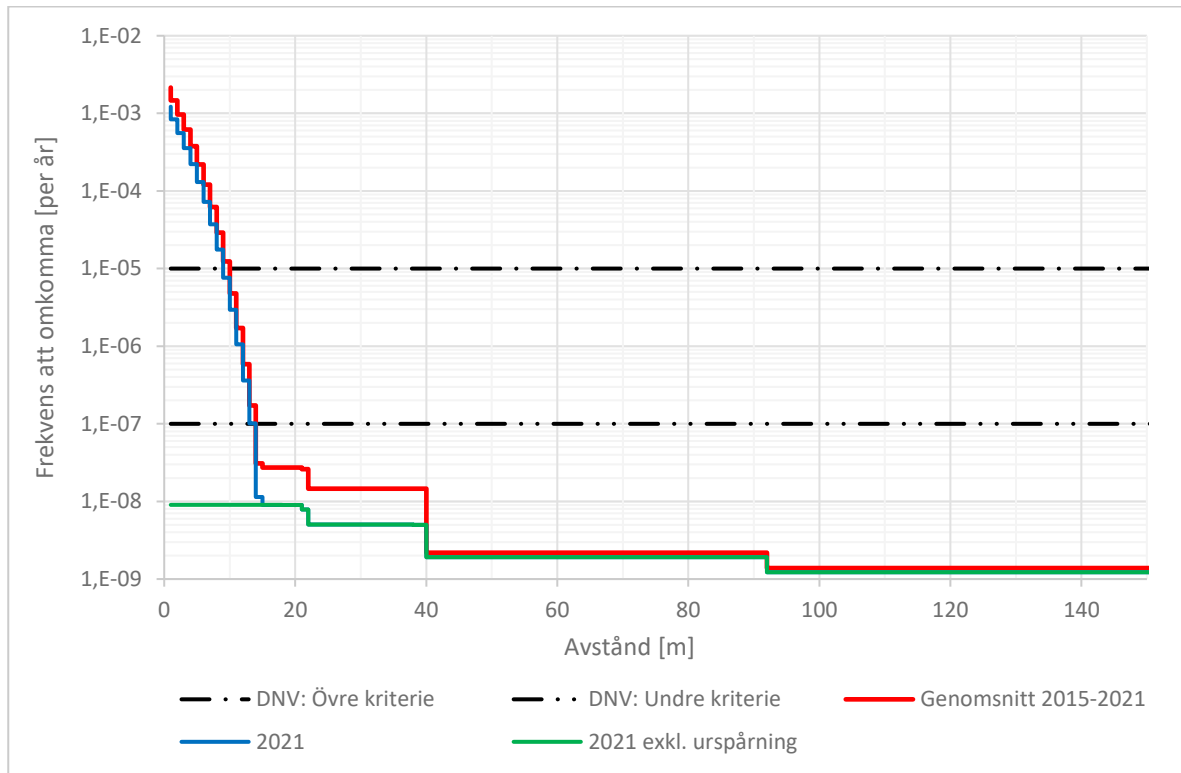
Inom 15 meter från väg ska inga byggnader eller ytor för stadigvarande vistelse tillskapas. Denna yta kan användas för angöring, trafik, ytparkering, teknikhus och odling.

Åtgärder som är aktuella att vidta med hänsyn till Åbyvägen behandlar främst risk för brandspridning till vägnära bebyggelse.

4.3 INDIVIDRISK, NYNÄSBANAN

I Figur 11 redovisas beräknade individrisknivåer för Nynäsbanan. Nollpunkt utgår från spårmittpå närmaste spår mot utredningsområdet.

I figuren redovisas risknivån för genomsnitt år 2015-2021, år 2021 (vilket är den senaste tillgängliga statistiken) samt för år 2021 exkluderat risk förknippad med mekanisk påverkan vid urspårning, med syfte att tydliggöra den del av risken som härrör från farligt gods-transport.



Figur 11. Individrisknivå med avseende på Nynäsbanan.

Ur figuren kan utläsas att risken är kraftigt förhöjd inom 15 meter från spår, vilket i princip uteslutande består av risk förknippad med mekanisk påverkan i händelse av urspårning. Nynäsbanan har hög totaltrafik, men en mycket begränsad farligt gods-transport, vilket tydliggörs vid jämförelse mellan scenarierna 2021 och 2021 exkl. urspårning.

Vid beräkning av urspårningsavstånd har det ansatts att samtliga tåg kör i maximalt tillåten hastighet för passagerartrafik om 140 km/h. Detta bedöms vara ett konservativt antagande vilket borgar för ett robust resultat.

Baserat på beräkningarna görs bedömning att inga åtgärder behöver vidtas med avseende på farligt gods-transport på Nynäsbanan.

Dock bör ett skyddsavstånd om 15 meter upprätthållas med avseende på risken för mekanisk skada i händelse av urspårning. Inom detta avstånd bör ingen bebyggelse eller utformning vilken medför stadigvarande vistelse tillskapas.

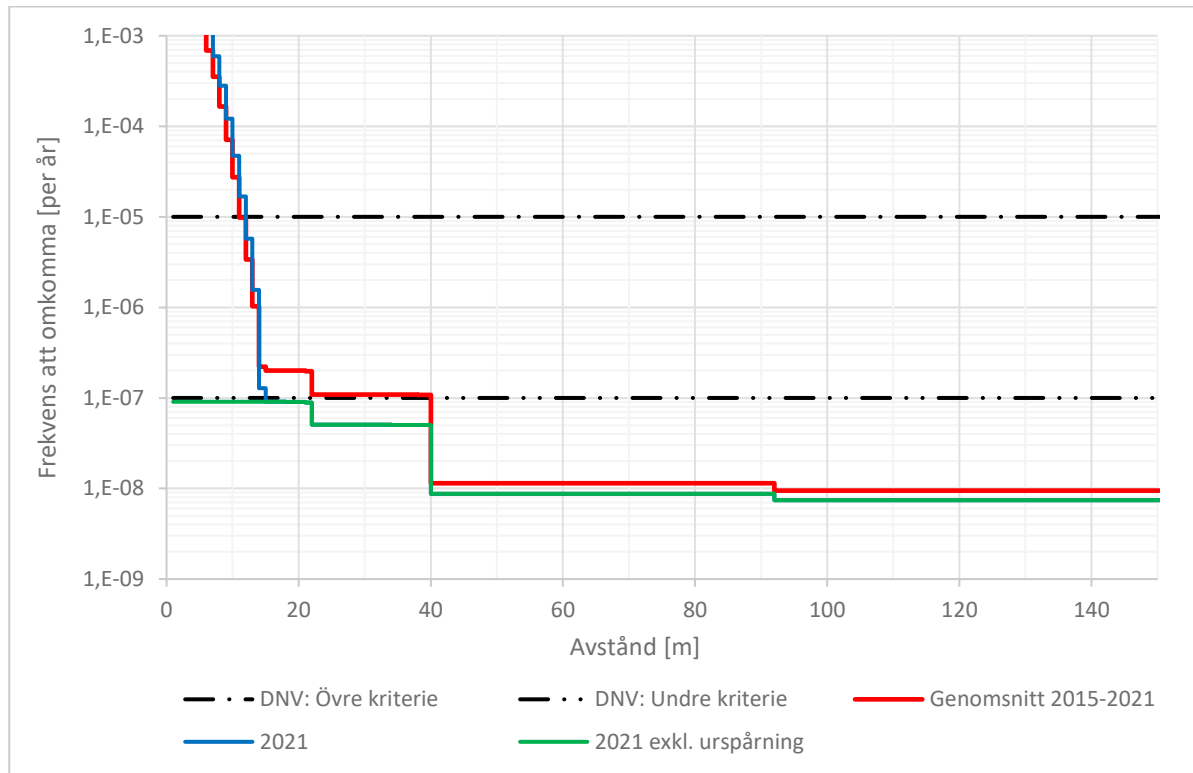
Förskola inklusive förskolegård bör inte ligga inom 30 meter från väg och ska inte ligga i den främre husraden. Lägen enligt Figur 3 uppfyller detta.

Observera att nollpunkten för individrisken förskjuts med en eventuell spårbreddning.

4.4 INDIVIDRISK, STAMBANAN

I Figur 12 redovisas beräknade individrisknivåer för Stambanan. Nollpunkt utgår från spårmittpå närmaste spår mot utredningsområdet.

I figuren redovisas risknivån för genomsnitt år 2015-2021, år 2021 (vilket är den senaste tillgängliga statistiken) samt för år 2021 exkluderat risk förknippad med mekanisk påverkan vid urspårning, med syfte att tydliggöra den del av risken som härrör från farligt gods-transport.



Figur 12. Individrisk med avseende på Stambanan.

Ur figuren kan utläsas att risken är kraftigt förhöjd inom 15 meter från spår, vilket i princip uteslutande består av risk förknippad med mekanisk påverkan i händelse av urspårning. Vidare tangerar risknivån gränsen för acceptabel risk för beräkning med genomsnittstransport av farligt gods för åren 2015-2021. Stambanan har hög totaltrafik, men en relativt begränsad farligt gods-transport, vilket tydliggörs vid jämförelse mellan "2021" och "2021 exkl. urspårning".

Använd modell ansätter att all urspårning sker från närmaste spår. Vidare kan beräkningsmodellen endast ta hänsyn till en (1) dimensionerande hastighet, vilken i aktuellt fall har ansatts till 140 km/h.

Modellen tar ingen hänsyn till lutningen mot utredningsområdet, vilket kan innebära ett bredare påverkansområde vid urspårning.

Baserat på resultatet görs bedömning att bebyggelse vilken uppförs inom 40 meter från Stambanan ska utföras med brandklassade ytterväggar i den främre fasadlinjen.

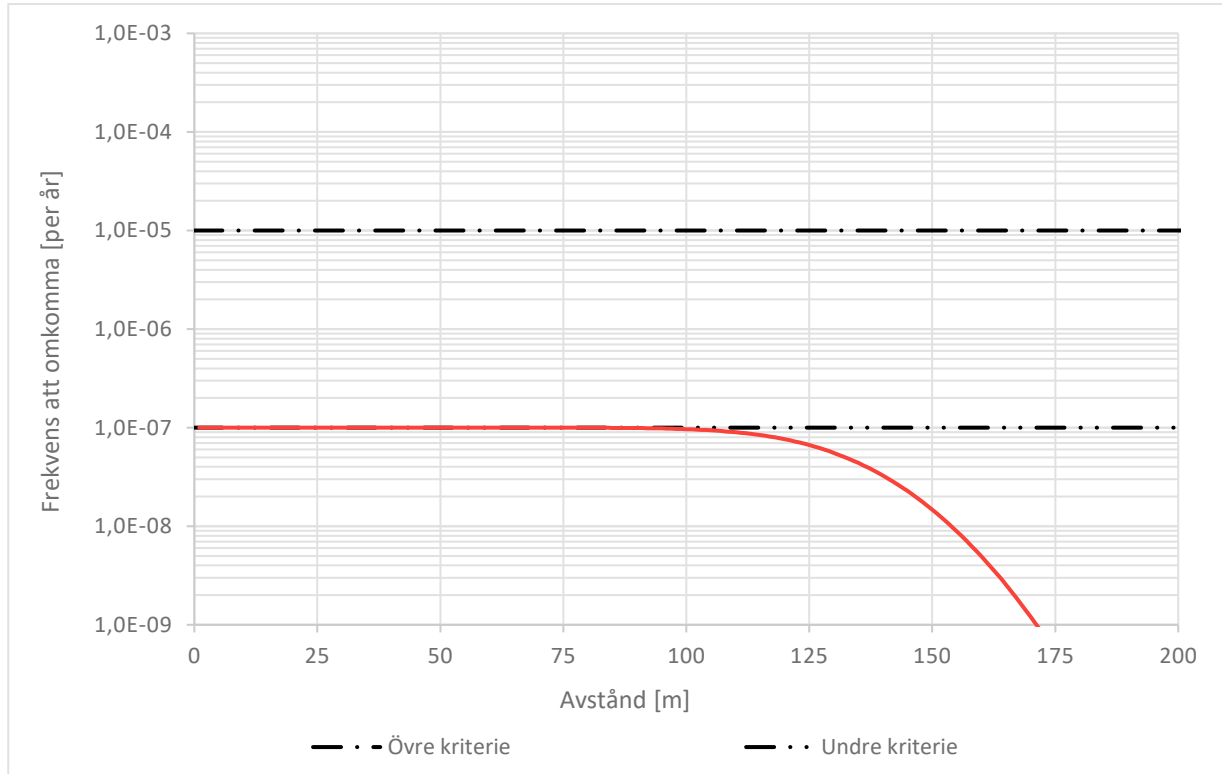
Med hänsyn till höjdskillnad mellan spår och utredningsområdet görs vidare bedömning att endast byggnader för tillfällig vistelse, t.ex. parkeringshus bör uppföras närmare än 30 meter från spår.

Inom 15 meter bör ingen bebyggelse eller utformning vilken medför stadigvarande vistelse tillskapas, jämför Zon A i länsstyrelsens riktlinje.

Observera att nollpunkten för individrisken förskjuts med en eventuell spårbreddning.

4.5 INDIVIDRISK, LNG

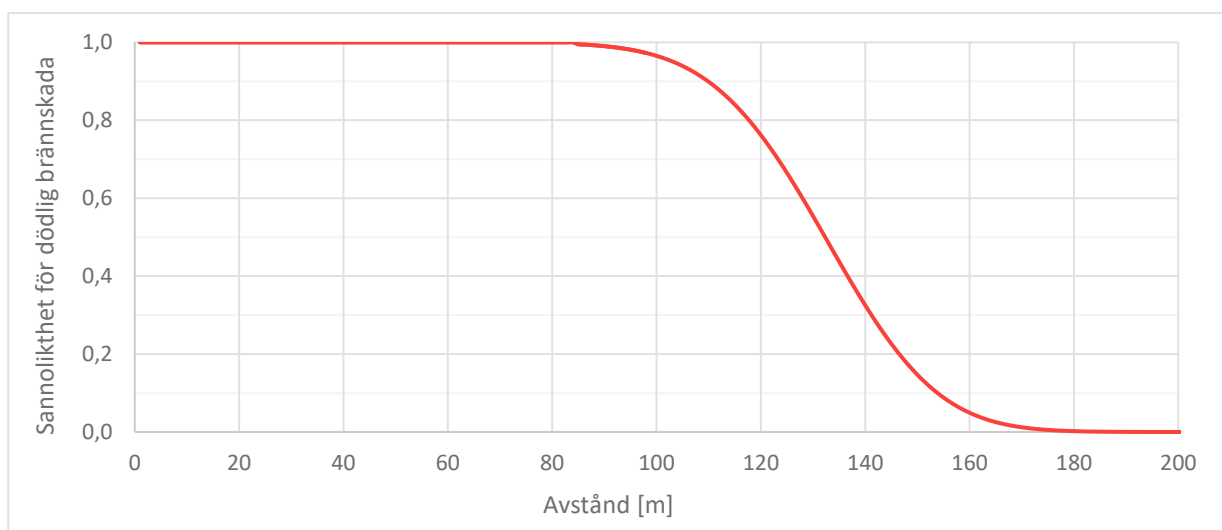
Med hänsyn till avstånden till planområdet har endast scenario med BLEVE utretts. Kvantifiering av skadeutfall till följd av strålningspåverkan har beräknats med probitfunktion enligt 'Yellow Book' [12].



Figur 13. Individrisk med avseende på LNG-hantering inom Gasums anläggning.

Då BLEVE i uppställd omfattning är ett relativt ovanligt fenomen är individrisken för scenariot låg tillika acceptabel. Frekvensberäkningar har utförts enligt schablon för LOC (Loss of Containment) i BEVI Risk Manual, vilket generellt överskattar frekvensen för denna typ av scenario.

Inga åtgärder utöver de som krävts för med anledning av andra rikskällor bedöms relevanta att implementera med hänsyn till riskbidraget från LNG-hantering.

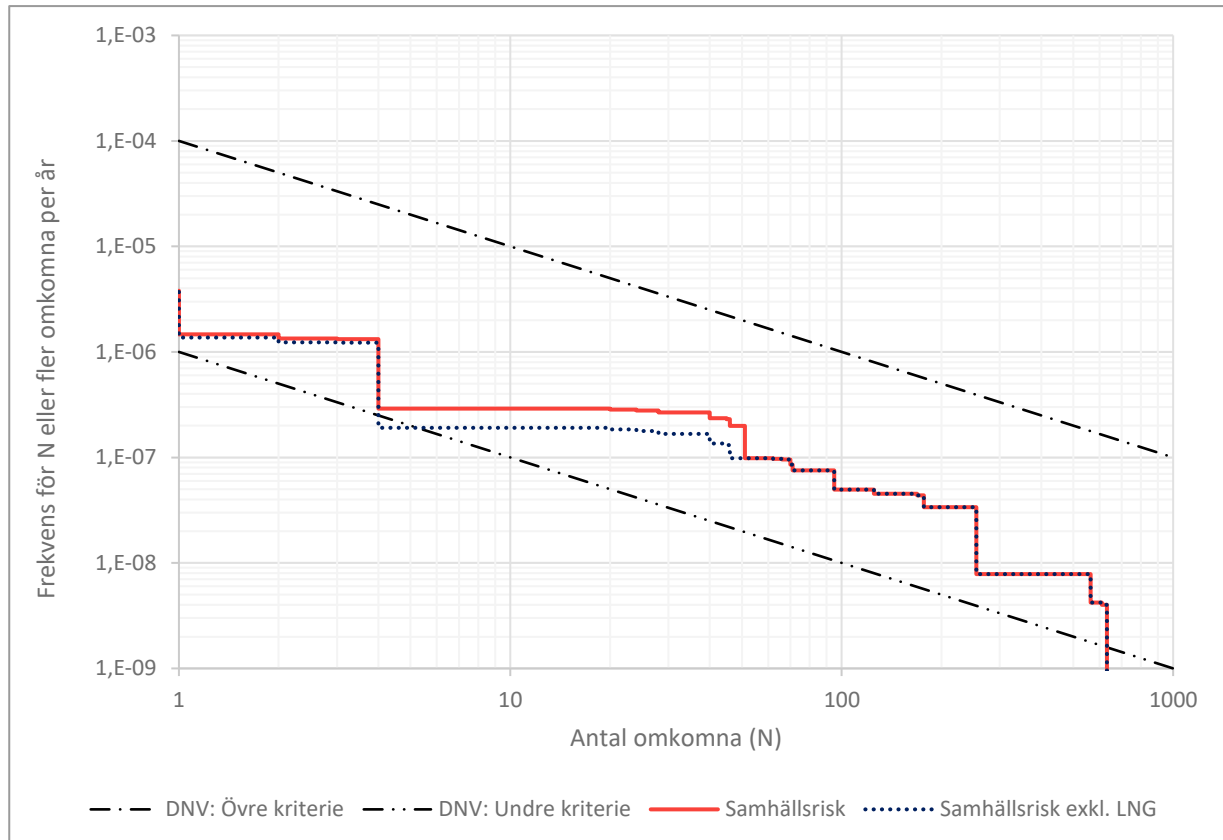


Figur 14. Skadeutfall som funktion av avstånd vid BLEVE.

4.6 SAMHÄLLSRISKNIVÅ, SAMMANRÄKNAD

Samhällsriskerna har beräknats och sammanslagits för de 5 identifierade riskkällorna: Stambanan, Nynäsbanan, Åbyvägen, Huddingevägen, LNG-cistern.

I beräkningarna har ansatts olika typer av skyddsgrader enligt Bilaga G med hänsyn till inomhusvistelse eller vistelse i skydd av framförvarande bebyggelse. För att dessa ska vara giltigt har förutsatts att åtgärd i form av "brandklassade ytterväggar" tillämpas för alla fasader som utgör första husrad mot riskkälla och är belägna inom 30 meter från Huddingevägen och Åbyvägen eller 40 meter från Stambanan.



Figur 15. Aggregerad samhällsrisknivå (inkl. respektive exkl. LNG inom Nederlaget 2) med avseende identifierade riskkällor.

Resultatet visar på en förhöjd risknivå som återfinns i den nedre delen av ALARP, vilket innebär att åtgärder ska övervägas i den mån så bedöms rimligt givet kostnad-effekt.

Förhöjd samhällsrisk härrör till största del från olyckor med stora konsekvensområden t.ex. läckage med giftig gas eller BLEVE (från transport). Explosiver transporteras i mycket begränsad mängd.

Ingen hänsyn har tagits till personer som rör sig i eller emellan trafiksystem, t.ex. spårvagn, tågstation och tunnelbana.

Att risken återfinns över gränsen för explicit acceptabel risk (undre kriterie) är att förvänta för den önskade typen av exploatering och förekommande riskkällor. Detta med hänsyn till de stora personantalen som förväntas befinna sig inom planområdet. Noterbart är dock att samhällsriskerna trots denna endast återfinns i den nedre halvan av ALARP-området och således är som högst 10% av gränsvärdet för oacceptabel risk (övre kriterie).

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [13], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna.

Åtgärderna kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [13].

Observera att avsnittet utgör ett diskussions- och beslutsunderlag för vidare planering och således inte har formulerats som konkreta planbestämmelser.

Vilka skyddseffekter som ansatts för respektive åtgärd beskrivs mer detaljerat i Bilaga F.

5.1 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER

Föreslagna åtgärder är generellt hållna för med avseende på närhet till respektive riskkälla. Åtgärdernas giltighet ska utvärderas och vid behov anpassas i samband med detaljplanering.

5.1.1 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och är oberoende av andra åtgärder.

Baserat på genomförda beräkningar rekommenderas att skyddsavstånd enligt Tabell 4, inom vilket ingen bebyggelse eller markanvändning vilken inbjuder till stadigvarande vistelse, bör tillämpas.

Tabell 4. Rekommenderade skyddsavstånd till respektive riskkälla, med och utan brandskyddsåtgärder.

Riskkälla	Skyddsavstånd utan brandklassad yttervägg	Skyddsavstånd med brandklassad yttervägg enligt 5.1.6
Åbyvägen	30 meter	15 meter
Huddingevägen	30 meter	15 meter
Nynäsbanan	15 meter	15 meter
Stambanan	40 meter	30 meter

5.1.2 Disposition av planområde

Genom att reglera användandet av planområdets yta kan den optimeras baserat på risknivå. För ytor med förhöjd risk kan användandet regleras till parkmark, teknikbyggnader, trafik, ytparkering eller annan verksamhet som inte ger upphov till stadigvarande vistelse.

Generellt görs bedömning att alla typer av bebyggelse, undantaget nedan, kan uppföras under förutsättning att skyddsavstånd i kombination med brandskyddsåtgärder enligt 5.1.1. tillämpas.

Förskola inkl. förskolegård ska inte uppföras i den första huslinjen mot någon av riskkällorna.

Rena teknikbyggnader och ytparkering kan uppföras upp till 15 meter från Stambanan mht. risknivån. Observera att hinder för detta dock kan finnas av annan anledning än riskhänseende inom planområdet.

5.1.3 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras högt på oexponerad sida, vanligen bort från närmst belägna riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd gas som kommer in via ventilationen.

Åtgärd om högt placerade friskluftsintag bedöms lämplig att tillämpa generellt inom utredningsområdet med hänsyn till de stora personantalen som förväntas vistas inomhus och den riskreducerande effekt detta har på samhällsrisk.

5.1.4 Placering av utrymningsvägar

Samtliga byggnader vilka placeras inom uppställda skyddsavstånd ska utformas sådant att utrymning bort från riskkällan är möjlig från samtliga delar av byggnaden.

5.1.5 Byggnadstekniskt brandskydd

Genom att utforma ytterväggar, tak och/eller fönster med brandteknisk klass kan risk för brandspridning in i byggnad i händelse av pölbrand eller jetflamma reduceras på ett tillfredsställande sätt. Observera att brandklassade konstruktioner kan utformas med brännbara material och ytskikt.

Då brandklassad yttervägg ställer krav på täthet mot brandgaser är åtgärden även riskreducerande vid läckage av giftig gas. Åtgärden kan regleras med detaljplan, och bör då införas som funktionsbaserad bestämmelse, eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.

Erfordrade krav på brandklassning av byggnader invid respektive riskkälla redogörs för nedan. Byggnadsdelar vilka befinner sig inom föreskrivna avstånd behöver inte utföras brandklassade under förutsättning att de skyddas av framförvarande bebyggelse.

Åtgärder gäller under förutsättning att byggnadsdel inom skyddsavståndet är i flammans siktlinje.

Abyvägen

Byggnad inom 30 meter från väg utförs med yttervägg inklusive fönster i lägst brandteknisk klass EI 30. För byggnader lägre än 10 meter gäller kravet även för yttertak.

För skolbyggnad gäller brandteknisk klass EI 60 för motsvarande byggnadsdelar

Huddingevägen

Byggnad inom 30 meter från väg utförs med yttervägg inklusive fönster i lägst brandteknisk klass EI 30. För byggnader lägre än 10 meter gäller kravet även för yttertak.

Stambanan

Första husraden placerad inom 40 meter från närmaste spår utförs med yttervägg inklusive fönster i lägst brandteknisk klass EI 30. För byggnader lägre än 10 meter gäller kravet även för yttertak.

Nynäsbanan

Inga krav på brandklass.

5.2 SAMMANFATTNING ÅTGÄRDER

Generellt

- Friskluftsintag ska placeras högt upp och om möjligt vara vända mot mitten av utredningsområdet.
- Förskola ska inte uppföras i den första husraden mot någon riskkälla.

Åbyvägen

- Generellt skyddsavstånd om 30 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-15 meter från Åbyvägen ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Vid bebyggelse 15-30 meter från Åbyvägen ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i skolbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 60.
- Utrymningsmöjlighet bort från Åbyvägen ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från väggkant.

Huddingevägen

- Generellt skyddsavstånd om 30 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-15 meter från Huddingevägen ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Vid bebyggelse 15-30 meter från Huddingevägen ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i skolbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 60.
- Utrymningsmöjlighet bort från Huddingevägen ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från väggkant.

Nynäsbanan

- Området 0-15 meter från Nynäsbanan ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Utrymningsmöjlighet bort från Nynäsbanan ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från spårområdet.

Stambanan

- Generellt skyddsavstånd om 40 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-30 meter från Stambanan ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse. Teknikbyggnader och garage kan byggas upp till 15 meter från spår.
- Vid bebyggelse 30-40 meter från Stambanan ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
- Utrymningsmöjlighet bort från Stambanan ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 40 meter från spårområdet.

6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som bedöms vara belagda med störst osäkerheter är:

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

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

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [14]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [14]

7 SLUTSATSER

Utredningsområdet är omgärdat av olika riskkällor i form av sekundära farligt gods-leder, järnväg och industri, vilket ger upphov till förhöjda risknivåer, även efter det att erforderliga åtgärder enligt nedan implementerats. Med hänsyn till att risknivåer återfinns inom den nedre halvan av ALARP, samt att de åtgärder som bedöms rimliga tillika effektiva genomförs, görs bedömning att föreslagen exploatering är förenlig med *lämplig markanvändning* i enlighet med vad som avses i Plan- och bygglagen.

Generellt

- Friskluftsintag ska placeras högt upp och om möjligt vara vända mot mitten av utredningsområdet.
- Förskola ska inte uppföras i den första husraden mot någon riskkälla.

Åbyvägen

- Generellt skyddsavstånd om 30 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-15 meter från Åbyvägen ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Vid bebyggelse 15-30 meter från Åbyvägen ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i skolbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 60.
- Utrymningsmöjlighet bort från Åbyvägen ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från väggkant.

Huddingevägen

- Generellt skyddsavstånd om 30 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-15 meter från Huddingevägen ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Vid bebyggelse 15-30 meter från Huddingevägen ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i skolbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 60.
- Utrymningsmöjlighet bort från Huddingevägen ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från väggkant.

Nynäsbanan

- Området 0-15 meter från Nynäsbanan ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Utrymningsmöjlighet bort från Nynäsbanan ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 30 meter från spårområdet.

Stambanan

- Generellt skyddsavstånd om 40 meter ska upprätthållas om inga ytterligare åtgärder vidtas.
- Området 0-30 meter från Stambanan ska inte bebyggas eller utformas sådant att det inbjuder till stadigvarande vistelse. Teknikbyggnader och garage kan byggas upp till 15 meter från spår.

- Vid bebyggelse 30-40 meter från Stambanan ska brandklassad konstruktion tillämpas.
 - Ytterväggar, fönster och tak (om lägre än 10 meter) i bostads och kontorsbyggnad utförs i lägst brandteknisk klass EI 30.
- Utrymningsmöjlighet bort från Stambanan ska finnas för samtliga byggnader belägna närmare än 40 meter från spårområdet.

Bilaga A. Metod för riskhantering

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

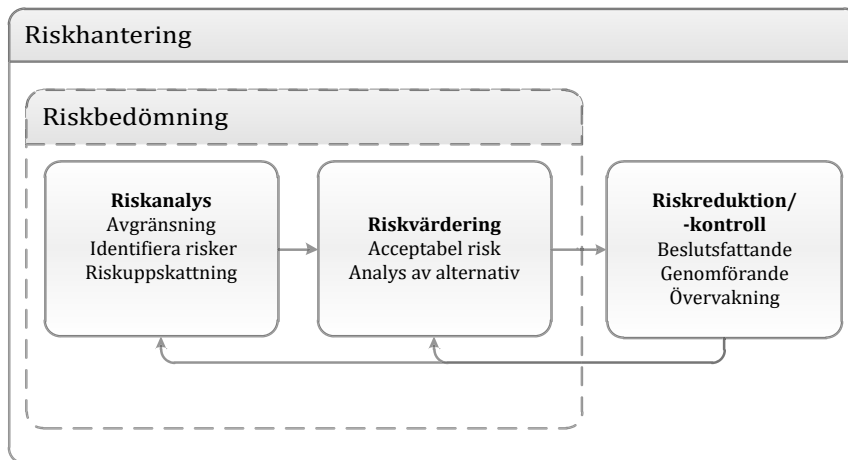
A.1. Begrepp och definitioner

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

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [15] [16], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 16.

Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

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



Figur 16. Riskhanteringsprocessen.

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

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

Bilaga B. Frekvensberäkningar VÄG

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [17] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten.

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 5.

Tabell 5. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt 'Farligt gods – riskbedömning vid transport'.

	Olyckskvot	Andel singelolyckor, SiO	Olycksindex
Huddingevägen	0,5	0,3	0,13
Åbyvägen	0,5	0,3	0,13

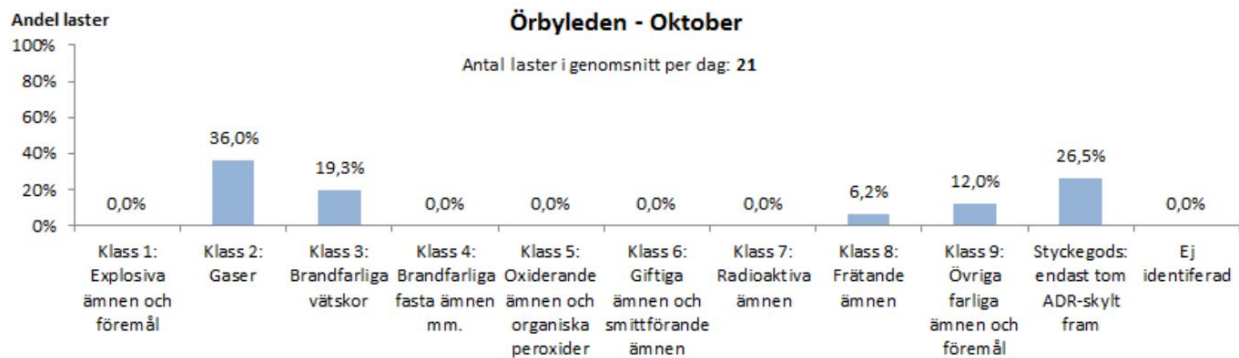
$$\begin{aligned}
 Olyckor_{Total}(O) &= \dot{A}DT_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK \\
 Olyckor_{FG} &= O \cdot \left[\left(SiO \cdot \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} \right) + (1 - SiO) \left(\frac{2 \cdot \dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} - \frac{\dot{A}DT_{FG}^2}{\dot{A}DT_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index
 \end{aligned}$$

Indata för $\dot{A}DT_{FG}$ i beräkningarna har huvudsakligen utgjorts av mätningar över farligt gods-transport utförd av WSP 2015 [6].

B.1. Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [18] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på väg delas in i nio olika klasser enligt ADR-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt.

Beräkningarna har utförts med en fördelning baserat på farligt gods-mätningar genomförda av WSP under 2015 på uppdrag av Stockholmsstad och Trafikverket [6].



Tabell 6. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass som förekommer i betydande utsträckning.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [17]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Baserat på förväntade konsekvenser för respektive ADR-S-klass har endast olyckor med klass 2 (uppdelat i 2.1 och 2.3) samt klass 3 kvantifierats. Inbördes fördelning av ADR-S klass 2 har gjorts baserat på nationellt genomsnitt.

B.2. ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [18]. Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

B.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga¹. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [19]. Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val [4].

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Nedanstående avsnitt beskriver hur en olycka med gods i klass 2.1 kan ta uttryck, samt vilka dimensionerande scenarier och tänkbara skadehändelser som kan uppträda.

B.2.1.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [20]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [10].

B.2.1.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [10] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [10].

B.2.1.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [21], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

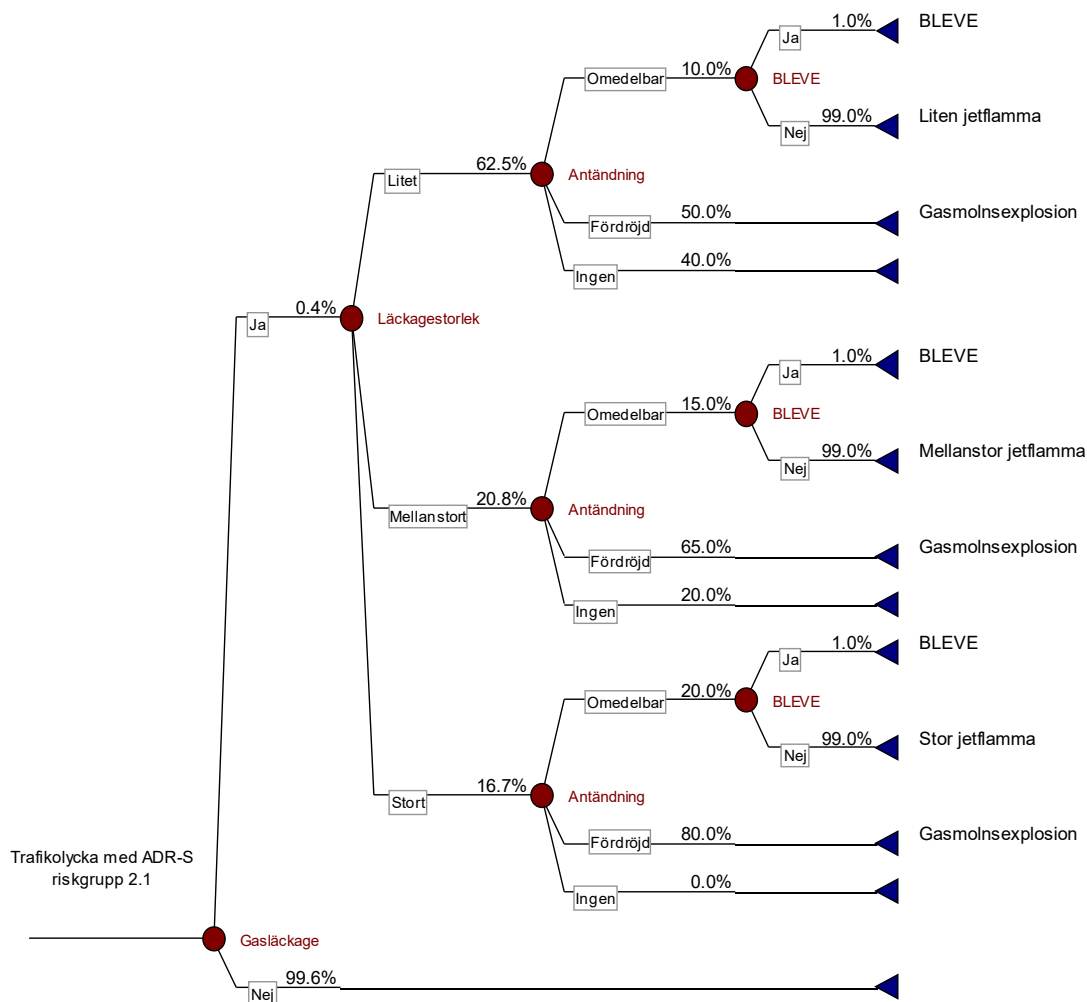
¹ Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

B.2.1.4. BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta trycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

B.2.2 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 17 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 17. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

B.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

B.2.3.1. Representativt ämne

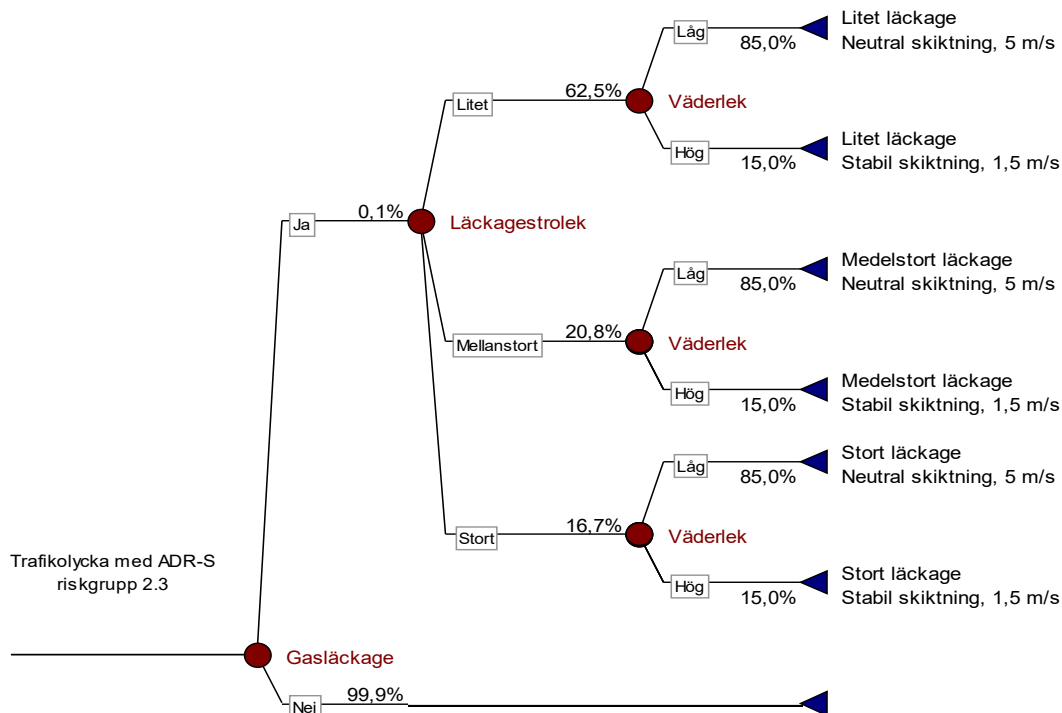
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

B.2.3.2. Tokikologiska gränsvärden

Då riskbedömningen baseras på frekvensen för dödsfall görs ansätts LC₅₀ som dimensionerande gränsvärde. LC₅₀ är den koncentration där mortaliteten i en normalfördelad population är 50 % för en given exponeringstid. I beräkningarna ansätts konservativt att skadeutfallet inom beräknat konsekvensområde är 100 %.

B.2.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 18 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 18. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

B.2.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [10]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [20]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [10].

B.2.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [10].

B.2.4.3. Väderlek

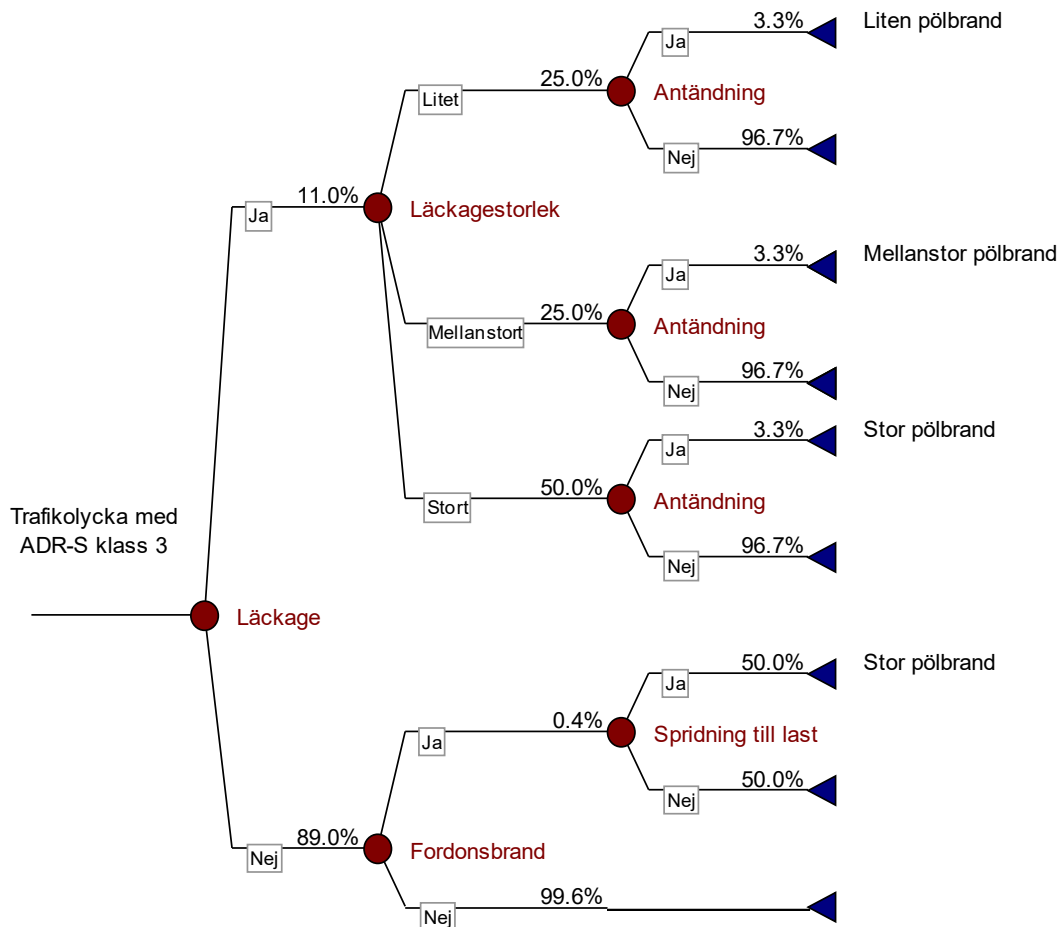
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varieras gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två typer av väderlek – Neutral atmosfärisk skiktning D med en vindhastighet på 5 m/s samt med en Extremt stabil skiktning F med en vindhastighet på 1,5 m/s. Den förstnämnda representerar genomsnittligt väder, vilket förekommer omkring 85 % av tiden, och den sistnämnda representerar ogynnsamt väder vilket ansätts råda under resterande 15 %.

B.3. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

B.3.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur 19 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 19. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4

B.3.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 5.

B.3.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [22] [23]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [10]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

B.3.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [24]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [25].

B.3.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten med uppskattad sannolikhet om 50 %.

B.4. Anpassning av sannolikheten avseende konsekvensavstånd

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

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

Bilaga C. Konsekvensberäkningar Väg

I detta avsnitt beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för olika klasser kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive ADR-S klass.

C.1. Förekomst av personer inom planområdet

I samhällsrisikberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer.

Ansatt persontäthet har utgått från uppskattning om exploateringens omfattning. Baserat på strukturplanen har bedömning gjorts att persontätheten inom planområdet är relativt homogen, varför ett grundantagande om att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan tillämpats.

Som komplement till detta har ansatts en befolkningsfri yta mellan bebyggelse och respektive riskkälla.

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

C.2. Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från väggkant närmast området.

Ingen hänsyn har tagits till mittavskiljare eller andra barriärer som kan påverka olyckans placering.

C.3. ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

C.3.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brandfarlig gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar, och att mängden gas per bil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* [26] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [10] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 7. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, Ø	Läckagestorlek, A
Litet	0,09 kg/s	0,32 cm	0,08 cm ²
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 cm	0,83 cm ²
Stort	17,9 kg/s	4,56 cm	16,4 cm ²

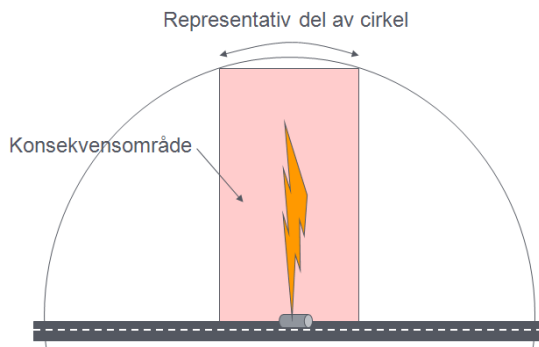
C.3.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [27]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

C.3.1.2. Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbräns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [27], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [28] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammans konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 20.



Figur 20. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering vid jetflamma.

C.3.1.3. Gasmolnsexplosion

En gasmolnsexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbräns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran Spridning Luft [26] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbräns.

Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage.

C.3.1.4. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

- BLEVE 170 meter
- Jetflamma 5-95 meter
- Gasmolnsexplosion 42 meter

C.3.2 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen *Spridning Luft* och med *ALOHA* för totalt 6 scenariorenligt Tabell 8. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga B och med en ytråhet på 0,5 m.

Tabell 8. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC50@30 min	Spridningsvinkel
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	30°

C.4. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [4] [29].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) respektive 400 m² (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [4]. I Tabell 9 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 9. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	23 meter
Stort utsläpp	400 m ²	30 meter

Bilaga D. Frekvensberäkningar järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [30]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

D.1. Sannolikhet för urspårning

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

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser redovisas i Trafikverkets konfidentiella statistik.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser redovisas i Trafikverkets konfidentiella statistik.

Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.

- Antal växlar på den studerade sträckan har ansatts till 8 st för Stambanan och 2 st för Nynäsbanan
- Inga plankorsningar förekommer

D.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 10 [30]:

Tabell 10. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

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

D.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [30] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

D.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

D.1.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

D.1.5 Resultat

Notera att vissa olyckstyper i Tabell 10 som kan resultera i en urspårning är specifikt kopplade till godstrafik, exempelvis vagnfel godståg och lastförskjutningar. Olycksfrekvenserna för dessa olyckstyper allokeras därmed enbart till händelsen urspårning godståg. Frekvensbidraget från olyckstyper som inte specifikt rör godståg fördelas genom att vikta för andelen tåg av respektive trafikslag som förekommer på sträckan enligt nedanstående exempel:

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

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

I Tabell 11 redovisas hur olycksfrekvenserna har fördelats över respektive trafikslag.

Tabell 11. Fördelning av olycksfrekvenser för respektive trafikslag.

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

D.1.6 Sannolikhet för mekanisk påverkan

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Eurocode om dimensioneringskrav avseende olyckslaster hänvisas till UIC 777–2 [31] för vägledning avseende olyckslaster orsakade av spårbunden trafik [32].

I UIC-modellen har hastigheten (km/h) på sträckan en central betydelse då denna parameter bland annat avgör hur långt från spåret (vinkelrätt) urspårade fordon kan hamna. Modellen anger att sannolikheten (P2) för kollision mellan urspårade fordon och spårnära objekt, exempelvis en byggnad eller ett brostöd, kan uppskattas som funktion av det vinkelrätta avståndet mellan objektet och spårmitten enligt nedanstående samband [33]:

$$P2 (\text{enkelspår}) = [(b - a)/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$$

$$P2 (\text{dubbelspår}) = [(b - a)/b]^2 + [(b - (a + 4,2))/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$$

$$d = \text{den längsta urspårningssträckan längs med spåret} = V^2/80$$

$$b = \text{det urspårade tåget maximala avvikelse vinkelrätt från spåret i meter} = V^{0,55}$$

$$a = \text{det vinkelrätta avståndet mellan spårcentrumlinjen och ett givet objekt}$$

$$c = \text{sträckan parallell med spåret på avståndet } a \text{ som riskerar att träffas av urspårade fordon}$$

$$c = (d/b) \cdot (b - a)$$

D.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [18] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 12 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 12. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [18].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [34].

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [17]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

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

Frekvensen för en olycka med godståg har beräknats enligt avsnitt D.1.5. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [35].

Statistiken som ligger till grund för de kvantitativa analyserna avseende transporter av farligt gods baseras på ett utdrag från Trafikverkets databas LUPP (Leveransuppföljningssystemet) [8]. Statistiken är dock sekretessbelagd och kan ej redovisas i denna rapport.

D.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

D.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

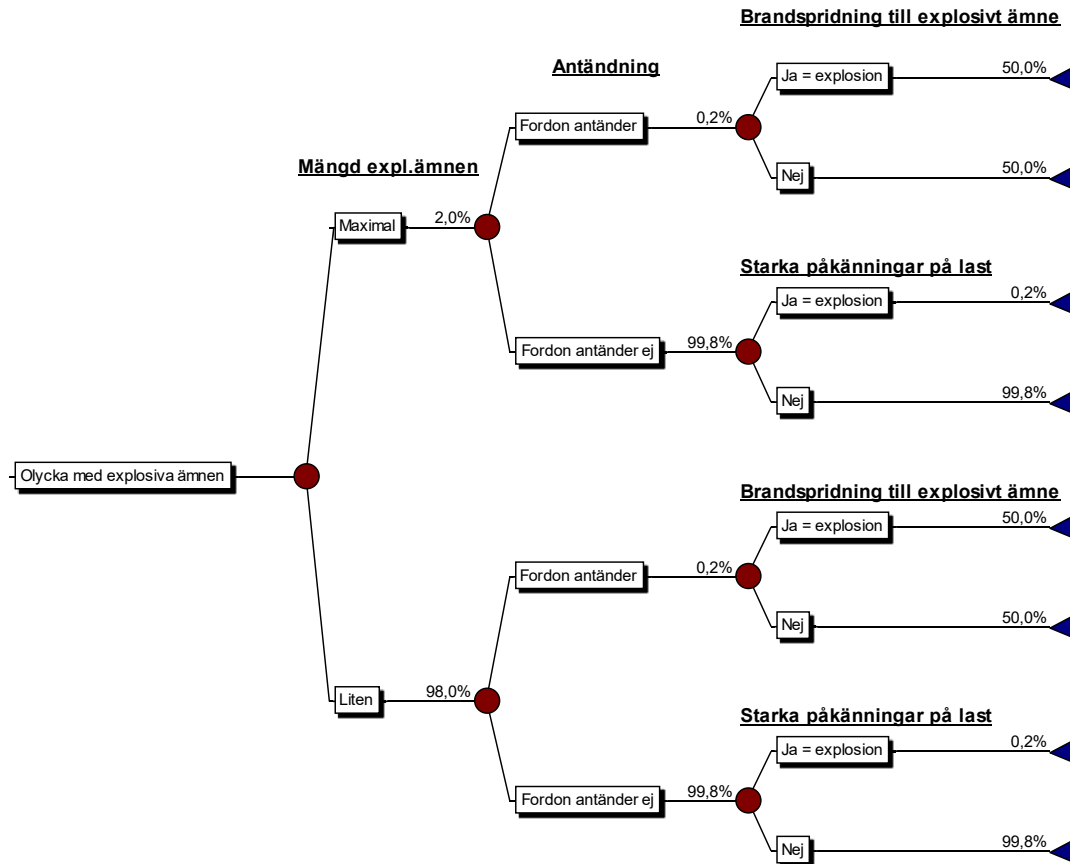
Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

Transporten av explosiver under perioden 2015-2021 uppgick till 81 kg fördelat på totalt 11 transporter.

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

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka [36] [37]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [38].

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [39]. Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO [25] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 21 redovisas möjliga scenarier.



Figur 21 Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

D.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [40], antas 87 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen [30]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

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

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [41] för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 90 %

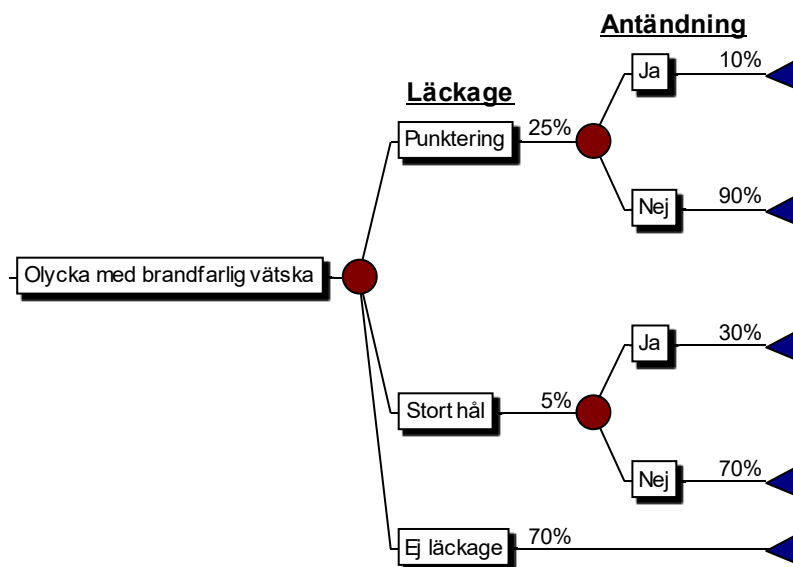
För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % [41]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet.

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

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [30]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % [30]. I Figur 22 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 22. Händelse-träd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

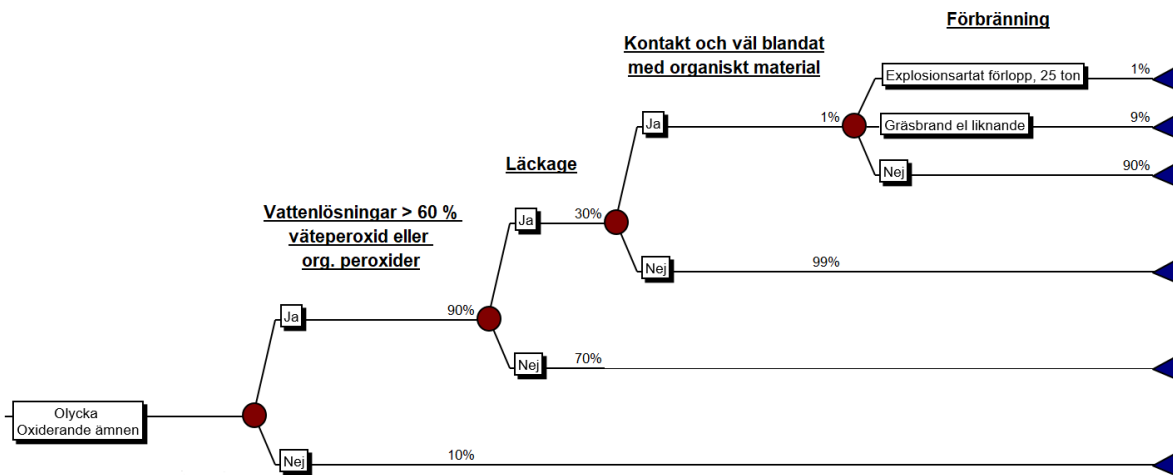
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända.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

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

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

Transportstatistik [42] anger att 93 % av transporterna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transporterna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt D.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % [38]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 23 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 23. Händelsesträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

D.4. Anpassning av sannolikheten avseende konsekvensavstånd

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

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

Bilaga E. Konsekvensberäkningar

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

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

E.1. Persontäthet

I samhällsriskberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer.

Ansatt persontäthet har utgått från uppskattning om exploateringens omfattning. Baserat på strukturplanen har bedömning gjorts att persontätheten inom planområdet är relativt homogen, varför ett grundantagande om att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan tillämpats.

Som komplement till detta har ansatts en befolkningsfri yta mellan bebyggelse och respektive riskkälla.

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

E.2. Mekanisk skada vid urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg.

E.3. Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i 0.

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

E.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [43].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer, och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [27]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

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

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

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [44] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 13. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 13. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av RID-S klass 1 gods. Explosionen antas vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

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

E.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

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

Brännbar gas, RID-S-klass 2.1

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton [45].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [46]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [47], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläkt utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg

I Tabell 14 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Skadeområdet med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 14. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

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

Giftig gas, RID-S-klass 2.3

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [48] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^2) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [48]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [48].

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 15.

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

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

Tabell 15. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

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

² Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

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

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [46].

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

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade vid bedömning av olika typer av brandförlopp [49].

I Tabell 16 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen bredds ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 16. Skadedrabat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

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

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

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-S-klass 5 vid urspärning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensen. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplösiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplösiva varor [38], se vidare avsnitt D.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt D.3.3.

Tabell 17. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

E.4. Uppskattning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt D.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt E.3, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt E.1. Skadeutfallet har sedan viktats med de skyddsgrader enligt Bilaga F.

Bilaga F. Skyddseffekter

I denna bilaga beskrivs de skyddseffekter som antagits för olika befintliga omständigheter och riskreducerande åtgärder och olika scenarier. Bilagan är indelad efter planområdets olika zoner där omständigheter och riskreducerande åtgärder har olika skyddseffekt. För respektive zon beskrivs vilka förutsättningar som beaktas och efter följer en tabell med antagen skyddseffekt motiverad för olika scenarier.

F.1. Zon 1

Denna zon utgörs av området upp till 70 meter bortom befolkningsfri yta. Zonen bedöms principiellt utgöra den första husraden, där ingen skyddseffekt från framförvarande bebyggelse tillämpas.

Byggnader i zonen verkar som en skyddsbarriär mot bakomvarande bebyggelse.

De omständigheter och riskreducerande åtgärder som ger skyddseffekt och som beaktats är följande:

Befolkningsfri zon i anslutning till respektive riskkälla har ansatts enligt nedan:

- Huddingevägen: 15 meter
- Åbyvägen: 15 meter
- Stambanan: 40 meter
- Nynäsbanan: 15 meter

Redovisade skyddsgrader förutsätter att föreslagna åtgärder har implementerats.

Tabell 18 redovisar och motiverar ansatta skyddsgrader för personer som vistas inomhus respektive utomhus inom indelade zoner av planområdet.

Tabell 18. Bakgrund och motivering till antagna skyddseffekter för respektive zon inom planområdet.

Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
Olycksscenario			
Klass 1			
Liten explosion	Med hänsyn till zonens djup görs bedömning att bebyggelse i viss mån skyddas av den främre husraden. Antagen skyddsgrad utgår från ett genomsnitt och förväntas vara	20	0
Mellanstor explosion	något lägre i första husraden och något högre inåt i planområdet.	20	0
Stor explosion		20	0
Klass 2.1			
BLEVE	Genomsnitt mht. skydd av skärmande bebyggelse.	20	20
Liten jetflamma	Brandklassade ytterväggar Utomhus genomsnitt mht. Skydd av skärmande bebyggelse.	100	50
Gasmolnsexplosion	Brandklassade ytterväggar, men kan ev påverka genom otätheter. Utomhus genomsnitt mht. Skydd av skärmande bebyggelse.	50	50
Mellanstor jetflamma	Brandklassade ytterväggar Utomhus genomsnitt mht. Skydd av skärmande bebyggelse.	100	50
Stor jetflamma	Brandklassade ytterväggar Utomhus genomsnitt mht. Skydd av skärmande bebyggelse.	100	50
Klass 2.3			

Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
Olycksscenario			
Litet läckage, låg vindstyrka		50	20
Litet läckage, hög vindstyrka		50	20
Mellanstort läckage, låg vindstyrka	Naturligt skydd på givet avstånd inomhus mht. normal luftomsättning.	50	20
Mellanstort läckage, hög vindstyrka	Visst skydd utomhus mht. skärmande bebyggelse.	50	20
Stort läckage, låg vindstyrka		50	20
Stort läckage, hög vindstyrka		50	20
Klass 3			
Liten pölbrand	Brandklassade ytterväggar	100	0
Mellanstor pölbrand	Utomhus påverkas endast personer som befinner sig mellan byggnader och riskkälla. Dessa tillskrivs ingen skyddsgrad.	100	0
Stor pölbrand		100	0
Klass 5			
Explosion (> 180 kPa)	Se Klass 1, Explosiver	20	0
Explosion (> 20 kPa)		20	0

F.2. Zon 2

Denna zon utgörs av området 100 meter bortom Zon 1. Zonen bedöms generellt skyddad av bebyggelse i framförvarande zon.

Redovisade skyddsgrader förutsätter att föreslagna åtgärder har implementerats.

Tabell 19 redovisar och motiverar ansatta skyddsgrader för personer som vistas inomhus respektive utomhus inom indelade zoner av planområdet.

Tabell 19. Bakgrund och motivering till antagna skyddseffekter för respektive zon inom planområdet.

Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
Klass 1			
<i>Liten explosion</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-
Mellanstor explosion	Reduktion med hänsyn till avstånd och skydd från både tryck och kaststycken mht. framförvarande bebyggelse.	50	50
Stor explosion		50	50
Klass 2.1			
BLEVE	Reduktion med hänsyn till avstånd och skydd från både tryck och kaststycken mht. framförvarande bebyggelse.	50	20
<i>Liten jetflamma</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-

Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
Olycksscenario			
<i>Gasmolnsexplosion</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-
<i>Mellanstor jetflamma</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-
<i>Stor jetflamma</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-
Klass 2.3			
<i>Litet läckage, låg vindstyrka</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-
<i>Litet läckage, hög vindstyrka</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-
Mellanstort läckage, låg vindstyrka	Naturligt skydd på givet avstånd inomhus mht. normal luftomsättning. Visst skydd utomhus mht. skärmande bebyggelse.	90	20
<i>Mellanstort läckage, hög vindstyrka</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-
Stort läckage, låg vindstyrka	Naturligt skydd på givet avstånd inomhus mht. normal luftomsättning. Visst skydd utomhus mht. skärmande bebyggelse.	90	20
Stort läckage, hög vindstyrka	Naturligt skydd på givet avstånd inomhus mht. normal luftomsättning. Visst skydd utomhus mht. skärmande bebyggelse.	90	20
Klass 3			
<i>Liten pölbrand</i>		-	-
<i>Mellanstor pölbrand</i>	<i>Ingen påverkan inom zonen</i>	-	-
<i>Stor pölbrand</i>		-	-
Klass 5			
Explosion (> 180 kPa)	Se Klass 1, Explosiver	50	0
Explosion (> 20 kPa)		50	0

F.3. Zon 3

Denna zon sträcker sig från Zon 2 och upp till 500 meter från respektive riskkälla. Zonen bedöms generellt skyddad av bebyggelse i framförvarande zoner.

De omständigheter och riskreducerande åtgärder som ger skyddseffekt och som beaktats är följande:

Redovisade skyddsgrader förutsätter att föreslagna åtgärder har implementerats.

Tabell 20 redovisar och motiverar ansatta skyddsgrader för personer som vistas inomhus respektive utomhus inom indelade zoner av planområdet.

Tabell 20. Bakgrund och motiv till antagna skyddseffekter för respektive zon inom planområdet.

Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
Olycksscenario			
Klass 1			
Liten explosion	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Mellanstor explosion	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Stor explosion	Reduktion med hänsyn till avstånd och skydd från både tryck och kaststycken mht. framförvarande bebyggelse.	90	50
Klass 2.1			
BLEVE	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Liten jetflamma	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Gasmolnsexplosion	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Mellanstor jetflamma	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Stor jetflamma	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Klass 2.3			
Litet läckage, låg vindstyrka	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Litet läckage, hög vindstyrka	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Mellanstort läckage, låg vindstyrka	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Mellanstort läckage, hög vindstyrka	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Stort läckage, låg vindstyrka	Naturligt skydd på givet avstånd inomhus mht. normal luftomsättning. Visst skydd utomhus mht. skärmande bebyggelse.	99	20
Stort läckage, hög vindstyrka	Naturligt skydd på givet avstånd inomhus mht. normal luftomsättning. Visst skydd utomhus mht. skärmande bebyggelse.	99	20
Klass 3			
Liten pölbrand		-	-
Mellanstor pölbrand	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Stor pölbrand		-	-
Klass 5			
Explosion (> 180 kPa)	Ingen påverkan inom zonen	-	-
Explosion (> 20 kPa)	Se Klass 1, Explosiver	90	0

Bilaga G. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] Länsstyrelsen i Stockholms Län, Stockholm: Länsstyrelsen, 2003.
- [3] Länsstyrelsen Stockholm, *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*, 2016.
- [4] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [5] RIVM (National Institute of Public Health and the Environment), "Guidelines for Quantative Risk Assessment (CPR18E 'Purple Book')," 2005.
- [6] WSP Sverige AB, "Analyser av transport med farligt gods - Mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015," 2016.
- [7] T. Armin Ruge, "E-postkonversation, kapacitetsanalytiker järnväg," 2022.
- [8] Anders Nilsson, *Utdrag från LUPP, statistik över farligt gods-transporter Södra Stambanan (Norrköping - Åby) samt (Linköping - Norrköping)*, Trafikverket, Erhållen via epost 2017-11-28.
- [9] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [10] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [11] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [12] RIVM (National Institute of Public Health and Environment), "Methods for the Calculation of Physical Effects (CPR14E 'Yellow Book')," 2005.
- [13] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [14] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [15] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Comission, 1995.
- [16] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [17] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [18] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [19] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [20] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.

- [21] G. Purdy , "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [22] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [23] T. Gammelgåård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [24] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [25] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [26] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [27] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [28] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [29] BBR, Boverket, 2006.
- [30] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [31] IOC Code 777-2, "Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone".
- [32] Swedish Standard Institute, *Eurocode 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast*, 2008: Swedish Standard Institute.
- [33] UIC, *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2)*, UIC, 2002.
- [34] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [35] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [36] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [37] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [38] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [39] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [40] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [41] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [42] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.

- [43] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [44] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [45] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [46] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [47] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [48] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [49] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [50] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [51] Räddningsverket, *Handbok för riskanalys*, Karlstad: Räddningsverket, 2003.
- [52] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.



UPPDRAGSNAMN
Risk - Älvsjödalén

UPPDRAGSNUMMER
10379718

FÖRFATTARE
Gustav Nilsson

DATUM
2022-06-27

VI ÄR WSP

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

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00

[wsp.com](https://www.wsp.com)

