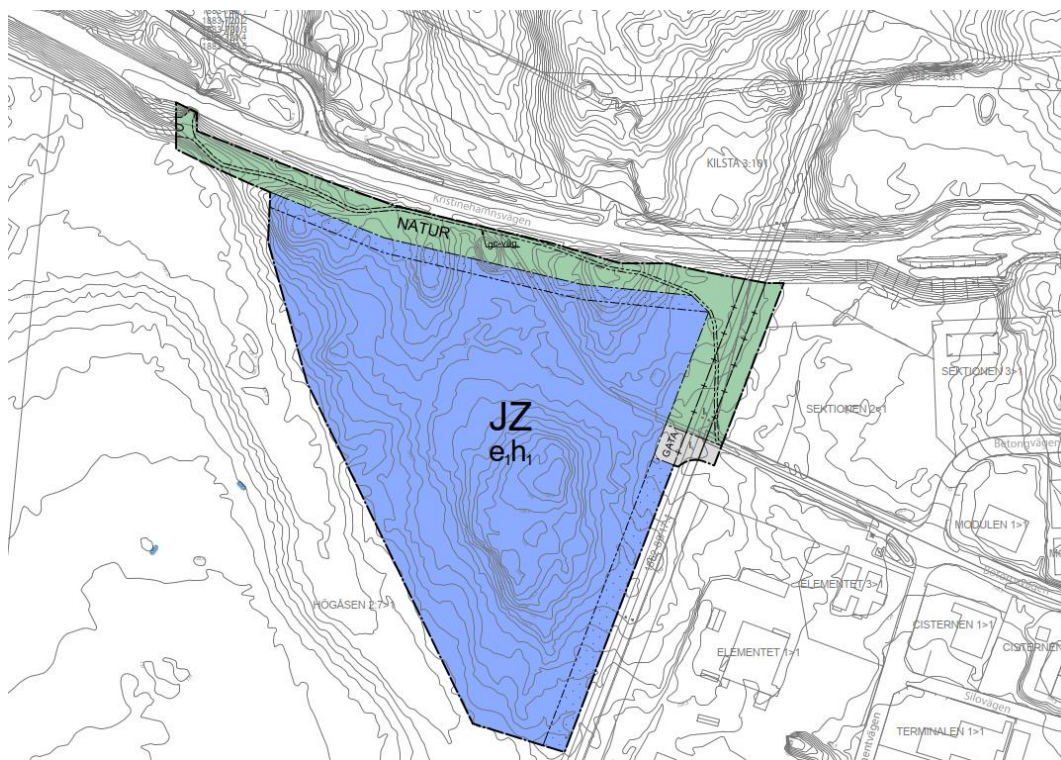


Handläggare
Rasmus Jonason Bjärenstam
Telefon
010-505 05 22
Mobil
0722 01 75 64
E-post
rasmus.jonason@afry.com

Datum
2025-06-24
Projekt ID
D0247060
Beställare
Jack Larsson
E-post
jack.larsson@karlskoga.se

Kund
Karlskoga kommun, Samhällsbyggnads- och Serviceförvaltningen

Riskutredning farligt gods, Karlskoga - Detaljplan för Botorp 1, del av Högåsen 2:7



Uppdragsledare: Gustaf Zetterberg
Handläggare: Rasmus Jonason Bjärenstam
Intern kvalitetsgranskning: Jennifer Wolsing

Dokumenthistorik

Version	Datum	Revidering	Handläggare
1.0	2025-06-11	Första utgivna version.	Rasmus Jonason Bjärenstam
2.0	2025-06-24	Justerad utefter kundkommentar. Förtydligande slutsatser	Jennifer Wolsing

Innehåll

1	Inledning.....	6
1.1	Syfte och mål.....	6
1.2	Avgränsningar.....	6
2	Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	7
2.1	Plan- och bygglagen.....	7
2.2	Miljöbalken.....	7
2.3	Riktlinjer – Örebro Län.....	7
2.3.1	Riktlinjer – Länsstyrelsen Stockholm.....	7
2.4	Kvantitativa riskmått.....	9
2.4.1	Individrisk.....	9
2.4.2	Samhällsrisk.....	9
2.4.3	Presentation av risken.....	9
2.5	Kriterier för riskvärdering.....	10
2.5.1	Kvantitativa kriterier - Det Norske Veritas (DNV).....	10
3	Metod.....	12
3.1	Programvara.....	13
4	Beskrivning av planområde och omgivning.....	14
4.1	Skyddsvärda objekt.....	16
4.2	Riskobjekt.....	16
4.2.1	Väg E18.....	17
5	Riskinventering.....	18
5.1	Olycka med farligt gods.....	18
5.1.1	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål.....	19
5.1.2	Klass 2 – Gaser.....	19
5.1.3	Klass 3 – Brandfarliga vätskor.....	21
5.1.4	Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen.....	21
5.1.5	Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider.....	21
5.1.6	Klass 6 – Giftiga ämnen och smittsamma ämnen.....	22
5.1.7	Klass 7 – Radioaktiva ämnen.....	22
5.1.8	Klass 8 – Frätande ämnen.....	22
5.1.9	Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål.....	22
5.2	Sammanfattning av aktuella olyckstyper.....	23
6	Riskanalys.....	24
6.1	Förutsättningar för beräkningar.....	24
6.1.1	Väderförhållanden.....	24
6.1.2	Personbelastning.....	24
6.1.3	Trafikmängd.....	26
6.1.4	Fördelning av farligt gods.....	26
6.1.5	Frekvens för olycka med farligt gods.....	27

6.2	Individrisk	28
6.3	Samhällsrisk	29
7	Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys.....	30
7.1	Känslighetsanalys	30
7.1.1	Antal transporter av farligt gods	30
7.1.2	Fördelning av farligt gods	30
7.1.3	Personbelastning	31
7.1.4	Konsekvenser till följd av olycksscenarierna	31
7.2	Osäkerhetsanalys.....	31
7.2.1	Antal transporter av farligt gods	31
7.2.2	Andel farligt gods och fördelning av farligt gods	32
7.2.3	Olycksfrekvens	32
7.2.4	Personbelastning	32
7.2.5	Konsekvenser för olyckor.....	33
8	Riskvärdering och riskreducerande åtgärder	34
8.1	Riskvärdering	34
8.2	Riskreducerande åtgärder	34
8.2.1	Krav	34
8.2.2	Ytterligare rekommendationer från denna riskanalys	34
9	Slutsatser.....	35
	Referenser	36

Bilagor:

Beräkningsbilaga till Riskutredning för Karlskoga - Detaljplan för Botorp 1, del av Högåsen 2:7, daterad 2025-06-24.

Sammanfattning

I Karlskoga kommun, intill E18 vid stadens västra infart, pågår en detaljplaneprocess, Botorp 1. Detaljplaneområdet är beläget invid väg E18, som utgör primär transportled för farligt gods. Eftersom avståndet mellan planerad markanvändning och vägen understiger Länsstyrelsens riktlinjer för skyddsavstånd behöver risker kopplade till transport av farligt gods utredas.

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt detaljplanområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på väg E18. Målet med riskutredningen är att kvantifiera och värdera aktuella risker mot fastställda riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms tolerabla utreds och presenteras nödvändiga åtgärder.

För riskvärdering används kriterier framtagna av Det Norske Veritas som delar in risker i tre grupper; tolerabla, tolerabla om rimliga åtgärder är vidtagna (även så kallat ALARP-område) samt ej tolerabla.

Följande resultat med avseende på individrisk och samhällsrisk har erhållits i denna riskanalys:

- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger inom tolerabel risknivå på avstånd bortom ca 35 meter från länsväg 230.
- Samhällsrisk ligger inom risknivån för tolerabel risk.

Av resultatet i denna rapport bedöms alltså att det är möjligt att placera bebyggelse på 20 meter från vägen förutsatt att riskreducerande åtgärder vidtas, dessa presenteras nedan.

Enligt riktlinjerna från Stockholms Länsstyrelse [1] råder följande krav för bebyggelse inom 30 meter från väggkant E18:

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30
- friskluftsintag ska riktas bort från vägen
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

För byggnader på avstånd mellan 30-35 meter från väggkant, rekommenderas att:

- Fasader som vetter mot väg E18 bör utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30

Efterföljs dessa, bedöms risknivåerna från olycka med farligt gods på E18 som acceptabla vid genomförande av detaljplanens tillkommande bebyggelse.

1 Inledning

I Karlskoga kommun, intill E18 vid stadens västra infart, pågår en detaljplaneprocess, Botorp 1. Detaljplaneområdet är beläget invid väg E18, som utgör primär transportled för farligt gods. Eftersom avståndet mellan planerad markanvändning och vägen understiger Länsstyrelsens riktlinjer för skyddsavstånd behöver risker kopplade till transport av farligt gods utredas.

1.1 Syfte och mål

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt detaljplanområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på väg E18.

Målet med riskutredningen är att kvantifiera och värdera aktuella risker mot fastställda riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms tolerabla utreds och presenteras nödvändiga åtgärder.

1.2 Avgränsningar

Geografiskt omfattar riskutredningen planområdet för aktuell detaljplan. Vid beräkning av samhällsrisk beaktas även personbelastningen i området utanför aktuellt planområde. I detta fall inventeras personbelastningen för ett område på en kvadratkilometer med planområdet placerat centralt inom området.

Riskutredningen avgränsas till att enbart beakta olyckor med farligt gods på E18. Avgränsningen innebär att hänsyn inte tas till eventuella risker från andra riskobjekt i omgivningen såsom från omgivande verksamheter och industrier. Med olyckor avses händelser där ingen avsikt finns att åsamka skada. Händelseförlopp där avsikten är att medvetet skada människor eller sabotera, så kallade antagonistiska händelser, omfattas ej av föreliggande utredning.

Beräkningar omfattar enbart sådana olyckor med farligt gods som medför direkt påverkan på människor som leder till dödsfall, det vill säga inte till skadefall. Detta beror på utformningen av kriterierna för värdering av risk, vilka har utgångspunkt specifikt i frekvensen för dödsfall. Det bör dock påpekas att det finns en koppling mellan antalet dödsfall och antalet skadade, även om sambandet skiljer sig mellan olika olycksfall. Genom att utreda och värdera risken för dödsfall sker därför även en indirekt värdering av risken för skadefall. Avgränsningen innebär också att ingen hänsyn tas till exempelvis skador på miljön eller materiella skador inom området.

För att den planerade bebyggelsen ska vara hållbar ur ett riskperspektiv behöver hänsyn tas till framtida förändring av trafikering på väg E18 intill planområdet. Därmed tillämpas förväntad trafikering av transportled och förväntad personbelastning för år 2050.

I denna rapport och tillhörande beräkningsbilaga används uttrycket "konservativ" i sammanhang såsom "konservativ bedömning" och "konservativt antagande". Uttrycket "konservativ" innebär att de bedömningar, antaganden och dylikt som avses medför att utredningen tar höjd för möjligheten att konsekvenser skulle kunna bli större, eller att frekvenser kan vara högre. Detta är ett sätt att hantera de osäkerheter som är förknippade med denna typ av riskutredning då många parametrar är okända.

2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Nedan presenteras den lagstiftning och de riktlinjer som motiverar behovet av att utreda risker inom ramen för fysisk planering. Vidare presenteras information om hur risker ska utredas och vilka kriterier för riskvärdering som gäller, samt grundläggande information om kvantitativa riskmått för att kriterierna ska kunna förstås.

2.1 Plan- och bygglagen

Enligt *Plan- och bygglagen (2010:900)* (PBL) ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bland annat människors liv och hälsa samt risken för olyckor¹. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till bland annat skydd mot uppkomst och spridning av brand, trafikolyckor och andra olyckshändelser².

2.2 Miljöbalken

Miljöbalken (1998:808) (MB) ska tillämpas så att människors hälsa skyddas mot skador och olägenheter, oavsett om dessa orsakas av föroreningar eller annan påverkan³. Verksamheter eller åtgärder som tar ett mark- eller vattenområde i anspråk ska placeras på en plats som är lämplig så att ändamålet kan uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa⁴. Vidare ska alla som avser att bedriva verksamhet eller vidta en åtgärd utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått som är nödvändiga för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa⁵.

2.3 Riktlinjer – Örebro Län

I lagtext anges inte i detalj hur riskutredningar ska genomföras och vad de ska innehålla. Därför har flera länsstyrelser och myndigheter givit ut riktlinjer, kriterier och rekommendationer gällande vilka riskutredningar som bör utföras och vilka krav som bör ställas på dessa. Riktlinjerna beskriver ofta skyddsavstånd för olika typer av markanvändning som kan användas vid planering.

Enligt önskemål från Länsstyrelsen Örebro ska riskerna med farligt gods beaktas och bedömas utifrån de rekommendationer som anges av Länsstyrelsen Stockholm i *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1], som presenteras under avsnitt 2.3.1 nedan.

2.3.1 Riktlinjer – Länsstyrelsen Stockholm

Länsstyrelsen Stockholm har publicerat *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1], som gör gällande att risker förknippade med transport av farligt gods ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en led för farligt gods.

Figur 2-1 presenterar rekommenderade skyddsavstånd mellan transportled för farligt gods och tre zoner (A-C) för olika markanvändning. Tabell 2-1 redogör för olika typer av markanvändning för de tre zonerna. Om aktuellt område är beläget mellan 75 och 150 meter från transportleden krävs det oftast ingen riskutredning. Det finns ingen allmän rekommendation kring när en detaljerad riskutredning behövs, men generellt gäller att ju kortare skyddsavstånden är, desto större är kraven på en utförlig riskutredning.

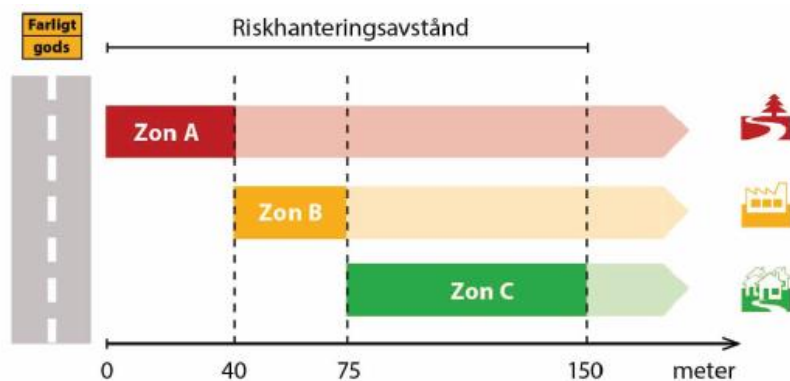
¹ PBL 2 kap. 5 §.

² PBL 2 kap. 6 §.

³ MB 1 kap. 1 §.

⁴ MB 2 kap. 6 §.

⁵ MB 2 kap. 3 §.



Figur 2-1. Zonindelning för skyddsavstånd [1].

Tabell 2-1. Rekommenderad markanvändning för zonerna A, B och C [1].

Zon A	Zon B	Zon C
G – drivmedelsförsörjning (obemannad) L – odling och djurhållning P – parkering (ytparkering) T – trafik	E – tekniska anläggningar G – drivmedelsförsörjning (bemannad) J – industri K – kontor N – friluftsliv och camping P – parkering (övrig parkering) Z – verksamheter	B – bostäder C – centrum D – vård H – detaljhandel O – tillfällig vistelse R – besöksanläggningar S – skola

För järnväg och rekommenderade vägar anser dock Länsstyrelsen Stockholm att det ska finnas ett bebyggelsefritt avstånd och särskilda skyddsåtgärder oavsett vad riskutredningen kommer fram till. Därför handlar riskutredningen om att utreda om planförslaget är lämpligt och vilka åtgärder som krävs för att uppnå en tolerabel risknivå utöver fördefinierade skyddsavstånd och åtgärder.

Länsstyrelsen i Stockholms län menar att det bör finnas ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter mellan rekommenderad transportled för farligt gods på väg och studerat markområde, mätt från väggkant. Detta gäller samtliga primära och de flesta sekundära rekommenderade transportleder för farligt gods. Under vissa omständigheter kan avståndet till en sekundär led vara kortare, men tillåts sannolikt inte kortare än 15–20 meter. Detta gäller i de fall där det går få transporter och/eller där de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd.

Riktlinjerna anger även att inom 30 meter från primära transportleder för farligt gods ska åtgärder säkerställas genom planbestämmelser för markanvändning enligt nedan.

För markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S) och kontor (K) gäller att:

- glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW30.

För markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), friluftsliv och camping (N), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S), kontor (K), drivmedelsförsörjning (G), industri (J) och verksamheter (Z) gäller att:

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30
- friskluftsintag ska riktas bort från vägen
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

Vid markanvändningen industri och verksamheter finns det möjlighet att göra avsteg från skyddsåtgärderna om glas, fasader och friskluftsintag. Detta gäller endast för lagerlokaler, där det tydligt framgår att det sällan kommer vistas människor.

Beskrivning av kriterier för riskvärdering, för de situationer då det bedöms att en detaljerad riskutredning krävs, presenteras i avsnitt 2.5.

2.4 Kvantitativa riskmått

En kvantitativ riskanalys brukar innebära att två olika riskmått beräknas och sedan jämförs med fastställda kriterier för vad som kan anses vara en tolerabel risk. De två riskmåten är individrisk och samhällsrisk. Bedömningen av individrisken syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker medan bedömningen av samhällsrisk syftar till att säkerställa att ett definierat område som helhet inte utsätts för oacceptabla risker. För mer ingående beskrivning av hur dessa riskmått kvantifieras hänvisas till riskutredningens beräkningsbilaga.

Båda riskmåten utgår från hur ofta olyckor förväntas inträffa (frekvens) och hur allvarlig olyckan är när det kommer till dödsfall (konsekvens). Frekvensen uttrycks ofta som antal gånger per år och eftersom de olyckor som analyseras förväntas inträffa väldigt sällan blir frekvensen liten. Ofta ligger frekvensen i spannet från 10^{-9} till 10^{-5} gånger per år (0,000000001 till 0,00001 gånger per år), vilket motsvarar att olyckan förväntas inträffa en gång på mellan 1 000 000 000 och 100 000 år. I tabeller och diagram skrivs frekvenser ofta istället ut som exempelvis $1E-9$, vilket motsvarar 10^{-9} .

2.4.1 Individrisk

Med individrisk avses risken för att en hypotetisk och oskyddad individ omkommer, givet att individen kontinuerligt befinner sig på en och samma plats (ofta utomhus) på ett visst avstånd från ett riskobjekt [2]. Individrisken tar inte hänsyn till hur många personer som faktiskt kan förväntas befinna sig i området runt riskobjektet och att det i verkligheten kan omkomma fler än en person vid en olycka. I stället fokuserar individrisken på just individen och hur ofta vi kan förvänta oss att en person omkommer på en specifik plats.

2.4.2 Samhällsrisk

Måttet för samhällsrisk tar till skillnad från individrisken även hänsyn till att flera personer kan omkomma vid samma olycka. Man väger sedan samman hur många personer som förväntas omkomma vid en olycka (konsekvens) med hur ofta olyckan förväntas inträffa (frekvens). För att beräkna hur många som förväntas omkomma vid en olycka utgår man från hur många personer som förväntas befinna sig i området och man kan också ta hänsyn till hur personantalet i området varierar över dygnet eller över året.

2.4.3 Presentation av risken

När individrisk och samhällsrisk har beräknats kan dessa mått presenteras på olika sätt. Vilket sätt som är lämpligt beror på hur kriterierna för riskvärdering är uttryckta. Risken behöver presenteras så att den går att jämföra med acceptanskriterierna.

Individrisk uttrycks ofta geografiskt med hur individrisken varierar med avståndet till riskobjektet. Till exempel kan man presentera det med individriskkonturer på karta, där varje individriskkontur motsvarar en viss risknivå. Individrisken kan också presenteras i diagram, där individrisken visas som funktion av avståndet från riskobjektet. På så vis kan det gå att utläsa exempelvis att inom avståndet 40 meter från riskobjektet är individrisken större än 10^{-7} och bortom 40 meter från riskobjektet är individrisken lägre än 10^{-7} . När man värderar risken utgår man sedan från hur risknivåerna varierar med avståndet och utifrån detta kan man säga om risken är tolerabel eller inte på olika avstånd från riskobjektet.

Samhällsrisk uttrycks ofta i ett diagram som kallas F/N-diagram, där F står för frekvens och N står för antal omkomna. Alla olycksscenarier som ingår i analysen ritas in i diagrammet och bildar en kurva. När man värderar risken utgår man sedan från hur kurvan förhåller sig till olika acceptanslinjer i diagrammet.

2.5 Kriterier för riskvärdering

När man ska bedöma om en risk är tolerabel eller inte så finns det fyra vägledande principer som kan användas som allmän utgångspunkt [2]:

- **Rimlighetsprincipen:** Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.
- **Proportionalitetsprincipen:** En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen:** Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- **Principen om undvikande av katastrofer:** Om oönskade händelser inträffar bör de hellre inträffa ofta med minder omfattning än sällan med katastrofal omfattning. Mindre olyckor kan enklare hanteras av befintliga resurser.

2.5.1 Kvantitativa kriterier - Det Norske Veritas (DNV)

För att de beräknade individ- och samhällsriskerna ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för riskvärdering. I Sverige saknas det nationellt fastställda kriterier för värdering av risk. Det finns däremot ett flertal tillämpningar och regionala och lokala vägledningar med riskacceptanskriterier.

Det Norske Veritas (DNV) har på uppdrag av Räddningsverket tagit fram riktlinjer som kan användas för värdering av individrisk och samhällsrisk [2]. Dessa kriterier har blivit något av en praxis att använda vid riskutredningar med avseende på transport av farligt gods i Sverige, och liknar de kriterier som finns i flera andra europeiska länder.

Kriterierna innebär att individrisken och samhällsrisken värderas utifrån två olika nivåer: en övre nivå, över vilken risker anses oacceptabelt stora; och en undre nivå, under vilken risken anses vara så låg att inga åtgärder behövs. Området däremellan kallas ofta ALARP-området⁶. Vad dessa innebär förtydligas nedan:

- **Område för oacceptabel risk:** Risker inom detta område ska inte accepteras för nyetablering. För befintliga situationer föreslås däremot en mer flexibel tillämpning, som innebär att ett åtgärdsprogram bör utarbetas och praktiskt möjliga åtgärder för att reducera risken bör implementeras. Vid oacceptabel risk bör det inte tillåtas ombyggnader eller förändringar som ökar risken ytterligare.
- **ALARP-område:** Risker inom ALARP-området ska värderas som tolerabla om samtliga rimliga åtgärder vidtas. Vad som är rimliga åtgärder behöver värderas från fall till fall, men en utgångspunkt kan vara att göra en bedömning av respektive åtgärds kostnad i förhållande till den riskreducerande effekten. Om en risk ligger i den övre delen, nära området för oacceptabla risker, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder tolereras den endast om nyttan med verksamheten är mycket stor. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder för riskreduktion ska beaktas.
- **Område där risker kan anses små:** Risker inom detta område kan anses vara små och därmed värderas som tolerabla utan krav på omfattande riskreduktion. Fokus bör ligga på att säkerställa att den låga risknivån upprätthålls snarare än att

⁶ ALARP står för As low as reasonably practicable.

reducera risken ytterligare. Dock bör möjligheter för ytterligare riskreduktion utredas, och åtgärder som inte innebär en omfattande kostnad bör implementeras.

För individrisk föreslås följande kriterier [2]:

- Övre nivå, över vilken risker anses oacceptabelt stora: 10^{-5} per år.
- Nedre nivå, under vilken risken anses vara så låg att inga åtgärder behövs: 10^{-7} per år.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier [2]:

- Övre nivå, över vilken risker anses oacceptabelt stora: $F = 10^{-4}$ per år, för $N = 1$ med lutning på F/N-kurva = -1.
- Nedre nivå, under vilken risken anses vara så låg att inga åtgärder behövs: $F = 10^{-6}$ per år, för $N = 1$ med lutning på F/N-kurva = -1.

För transportleder föreslår DNV [2] att kriterierna för samhällsrisk tillämpas för en sträcka av 1 kilometer. Vidare anges att detta innebär att halva värdet kan tillämpas för en sträcka av 0,5 kilometer, och så vidare.

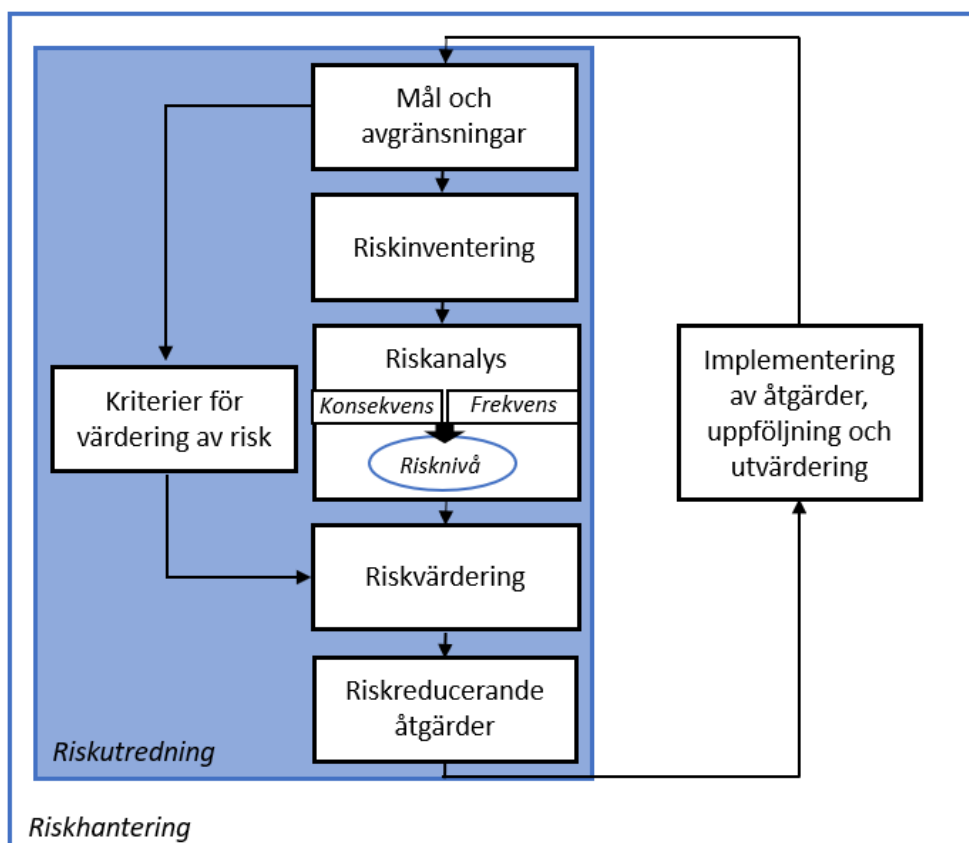
3 Metod

Riskutredningen är genomförd i enlighet med riskhanteringsprocessen som bland annat framgår av *SS-ISO 31000 Riskhantering – Vägledning* [3] och beskrivs nedan och illustreras i Figur 3-1.

Inledningsvis bestäms aktuella mål och avgränsningar för riskutredningen. Även vilka riktlinjer och principer för riskvärdering som ska användas fastställs (och redovisas i avsnitt 2). Därefter identifieras aktuella olycksscenarier genom en riskinventering. Syftet med riskinventeringen är att kartlägga vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet.

I riskanalysen analyseras sedan de identifierade olycksscenariernas frekvenser och konsekvenser. Detta kan göras antingen kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattning och förutsättningar. För mer ingående beskrivning av metodik och antaganden för frekvens- och konsekvensberäkningarna hänvisas till utredningens beräkningsbilaga.

I riskvärderingen jämförs resultatet från riskanalysen med aktuella acceptanskriterier utifrån riktlinjer och principer för värdering av risk. Syftet är att avgöra om risken är tolerabel eller ej. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av riskreducerande åtgärder.



Figur 3-1. Riskhanteringsprocessen.

3.1 Programvara

Konsekvens- och frekvensberäkningar utförs med programvaran Riskcurves [4]. Programmet är framtaget av det oberoende forskningsinstitutet The Netherlands organisation for applied scientific research (TNO), och tillhandahålls av Gexcon. Beräkningarna i utredningen baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves. Dessa är Purple Book [5], Yellow Book [6] och Green book [7]. Där andra källor används i beräkningarna redovisas detta tydligt. Konsekvensmodelleringarna är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista.

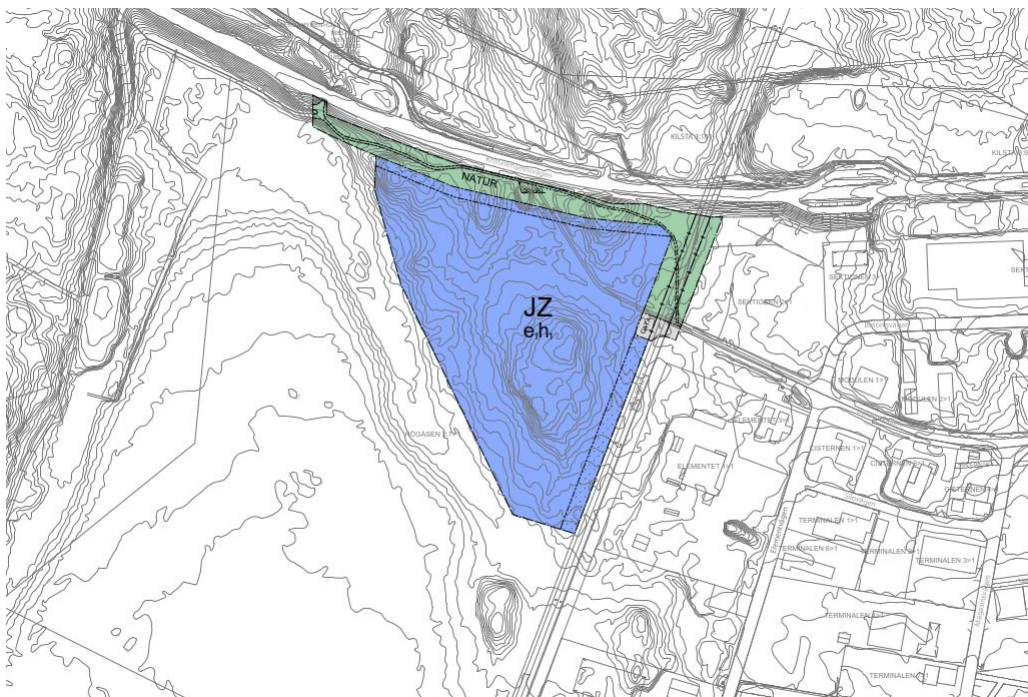
4 Beskrivning av planområde och omgivning

I Karlskoga kommun, intill E18 vid stadens västra infart, pågår en detaljplaneprocess, Botorp 1. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra för verksamheter och industriändamål i anslutning till nuvarande industri och verksamhetsbebyggelse i Botorp. Planområdet utgörs främst av fastigheten Högåsen 2:7 och består i dagsläget av obebyggd mark, främst täckt med skog, och är markerat med lila i Figur 4-1.



Figur 4-1. Lokalisering av planområdet, väster om Karlskoga. Planområdet är markerat i lila.

Detaljplanens nuvarande utformning och placering illustreras i Figur 4-2 och medger kvartersmark med industri (J) och verksamheter (Z) inom den blå ytan, fram till och med 30 meter från väg E18. Däremot begränsas ett smalt område längst JZ-områdets norra del närmst vägen, samt ett smalt område längst österut, med förbud att förses med byggnader (prickade ytor i Figur 4-2), så att närmsta byggnad hamnar ca 40 meter från farligt godsleden.



Figur 4-2. Detaljplanens placering med blå yta för tillkommande bebyggelse inom planområdet och grön yta för natur. En del av den blå ytan är prickad, ett smalt område längst norrut (fram till och med 40 meter från väg E18) och ett smalt område längst österut, vilket utgör mark som inte får förses med byggnad.

Länsstyrelsen Örebro har i ett tidigare planläggningsärende accepterat bebyggelse fram t.o.m. 20 meter från primär led för farligt gods, efter att en riskutredning visat på acceptabla risknivåer. I samråd med Karlskoga kommun har det bestämts att även denna riskutredning skall utföras med bebyggelse fram till och med 20 meter från väg E18. Detta för att fastställa huruvida området lämpar sig för planläggning av byggnader närmre än de 40 meter som detaljplanens nuvarande utformning medger, med möjlighet att planera för byggnader inom JZ-området så nära som 20 meter från väg E18.

Trots detaljplanens nuvarande förbud för detta, utförs således riskutredningen med förutsättningen att bebyggelse inom kvartersmarken tillåts fram till och med 20 meter från väg E18.

Tabell 4-1. Planerad markanvändning, samt kortaste avstånd från vägkant (E18).

Planerad markanvändning (med tillåten bebyggelse)	Kortaste avstånd från vägkant [m]	
	i riskutredning	i detaljplan
Verksamheter, Z Industri, J	20	40

Över planområdets norra delar råder en viss höjdskillnad. Generellt sett råder några höjdmeters fall, från E18 sett, dock med någon höjdmeters uppförsbacke precis intill vägen över planens västra delar. I Figur 4-3 visas höjdkurvan längst pilen, över planens mitt, samt bild med vy över planområdet, tagen från E18 vid planens nordöstra hörn (se blå triangel/markering för högra bildens position och vinkel).



Figur 4-3. Till vänster: diagram med markhöjd på olika avstånd från väg E18, längst den svarta pilen, mätt vid detaljplanens mitt [8]. Svag lutning ned mot planerad bebyggelse kan utläsas, ca 5 höjdmeters fall över den uppmätta 200 meterssträckan. Blå triangel visar position och vinkel för vilken bilden till höger är tagen. Till höger: vyn från vägen mot planområdet, där viss uppförslutning skådas intill vägens västra del (till höger i bild), men med kuperad terräng i övrigt. [9].

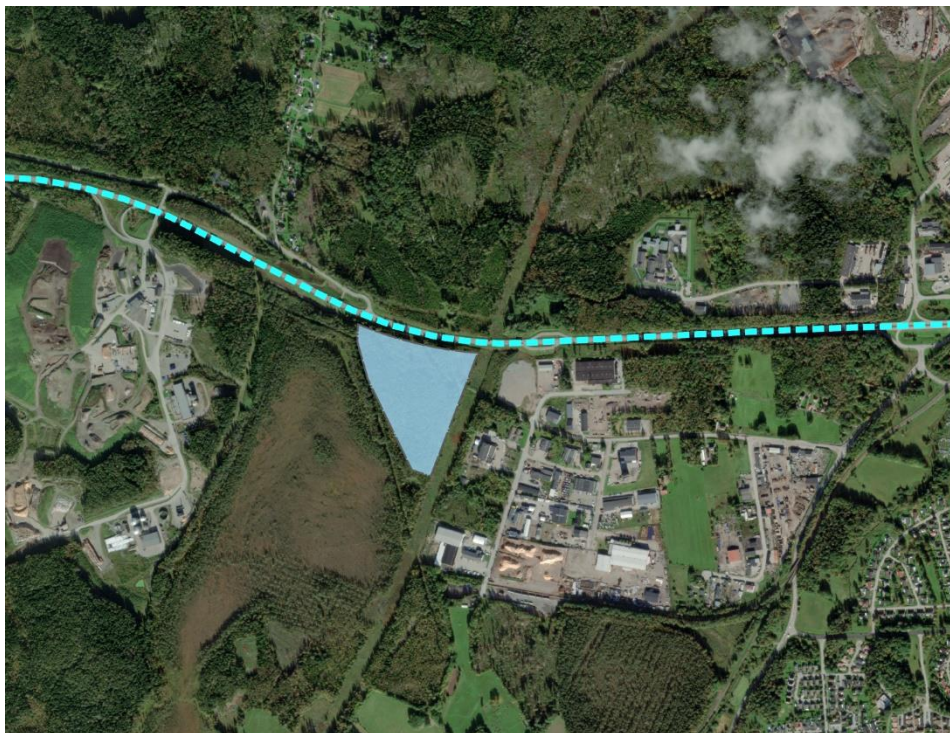
4.1 Skyddsvärda objekt

I denna utredning utgörs skyddsvärda objekt av samtliga personer som vistas inom planerad markanvändning inom planområdet, både i och utanför byggnader. Dessa ska skyddas så att de inte utsätts för oacceptabla risker på grund av omkringliggande riskobjekt.

Eftersom detaljplanen i sin helhet utgörs av tillkommande bebyggelse, förväntas utförandet av den innebära en stor ökning av antal personer inom det studerade området. Detaljplanen medger däremot inte annan bebyggelse än verksamheter och industri, så tillkommande personbelastning utgörs uteslutande av vakna personer som förväntas ha goda möjligheter att inse fara och påverka sin säkerhet vid eventuell olycka. Sovande personer förväntas däremot förekomma bland de fria bostadshus som hamnar inom områdets nordvästra del. Samtliga av dessa bostäder ligger dock på större avstånd än 150 meter från vägkant och förväntas ha liten inverkan på samhällsrisk.

4.2 Riskobjekt

Längst planområdets norra del är väg E18 belägen, som utgör primär transportled för farligt gods. I Figur 4-4 visas E18 i turkosblå streckad linje.



Figur 4-4. Riskobjektet E18 illustreras i turkosblå streckad linje med planområdets yta i ljusblått.

4.2.1 Väg E18

Kristinehamnsvägen löper västerut ut ur Karlskoga, från stadens centrala delar. Vägen är placerad norr om aktuellt planområde, med två filer i körriktning mot Karlskoga (körfilerna närmst planområdet) och en fil i körriktning västerut, där vägens körriktningar separeras av vajerräcke längst hela den studerade sträckan. Hastighetsbegränsningen är 100 km/h i bägge körriktningarna och avåkningsskydd finns mot planområdet de sista cirka 100 metrarna i öst.

5 Riskinventering

Nedan presenteras aktuella olyckstyper som kan komma att påverka planområdet.

5.1 Olycka med farligt gods

Gods som har potential att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka under transport går under begreppet farligt gods. Farligt gods som transporteras på väg kategoriseras i ADR -klasser, som beskriver godsets egenskaper och risker⁷:

- Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål
 - Klass 1.1 – Ämnen och föremål som har en risk för massexplosion
 - Klass 1.2 – Ämnen och föremål som har en risk för splitter men inte en risk för massexplosion
 - Klass 1.3 – Ämnen och artiklar med risk för brand och antingen en mindre risk för explosion eller en mindre risk för splitter, eller båda, men inte en risk för massexplosion
 - Klass 1.4 – Ämnen och föremål som endast utgör en liten risk för explosion vid antändning eller initiering under transport
 - Klass 1.5 – Mycket okänsliga ämnen med risk för massexplosion som är så okänsliga att det finns mycket liten sannolikhet för initiering eller övergång från brand till detonation under normala transportförhållanden
 - Klass 1.6 – Extremt okänsliga föremål som inte har någon risk för massexplosion
- Klass 2 – Gaser
 - Klass 2.1 – Brandfarliga gaser
 - Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser
 - Klass 2.3 – Giftiga gaser
- Klass 3 – Brandfarliga vätskor
- Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen
 - Klass 4.1 – Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen
 - Klass 4.2 – Självantändande ämnen
 - Klass 4.3 – Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten
- Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider
 - Klass 5.1 – Oxiderande ämnen
 - Klass 5.2 – Organiska peroxider
- Klass 6 – Giftiga och smittsamma ämnen
 - Klass 6.1 – Giftiga ämnen
 - Klass 6.2 – Smittsamma ämnen
- Klass 7 – Radioaktiva ämnen
- Klass 8 – Frätande ämnen
- Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål

Utifrån lastbilsstatistik från myndigheten Trafikanalys [10] för perioden mellan 2014 och 2023, kan konstateras att "Klass 3 – Brandfarliga vätskor" är den absolut vanligaste klassen som förekommer på svenska vägar och utgör ungefär hälften av alla transporter med farligt gods. Därefter följer "Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser" och "Klass 8 – Frätande ämnen". Övriga klasser är mindre vanligt förekommande.

⁷ I lagen (2006:263) om transport av farligt gods och tillhörande förordning regleras aspekter kopplat till förberedelse inför och utförande av transporter av farligt gods med syftet att förebygga, hindra och begränsa att transporter av farligt gods eller obehörigt förfarande med godset orsakar skador på liv, hälsa, miljö eller egendom. Dessa aspekter berörs inte i denna utredning.

På transportled E18 förväntas transporter av farligt gods i samtliga klasser. Hur stor andel som respektive klass förväntas utgöra av det totala antalet godstransporter på den aktuella delen av vägen beskrivs i avsnitt 6.

Händelseförloppet vid en olycka med farligt gods beror på vilken klass av farligt gods som är inblandat i den aktuella olyckan. Följande delkapitel beskriver hur de olika klasserna av farligt gods kan komma att påverka det aktuella planområdet vid en olycka. Olycksscenarier som förväntas påverka planområdet beaktas i beräkningarna.

5.1.1 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

Explosiva ämnen och föremål innehåller stora mängder energi som kan orsaka en explosion om energin släpps fri. Explosiva ämnen och föremål delas in i sex underklasser, och det är primärt "Underklass 1.1 – Ämnen och föremål med risk för massexlosion" som har ett konsekvensområde som är så pass utbredd att det bedöms kunna medföra påverkan på människor som befinner utanför olycksplatsens närområde.

Varor som tillhör Underklass 1.1 motsvarar varor där i princip hela lasten påverkas samtidigt vid en explosion. Risk för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor eller vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna på människor vid en explosion orsakas främst av explosionens tryckvågsutredning, där påverkan kan vara både direkt och indirekt. Indirekt påverkan handlar om att en explosion kan leda till att byggnader kollapsar, vilket i sin tur kan döda personer som befinner sig i byggnaderna. Eftersom konsekvensområdet vid en olycka med explosiva ämnen och föremål kan bli mycket stort inkluderas scenarier för sådana olyckor i riskanalysen.

5.1.2 Klass 2 – Gaser

Klass 2 delas in i tre underklasser: brandfarliga gaser, icke brandfarliga och icke giftiga gaser, och giftiga gaser.

5.1.2.1 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Brandfarliga gaser kan vid rumstemperatur bilda en antändbar gasblandning med luft. Exempel på brandfarlig gas är propan (gasol) som utgör en stor andel av transporterna med brandfarlig gas.

Vid en olycka där brandfarlig gas antänds kan konsekvenserna sträcka sig långt från olycksplatsen. Därför inkluderas denna typ av olyckor i riskanalysen. En olycka med brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- jetbrand
- gasmolnsbrand och gasmolnsexlosion
- BLEVE (boiling liquid expanding vapor explosion).

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas, som strömmar ut genom ett hål i en tank, antänds och bildar en jetflamma. Flammans längd påverkas bland annat av hålets storlek och behållarens tryck [11]. En jetbrand kan orsaka skador på människor genom värmestrålning.

Gasmolnsbrand och gasmolnsexlosion

Om brännbar gas som läcker ur en tank inte antänds omedelbart kan det uppstå ett brännbart gasmoln. Antändning av det brännbara gasmolnet kan leda till en gasmolnsbrand och i vissa fall gasmolnsexlosion. Enbart gasmolnsbrand är det vanligaste utfallet och kännetecknas av en lägre förbränningshastighet som inte genererar någon tryckvåg. En gasmolnsbrand kan orsaka skador på människor genom värmestrålning.

Vid en gasmolnsexlosion har delar av eller hela gasmolnet förutsättningar för att förbränningshastigheten ska bli så hög att en tryckvåg genereras. Explosionen blir i de allra

flesta fallen av typen deflagration, vilket betyder att flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg jämfört med en detonation. För att en gasmolnsexplosion ska kunna uppstå krävs rätt blandningsförhållande mellan den brännbara gasen och luft. I de flesta fall krävs även att antändning sker i en miljö med många hinder, eller i ett delvis slutet utrymme, som resulterar i en mer turbulent förbränning. En gasmolnsexplosion kan orsaka skador på människor genom värmestrålning och övertryck från tryckvågen.

BLEVE

BLEVE kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas påverkas utifrån av en brand, exempelvis om ett läckage från en närliggande tank antänds. Värmestrålningen från branden gör att temperaturen i tanken höjs och den kondenserade gasen börjar förångas. Förångningen leder till en tryckökning i tanken som till slut rämnar. Innehållet i tanken övergår då helt i gasfas, expanderar och antänds av den yttre branden. Vid antändningen bildas ett eldklot med stor diameter som avger en intensiv värmestrålning och tryckvåg som kan skada människor.

5.1.2.2 Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser

Ämnen i Klass 2.2 är varken brandfarliga eller giftiga och olyckor med dessa gaser påverkar inte människor som vistas i närheten. Ämnen i Klass 2.2 beaktas därmed inte i riskanalysen.

5.1.2.3 Klass 2.3 – Giftiga gaser

Giftiga gaser kan ha en toxisk effekt på människor. Exempel på giftiga gaser är ammoniak, klor och svaveldioxid.

Vid en olycka med läckage av giftig gas kan ett moln av giftig gas spridas och orsaka allvarliga skador eller dödsfall bland människor hundratals meter från olycksplatsen. Olyckor med giftiga gaser inkluderas därför i riskanalysen. Spridningen är beroende av vindriktning och vindstyrka.

Två giftiga gaser som vanligtvis inkluderas i riskutredningar är ammoniak och klor. Både ammoniak och klor transporteras tryckkondenserade, vilket innebär att det vid läckage sker en kraftig förångning av gasen. Båda gaserna är mycket giftiga och kan vara livsfarliga vid inandning.

Ammoniak

När ammoniak förångas till gas och bildar ett gasmoln finns det kvar små droppar eller aerosoler av vätskeformig ammoniak i gasmolnet. Därför uppträder gasmolnet inledningsvis som en tung gas. I stället för att spridas uppåt, som gasmoln av lätta gaser vanligtvis gör, så sprids gasen inledningsvis i sidled längs marken. När luft blandas in efter hand och de sista dropparna av ammoniak också blir till gas så sjunker gasmolnets densitet och gasmolnet med ammoniak sprids även i höjdlid. Beroende på hur mycket gas som läcker ut så kan riskområdet vara allt från några hundra meter upp till några kilometer.

Klor

Klor är en tung gas och sprids därför främst i sidled längs marken. När mer luft har blandats in i gasmolnet så kan den även spridas i höjdlid. Eftersom klor är giftigare än ammoniak så kan riskområdet bli ännu större än för ammoniak och sträcka sig över en mil.

5.1.3 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor har en flampunkt på högst 100 °C. Exempel på brandfarliga vätskor är bensin, eldningsolja, alkoholer och många lösningsmedel.

En möjlig olycka med brandfarlig vätska är ett läckage som antänds. Beroende på den brandfarliga vätskans egenskaper kan antändningen ske antingen i form av direkt antändning vilket medför pölbrand, eller fördröjd antändning av förångad vätska vilket medför gasmolnsbrand och potentiell gasmolnsexplosion. En pölbrand kan påverka människor direkt genom strålning eller genom giftiga brandgaser. Vid en gasmolnsexplosion kan människor utöver detta även påverkas av explosionsövertryck. Värmestrålningen som avges kan också orsaka en större brand i en byggnad där människor befinner sig. Värmestrålningen kan påverka människor inom ett avstånd i storleksordningen tiotals meter från olycksplatsen. Avståndet beror på typen och mängden vätska som läcker ut. Eftersom pölbränder kan orsaka konsekvenser utanför olycksplatsen inkluderas denna typ av olycka i riskanalysen.

5.1.4 Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen

Brandfarliga fasta ämnen är bland annat tändstickor och metallpulver, självantändande ämnen (till exempel kol och fiskmjöl), samt ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten.

Vid en olycka kan brandfarliga fasta ämnen antändas. Konsekvenserna orsakas av strålning och giftig rök från branden. Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen eller endast mycket begränsad spridning i samband med en olycka. Detta innebär att konsekvenserna begränsas till olycksplatsens direkta närområde. Därför inkluderas inte olyckor med brandfarliga fasta ämnen i riskanalysen.

5.1.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Klass 5 delas in i två underklasser: oxiderande ämnen och organiska peroxider.

5.1.5.1 Klass 5.1 – Oxiderande ämnen

Oxiderande ämnen är inte nödvändigtvis brännbara i sig själva men kan orsaka eller bidra till förbränning av andra ämnen. Exempel på oxiderande ämnen är väteperoxid, natriumklorat och ammoniumnitrat.

Vid en olycka med oxiderande ämnen som utsätts för en brand kommer brandens intensitet att öka, med risk för ett explosionsartat brandförlopp. Dessutom sönderfaller vissa oxiderande ämnen våldsamt vid upphettning, och om de kommer i kontakt med brännbara vätskor eller annat brännbart material så kan de avge mycket värme. Värmen som avges kan lätt orsaka antändning som ibland blir explosionsartad [12]. Konsekvenserna av denna typ av olyckor liknar konsekvenserna från pölbränder och explosioner; de kan orsaka allvarliga konsekvenser på avstånd som sträcker sig bortom olycksplatsen. Olyckor med oxiderande ämnen inkluderas därför i riskanalysen.

5.1.5.2 Klass 5.2 – Organiska peroxider

Organiska peroxider är instabila ämnen som kan reagera spontant och ge kraftig värmeutveckling. Exempel på organiska peroxider är bensoylperoxid och perättiksyra.

Vid en olycka med organiska peroxider kan ämnet reagera spontant och avge värme (exotermt sönderfall). Detta sönderfall kan orsakas av värme, kontakt med föroreningar, friktion eller stötar och kan inträffa vid en trafikolycka. Sönderfallshastigheten ökar med temperaturen och för flera ämnen kan sönderfallet börja redan under rumstemperatur. Det behöver alltså inte brinna för att sönderfallet ska börja. Sönderfallet kan ske explosionsartat och om ämnet börjar brinna kan branden bli mycket kraftig [13]. Konsekvenserna av denna typ av olyckor liknar konsekvenserna från pölbränder och explosioner; de kan orsaka allvarliga konsekvenser på avstånd som sträcker sig bortom olycksplatsen. Olyckor med oxiderande ämnen inkluderas därför i riskanalysen.

5.1.6 Klass 6 – Giftiga ämnen och smittsamma ämnen

Klass 6 delas in i två underklasser: giftiga ämnen och smittsamma ämnen.

5.1.6.1 Klass 6.1 – Giftiga ämnen

Giftiga ämnen kan i små mängder och med kort exponering orsaka skador eller dödsfall bland människor vid inandning, absorption eller förtäring. Exempel på giftiga ämnen är arsenik, kloroform och cyanid.

Det krävs fysisk kontakt med ämnena för att bli skadad och vid en olycka med giftiga ämnen begränsas därmed konsekvensområdet ofta till olycksplatsens absoluta närhet. Därför inkluderas giftiga ämnen inte i riskanalysen.

5.1.6.2 Klass 6.2 – Smittsamma ämnen

Smittsamma ämnen innehåller mikroorganismer (patogener) som kan orsaka sjukdom, bestående skada eller dödsfall. Exempel på smittsamma ämnen är biologiska produkter, kulturer, medicinskt och kliniskt avfall.

Det krävs fysisk kontakt med ämnena för att bli skadad och vid en olycka med smittsamma ämnen begränsas därmed konsekvensområdet ofta till olycksplatsens absoluta närhet. Därför inkluderas smittsamma ämnen inte i riskanalysen.

5.1.7 Klass 7 – Radioaktiva ämnen

Radioaktiva ämnen innehåller atomer med instabil kärna som sönderfaller och avger radioaktiv strålning. Radioaktivt material innehåller radioaktiva ämnen och exempel på detta är densitetsmätare, produkter för utarmat uran och brandsläckningssystem [14].

Konsekvenserna av olyckor med radioaktiva ämnen är oftast väldigt begränsade till olycksplatsens närområde. Men om stora mängder transporteras kan konsekvenserna bli större. Det kan till exempel vara vid transport av kärnavfall. Transporter av radioaktiva ämnen omgärdas av stor säkerhet och flera försiktighetsåtgärder. Därför bedöms sannolikheten för en olycka med radioaktiva ämnen vara mycket låg. Olyckor med radioaktiva ämnen inkluderas därmed inte i riskanalysen.

5.1.8 Klass 8 – Frätande ämnen

Frätande ämnen orsakar bestående skador på huden. Exempel på frätande ämnen är formaldehyd, saltsyra, jod, metakrylsyra, salpetersyra och svavelsyra [15]. Frätande ämnen kan till exempel finnas i batterier.

Det krävs fysisk kontakt med ämnena för att bli skadad och vid en olycka med frätande ämnen begränsas därmed konsekvensområdet ofta till olycksplatsens absoluta närhet. Därför inkluderas frätande ämnen inte i riskanalysen.

5.1.9 Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål

I klassen "Övriga farliga ämnen och föremål" finns ämnen och föremål som utgör fara men som inte omfattas av övriga klasser. Det kan exempelvis handla om miljöfarliga ämnen, fint damm som är farligt att andas in (till exempel asbest), livräddningsutrustning som innehåller farligt ämne eller är självupplåsand och litiumbatterier [16].

I samband med en olycka förväntas ingen spridning av de farliga ämnena och föremålen. Konsekvenserna begränsas till olycksplatsens närområde och beaktas därmed inte i denna typ av ämnen och föremål i riskanalysen.

5.2 Sammanfattning av aktuella olyckstyper

Utifrån riskinventeringen beaktas följande olyckstyper i riskanalysen:

- Olycka med farligt gods
 - Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål
 - Massexlosion
 - Klass 2.1 – Brandfarlig gas
 - Jetbrand
 - Gasmolnsbrand och gasmolnsexlosion
 - BLEVE
 - Klass 2.3 – Giftig gas
 - Spridning av giftig gas
 - Klass 3 – Brandfarlig vätska
 - Pölbrand
 - Gasmolnsbrand och gasmolnsexlosion
 - Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider
 - Pölbrand
 - Massexlosion

I beräkningsbilagan redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för ovanstående olyckstyper.

6 Riskanalys

Detta avsnitt presenterar resultatet från riskanalysen för år 2050. I efterföljande kapitel jämförs resultatet med kriterier för riskvärdering. För detaljer med avseende på beräkningsmetodik hänvisas till riskutredningens beräkningsbilaga.

6.1 Förutsättningar för beräkningar

Individ- och samhällsrisk beräknas med hjälp av datorprogrammet Riskcurves. För beräkningarna behövs olika indata, till exempel väderförhållanden, personbelastning, och frekvens för olika olycksscenarier. För att ta fram frekvensen för olika olycksscenarier behövs bland annat indata för trafikmängd och fördelning av farligt gods. I Riskcurves behövs även parametrar som beskriver omgivningen. För omgivningsparametrarna finns olika standardvärden i Riskcurves som används i denna riskutredning.

Detta avsnitt redovisar översiktligt viktiga indataparametrar och vilka antaganden som har gjorts. En mer detaljerad beskrivning av samtliga indata och antaganden finns i beräkningsbilagan. I beräkningsbilagan redovisas även hur frekvens- och konsekvensberäkningarna görs.

6.1.1 Väderförhållanden

Väderförhållanden i form av vindriktning, vindhastighet och stabilitetsklass påverkar hur långt och i vilken riktning ett gasmoln sprids och hur snabbt det späds ut. I beräkningarna representeras de förväntade väderscenarierna av tre kombinationer av vindhastighet och stabilitetsklass samt tolv vindriktningar. Dessa parametrar kombineras systematiskt och skapar ett antal väderscenarier. Hur vanligt förekommande varje scenario är beräknas utifrån statistik för historisk vindhastighet, vindriktning och stabilitetsklasser. Statistiken är hämtad från mätstation Kilsbergen-Suttarboda A som är den aktiva väderstation som ligger närmast planområdet.

Prognoser av det framtida klimatet ger inga tydliga indikationer på hur vinden kommer att påverkas av klimatförändringarna och det kan inte påvisas att de senaste svåra stormarna i Sverige beror på den globala uppvärmningen [17]. Därmed bedöms historisk statistik avseende väderförhållanden vara representativa även för framtiden.

6.1.2 Personbelastning

För att beräkna samhällsrisk behöver det uppskattas hur många människor som vistas inom det område där det finns risk att omkomma av en olycka med farligt gods på väg E18. Området behöver vara tillräckligt stort i förhållande till den potentiella utbredningen av konsekvenser för olyckorna som studeras. Om området är för litet så kommer risken att underskattas. Utifrån den praxis som har etablerats i denna typ av riskutredningar används ett kvadratisk område som är en kvadratkilometer stort och det antal människor som förväntas befinna sig i detta område. Planområdet placeras i centrum av detta större område.

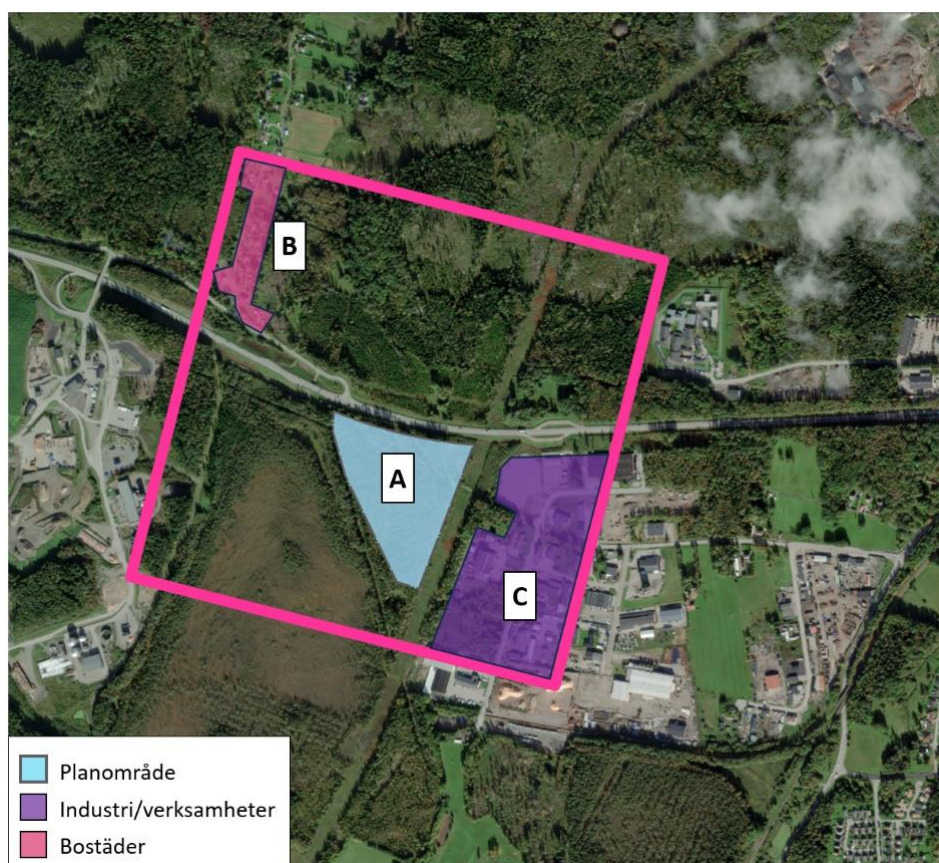
Personbelastningen uppskattas utifrån fastställda detaljplaner och planerad bebyggelse inom aktuellt planområde samt schablonvärden för olika typer av markanvändning. I beräkningsprogrammet Riskcurves placeras befolkningen ut i så kallade befolkningspolygoner, se Figur 6-1. Enbart områden där människor förväntas vistas stadigvarande⁸ inkluderas. För befolkningen inom varje befolkningspolygon ansätts värden

⁸ I risksammanhang definieras "stadigvarande vistelse" ofta som en typ av markanvändning där människor uppmuntras till att befinna sig mer än bara en kort stund. Denna definition används också i denna rapport. Länsstyrelsen Skåne ger följande exempel på markanvändning som *inte* uppmuntrar till stadigvarande vistelse: parkering (P), trafik (T), odling (L), friluftsområde (t.ex. motionsspår) (N) och tekniska anläggningar (E) [22]. Stadigvarande vistelse ska alltså inte ses som ett motsatsbegrepp till markanvändningen "tillfällig vistelse" (O) som avser exempelvis tillfällig övernattning och konferensanläggningar.

för ett antal parametrar, för att beskriva hur ofta det förväntas att människorna vistas inom området. Dessa parametrar innefattar:

- antalet personer i området under dagtid respektive nattetid
- andel personer inomhus under dagtid respektive nattetid
- nyttjandegrad (hur många dagar per år ett visst område används).

Utöver planområdet beaktas två områden i anslutning till planområdet som ingår i det kvadratiske området, se Figur 6-1 som representerar utvecklingsalternativet. I Tabell 6-1 specificeras nuvarande markanvändning av planområdet och användning enligt ny detaljplan.



Figur 6-1. Indelning av område utifrån markanvändning för utvecklingsalternativet.

Tabell 6-1. Specificering av nuvarande användning av aktuellt område och användning enligt ny detaljplan.

Område	Markanvändning		Kommentar om personbelastning
	Nuvarande	utvecklingsalternativ	
A	(Obebyggd)	Industri/verksamheter	Beräknas i enlighet med detaljplanens maximala nyttjandegrad, 60 % av fastighetsarean, som ger en maximal byggnadsarea på 37 600 m ² . Samtliga byggnader antas vara i två plan ⁹ och användbara ytor utgör 80% av total BTA. Personintensitet för de användbara ytorna är 0,01 personer/m ² [18].
B	Bostäder	Bostäder	Personbelastningen baseras på statistik för området från SCB
C	Industri/verksamheter	Industri/verksamheter	Uppskattas utifrån "Green Book" - industriområde med medelhög persontäthet.

⁹ Enligt överenskommelse med Karlskoga kommun

6.1.3 Trafikmängd

Trafikmängden påverkar hur ofta olyckor förväntas inträffa (frekvensen) och påverkar både individ- och samhällsrisk.

Trafikdata har hämtats för år 2023, men i beräkningarna används prognostiserade trafikuppgifter för år 2050 för den aktuella vägsträckan. De trafikmängder som används i beräkningarna presenteras i Tabell 6-2. Trafikmängden avser transporter för respektive körriktning på vägen och uttrycks som årsdygnstrafik. Årsdygnstrafik är ett mått på det genomsnittliga trafikflödet per dygn, baserat på antalet fordon per dygn under ett helt år. Årsdygnstrafik för både total trafik och tung trafik används i beräkningarna. Uppgifterna hämtas från Trafikverkets vägtrafikflödeskarta [19] och för att beräkna den förväntade årsdygnstrafiken för år 2050 tillämpas Trafikverkets trafikutvecklingstal [20].

Myndigheten Trafikanalys presenterar statistik för ett antal olika parametrar som kan användas för att beräkna hur stor andel av alla godstransporter som utgörs av farligt gods, däribland totalt antal körda kilometer, antal transporter, transportarbete och transporterad godsmängd. Av dessa bedöms antal körda kilometer vara mest relevant för att uppskatta hur stor andel av förbikörande godstransporter som utgörs av farligt gods. Av alla inrikes godstransporter utgjorde farligt gods, mellan år 2014 och 2023, i snitt 2,5 procent av totalt antal körda kilometer tung trafik på väg. Eftersom antalet transporter av farligt gods kan variera i stor utsträckning mellan olika vägar behöver det tas höjd för att andelen farligt gods kan vara högre på den aktuella vägsträckan jämfört med det nationella snittet. I beräkningarna utgås det därför från att andelen farligt gods på den aktuella vägsträckan är 50 procent större än det nationella snittet för perioden mellan 2014 och 2023. Detta innebär att antalet farligt godstransporter antas utgöra 3,7 procent av antalet godstransporter som passerar förbi området.

Tabell 6-2. Årsdygnstrafik för olika trafikslag för väg E18 från 2023, men uppräknade för prognostisera år 2050.

Trafiktyp	Årsdygnstrafik	
	Körriktning öst	Körriktning väst
Total trafik	8 150	7 195
Tung trafik	928	882
Farligt gods	35	33

6.1.4 Fördelning av farligt gods

För att kunna beräkna individ- och samhällsrisk för olika typer av farligt gods-olyckor behövs frekvensen för olycka med respektive klass av farligt gods. Detta beräknas bland annat utifrån förväntad fördelning mellan ADR -klasserna.

I frekvensberäkningarna för trafikolycka på väg utgås det från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys [10]. I statistiken anges hur stor andel som respektive klass utgör av totalt transportarbete, total godsmängd, totalt antal transporter och totalt antal körda kilometer av samtliga inrikes godstransporter. Av dessa parametrar bedöms antal körda kilometer vara mest relevant för att uppskatta hur stor andel av förbikörande godstransporter som utgörs av de olika klasserna. I Tabell 6-3 redovisas en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2014 och 2023, som används i beräkningarna.

Tabell 6-3. Fördelning av farligt gods i olika ADR-klasser på väg. Fördelningen är baserad på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys för antal körda kilometer med godstransporter år 2014–2023.

Klass	Fördelning [%]
1	0,63
2.1	7,42
2.2	23,86
2.3	0,10
3	42,02
4	2,28
5	3,40
6	4,39
7	0,11
8	12,11
9	3,70
Totalt	100

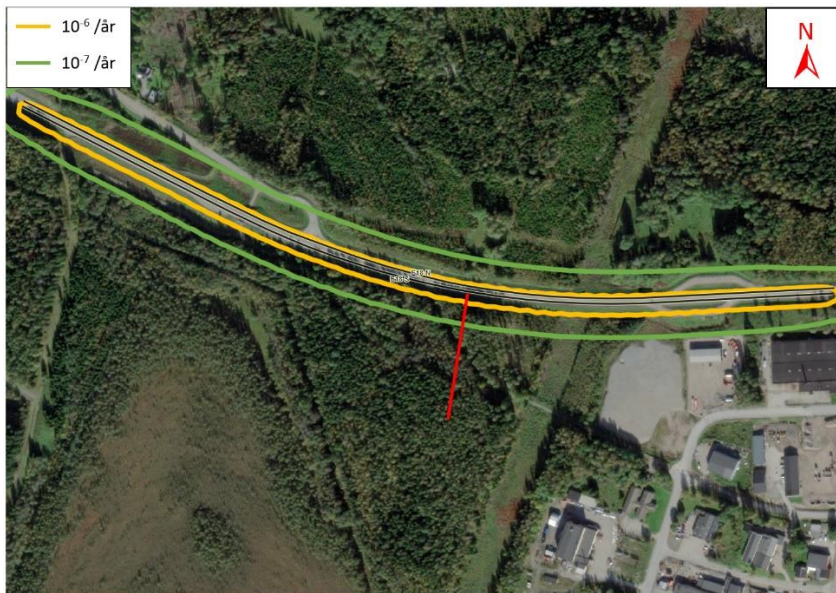
6.1.5 Frekvens för olycka med farligt gods

Frekvensen för olycka med farligt gods på väg beräknas i enlighet med den så kallade VTI-metoden som presenteras i *Farligt gods – Riskbedömning vid transport* av före detta Räddningsverket [21]. Metoden analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden och tar hänsyn till bland annat hastighetsgräns och vägtyp. Frekvensen för en trafikolycka på väg E18 som involverar ett farligt gods-fordon är i riktning österut (södra körfälten) $8,35E-3$ vilket motsvarar en återkomsttid på 120 år.

Att det sker en olycka som involverar farligt gods betyder dock inte nödvändigtvis att det farliga godset sprids utanför tanken och medför allvarliga konsekvenser för omgivningen, exempelvis i form av pölbrand eller explosion. Frekvensen för sådana olycksscenarioer beror dels på fördelningen av de olika farligt gods-klasserna i enlighet med avsnitt 6.1.4, dels på sannolikheten för en rad händelser, exempelvis läckage och antändning. Sannolikheter för sådana händelser, och frekvenser för varje specifikt olycksscenario, redovisas i beräkningsbilagan.

6.2 Individrisk

Nedan presenteras riskanalysens resultat med avseende på individrisk. Se Figur 6-2 nedan för individrisk kopplat till aktuellt riskobjekt.

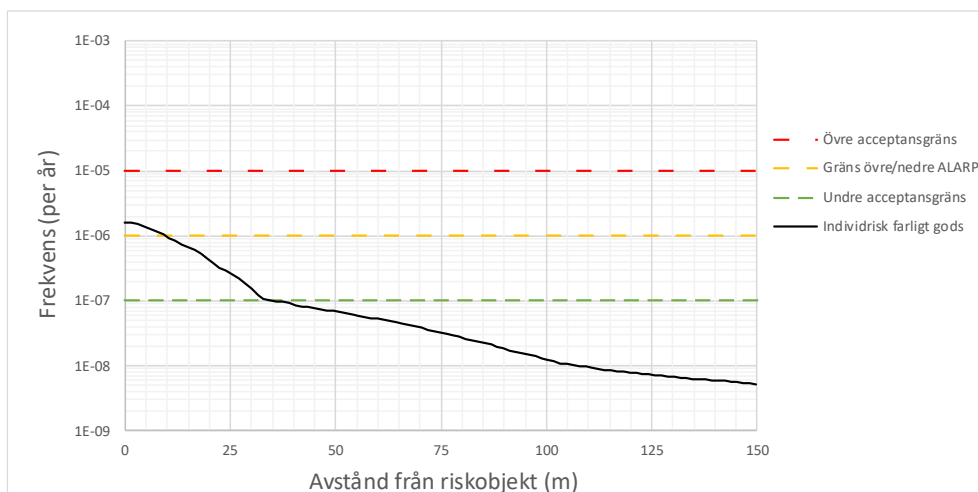


Figur 6-2. Individrisk från transport av farligt gods på den studerade vägsträckan. Gul konturkurva motsvarar individrisknivån 10^{-6} /år och grön konturkurva motsvarar 10^{-7} /år. Den röda linjen visar den sträcka längst vilken individrisk i Figur 6-3 är hämtad.

Individrisk vid olika avstånd från vägen påverkas bland annat av hur vanliga olika vindriktningar är. Därför kan risknivån vara olika på olika sidor om vägen trots att avståndet är detsamma. I Figur 6-3 presenteras individrisk för den sida av vägen som vetter mot planområdet, analyserad längst den 150 meter långa sträckan markerad med röd linje i Figur 6-2, med start vid vägen.

Följande resultat för individrisk av olycka med farlig gods, med avseende på avstånd från transportled E18 till risknivåer, kan utläsas ur Figur 6-3:

- Oacceptabel individrisk förekommer inte på något avstånd från väg E18.
- Individrisk i övre ALARP-området förekommer på avstånd kortare än ca 10 meter från väg E18.
- Risk inom nedre ALARP-området förekommer på avstånd kortare än ca 35 meter från väg E18.
- Risken är tolerabel på avstånd längre än ca 35 meter från väg E18.



Figur 6-3. Individrisk på olika avstånd från väg E18, mätt längst den röda linjen i Figur 6-2.

För att få en förståelse för hur riskerna bör hanteras på olika avstånd från vägen studeras olika typer av olyckors inverkan på individrisken. I Tabell 6-4 delas samtliga olyckor in i tre kategorier beroende på deras konsekvenser: brand, explosion och toxisk, där deras procentuella bidrag till den totala individrisken anges på två olika avstånd från E18: 20 meter (vilket motsvarar det kortaste avstånd där bebyggelse önskas inom detaljplanen) samt 35 meter (vilket motsvarar det avstånd på vilket individrisken är acceptabel, alltså lägre än den undre acceptansgränsen).

För den bebyggelse där individrisken ligger över under acceptansgräns, 20-35 meter från vägkant, visar det sig att brand utgör det absolut största bidraget till individrisken och ca en femtedel utgörs av toxiska och explosionsrisker.

Tabell 6-4. Bidrag till individrisken uppdelat i tre underkategorier på två olika avstånd från järnvägen, 20 m och 35 m.

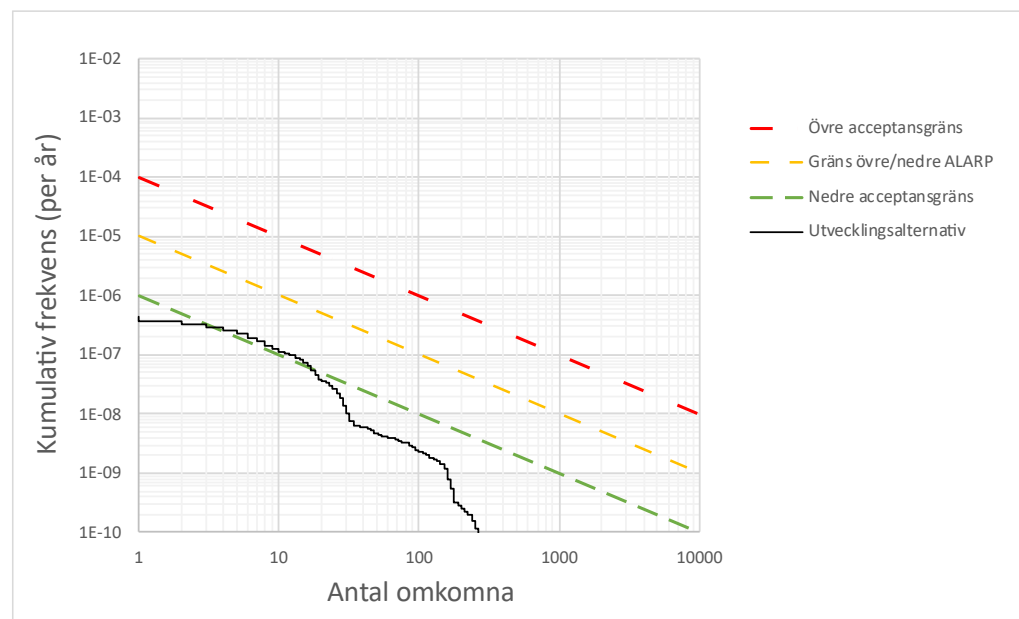
Bidrag till individrisken		
Olyckskategori	Avstånd från vägkant	
	20 m	35 m
Brand	85 %	80 %
Explosion	10 %	11 %
Toxisk	6 %	9 %

6.3 Samhällsrisk

Nedan presenteras riskanalysens resultat med avseende på samhällsrisk.

Figur 6-4 visar samhällsrisk från olyckor på väg E18 i form av F/N-kurvor för utvecklingsalternativet. Följande resultat för samhällsrisk för utvecklingsalternativet kan utläsas ur Figur 6-4.

- Oacceptabel samhällsrisk förekommer inte.
- Samhällsrisk inom övre ALARP-området förekommer inte.
- Samhällsrisk ligger innanför det nedre ALARP-området, precis över den nedre acceptansgränsen, för scenarier där 4 till 17 personer förväntas omkomma.
- Samhällsrisk är tolerabel för samtliga scenarier där fler än 17 personer förväntas omkomma.



Figur 6-4. Samhällsrisk för olyckor med farligt gods.

7 Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys

En riskanalys är alltid förknippad med osäkerheter eftersom det handlar om analyser av olyckor som skulle kunna inträffa i framtiden. Det är omöjligt att med säkerhet veta vad som kommer hända, hur ofta det kommer ske och vilka konsekvenserna kommer bli.

Generellt delas osäkerhet upp i två typer av osäkerhet: kunskapsosäkerhet och slumpmässig osäkerhet. Kunskapsosäkerhet handlar om att det saknas information om exempelvis antal transporter av farligt gods. Denna osäkerhet kan i teorin minska om ytterligare information samlas in. Slumpmässig osäkerhet går däremot inte att minska och beror på att vissa saker varierar naturligt, till exempel vindhastighet och åt vilket håll det blåser. Denna riskutredning innehåller betydande osäkerheter av båda sorter men framför allt kunskapsosäkerhet.

För att kunna säga något om dessa osäkerheter används två analyser: osäkerhets- och känslighetsanalys.

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa hur mycket osäkerhet det finns i riskanalysens resultat. Med hjälp av en kvantitativ osäkerhetsanalys kan man till exempel presentera risken som ett intervall i stället för en enda siffra. I denna utredning görs dock en kvalitativ osäkerhetsanalys. I stället för att beräkna ett intervall diskuteras vilka val som har gjorts kring osäkra parametrar och hur konservativa antaganden används i beräkningarna för att ta höjd för osäkerheter i riskanalysen. Det innebär att resultatet hamnar i den del av intervallet som innebär högst risk. Känslighetsanalysen fokuserar på beräkningsmodellerna och hur stor skillnad det hade kunnat bli i riskanalysens resultat om annan indata eller andra beräkningsmodeller hade använts.

7.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. I denna riskutrednings känslighetsanalys undersöks hur känsliga resultaten är för variation i fyra parametrar:

- antal transporter av farligt gods
- fördelning av farligt gods
- personbelastning
- konsekvenser till följd av olycksscenarierna.

7.1.1 Antal transporter av farligt gods

I modellerna som används finns ett linjärt samband mellan risknivån och antalet transporter av farligt gods. Detta innebär att en procentuell förändring av antalet transporter av farligt gods ger motsvarande procentuell förändring av risknivån. Exempelvis medför en ökning av antalet transporter av farligt gods med tio procent att olycksfrekvensen, och därmed individrisken och samhällsrisken, ökar med tio procent.

Genom att förändra andelen farligt gods av total mängd tung trafik förändras risknivån på motsvarande sätt som om antalet transporter ökar, eftersom en ökning av andelen farligt gods innebär en motsvarande ökning i antalet transporter med farligt gods.

7.1.2 Fördelning av farligt gods

Vad gäller fördelningen mellan klasser av farligt gods är sambandet inte lika tydligt, eftersom de olika farligt gods-klasserna medför olika typer av konsekvenser med olika konsekvensavstånd. Generellt kan sägas att en ökning av andelen av en enskild klass av farligt gods innebär en ökning av individrisken på samtliga avstånd inom de konsekvensavstånd som relateras till den specifika klassen av farligt gods. Detta innebär att en ökning av andelen klasser som endast medför korta konsekvensavstånd, exempelvis brandfarlig vätska, också endast höjer individrisken på korta avstånd. Om fördelningen

förändras så att andelen av en klass av farligt gods med konsekvenser för omgivningen görs på bekostnad av en annan sådan klass kan individrisken på olika avstånd antingen öka eller minska beroende på de olika klassernas möjliga konsekvenser.

Hur samhällsriskerna påverkas av att fördelningen av farligt gods förändras är dessutom förknippat med hur befolkningen är fördelad inom området. Om en stor andel av befolkningen vistas på korta avstånd från transportleden kan det förväntas att en ökning av andelen brandfarlig vätska bidrar till en ökad samhällsrisk. Vistas inga människor på korta avstånd från transportleden kommer motsvarande ökning av andelen brandfarlig vätska inte medföra en högre samhällsrisk.

7.1.3 Personbelastning

Personbelastningen i planområdet påverkar samhällsriskerna men inte individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i personbelastning och påverkan på samhällsrisknivån. En allmän ökning av personbelastningen ger en allmän ökning av samhällsriskerna men det är svårt att ange exakt hur ökningen sker. Klart är dock att en ökning i personbelastning ökar potentialen för större skadeutfall och sannolikheten för att personer omkommer.

Samhällsriskerna beror, utöver storleken på personbelastningen, även på var personerna befinner sig i förhållande till riskobjektet, och alltså var personerna placeras geografiskt i beräkningsmodellerna. Även här är det svårt att ange ett enkelt samband, men generellt gäller att ju fler människor som befinner sig nära ett riskobjekt, desto större blir samhällsriskerna, både vad gäller potential för fler antal omkomna och frekvensen för olika scenarier där människor omkommer.

7.1.4 Konsekvenser till följd av olycksscenarierna

Individ- och samhällsriskernas känslighet för variationer i konsekvenserna till följd av de analyserade olycksscenarierna bedöms som relativt stor. Till exempel leder ett större konsekvensområde för ett scenario till att människor inom ett större område kan omkomma. Detta innebär i sin tur ökade individrisknivåer på berörda avstånd och en ökad samhällsrisk.

Konsekvensavstånd och konsekvenser för scenarierna påverkas av flera parametrar såsom storleken på utsläppshålet och väderparametrar. Ju större hålstorlek, desto större konsekvensområde. Vid olika vindförhållanden (vindriktning och vindhastighet) kan konsekvenserna av ett gasutsläpp skilja sig mycket eftersom gaserna sprids i vindens riktning och späds ut olika mycket beroende på vindhastigheten. Även parametrarna ytråhet som beskriver topografin i området kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd för spridning av gaser eftersom då den påverkar hur gasen späds ut. Parametrarna utomhustemperatur och luftfuktighet har mindre påverkan på konsekvensavståndet.

7.2 Osäkerhetsanalys

Osäkerheten analyseras med avseende på följande parametrar:

- antal transporter av farligt gods
- andel farligt gods och fördelning av farligt gods
- olycksfrekvens
- personbelastning
- konsekvenser för olyckor.

7.2.1 Antal transporter av farligt gods

Antalet transporter av farligt gods som används i beräkningarna påverkas av antaganden och statistik. Antagandet om andelen farligt gods av den tunga trafiken beskrivs i nästa avsnitt. Trafikverkets statistik för årsdygnstrafik för tung trafik för den aktuella sträckan

kommer från stickprovsmätningar för tung trafik gjorda under 2023. Eftersom det är stickprov finns osäkerheter kopplat till statistiken. Trafikverket bedömer att denna typ av skattningar har god kvalitet. Sammantaget bedöms osäkerheterna kring antalet transporter uttryckt som årsdygnstrafik på den aktuella transportsträckan som låga.

Hur antalet transporter på den aktuella sträckan kommer förändras över tid är svårt att förutspå och innebär osäkerheter kring resultaten för utvecklingsscenarierna. I beräkningarna används trafikutvecklingstal för att ta hänsyn till en framtida ökning av trafiken. Trafikutvecklingstalen bygger på Trafikverkets prognoser och är anpassade efter var i landet som vägen är belägen och vilken typ av trafik som avses (lastbil eller personbil). Resultaten från riskanalysen gäller alltså utifrån denna prognosticerade utveckling. Däremot tar analysen inte höjd för större ökning än vad prognosen förutspår.

7.2.2 Andel farligt gods och fördelning av farligt gods

Beräkningarna utgår från statistik på mängden tung trafik på väg. Denna statistik kombineras med antaganden om hur stor andel av denna trafik som utgörs av transporter med farligt gods. Antagandena om andelen farligt gods och fördelning av farligt gods baseras på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys för perioden mellan 2014 och 2023. Genom att använda ett genomsnitt baserat på flera års statistik minskar osäkerheterna jämfört med att bara använda statistik från ett enskilt år, där just det valda året skulle kunna ligga antingen under eller över genomsnittet. Det är värt att notera att historiska data inte alltid är representativa för framtida scenarier. Dock är det svårt att analysera och utreda hur andelen och fördelningen kommer se ut i framtiden och därför innebär antagandet en osäkerhet.

Att använda nationell statistik för att säga något om en enskild transportsträcka innebär också osäkerheter eftersom riksgenomsnittet kanske inte är representativt för just den sträckan. Till exempel kan risknivån underskattas om det på en viss sträcka transporteras en större andel farligt gods än det nationella genomsnittet. Den nationella statistiken bedöms dock utgöra det bästa tillgängliga underlaget. För att hantera osäkerheten i att använda av nationell statistik för en enskild sträcka utgår beräkningarna från en konservativ andel farligt gods. Detta innebär ett större antal transporter än riksgenomsnittet för varje klass av farligt gods. Därmed tar riskanalysen höjd för att andelen farligt gods på den aktuella transportsträckan kan vara högre än riksgenomsnittet.

7.2.3 Olycksfrekvens

Olycksfrekvensen är central för riskanalyser och baseras ofta på statistik från tidigare inträffade olyckor. Det finns dock osäkerheter kring hur representativ statistiken är för det område som riskanalysen fokuserar på. Jämfört med nationell statistik kan det exempelvis finnas lokala förhållanden som leder till lägre eller högre olycksfrekvens än riksgenomsnittet. En annan viktig fråga är om statistik baserad på redan inträffade händelser är representativ för framtida olyckor. Generellt finns dock anledning att anta att olycksfrekvensen kommer att minska till följd av utveckling av säkrare fordon och teknik. Riskutredningen tar inte hänsyn till en sådan eventuell minskning av frekvensen för olyckor. Om frekvensen skulle minska i framtiden betyder det därmed att riskutredningen överskattar snarare än underskattar risken.

7.2.4 Personbelastning

Personbelastningen inom aktuellt område som används i beräkningarna är baserad på flera antaganden. Vad gäller befintliga bostadsområden antas personbelastningen vara i linje med det som framkommer i statistik för det specifika området. För tillkommande byggnader antas personbelastningen utifrån den maximalt tillåtna byggnadsarean för detaljplanen, med samtliga byggnader i två plan, vilket leder till ett högt skattat värde. Detta för att möjliggöra frihet i den fortsatta processen att ta fram den slutgiltiga detaljplanen.

Personbelastning för övriga områden antas generellt konservativt utifrån den personbelastning och nyttjandegrad som kan förväntas.

Utgångspunkten i beräkningarna är att samtliga personer befinner sig i markplan, när de i verkligheten kan förväntas vara utspridda på olika våningsplan. Detta kan tänkas medföra en överskattning av risken, eftersom människor som befinner sig högre upp generellt är mer skyddade från aktuella olycksscenarier. Det bedöms därför inte att vidare utredning behövs med hänsyn till att risken skulle underskattas på grund av antagandet.

7.2.5 Konsekvenser för olyckor

Händelseförlopp och konsekvensavstånd för olyckor med de olika farligt godsklasserna beror på vilket ämne som är involverat i olyckan och kan skilja sig åt även mellan ämnen inom samma klass. För att hantera denna osäkerhet används representativa ämnen som är tillräckligt konservativt valda för respektive ämnesklass för att återspegla de ämnen som faktiskt transporteras.

Konsekvenserna påverkas också av exempelvis hålorlek på utsläppet, något som är svårt att förutspå. Den möjliga variationen i hålorlek hanteras genom att scenarier med olika hålorlek analyseras. Vad gäller väderparametrar hanteras variationen genom att utgå från historiska väderdata från den närmaste väderstationen och att riskanalysens scenarier varierar med avseende på väder.

En sista parameter som har stor inverkan på konsekvensavståndet för gasmolnexplosion är explosionsstyrkan. Även här används ett konservativt värde i beräkningarna som ger kraftigare explosioner än vad som kan förväntas vid majoriteten av gasmolnexplosioner. Sammantaget blir konsekvensberäkningarna och därmed också risknivåerna konservativa.

8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

I detta avsnitt presenteras riskvärdering samt behov av riskreducerande åtgärder.

8.1 Riskvärdering

Riskvärderingen som presenteras i detta avsnitt utgår från resultat presenterade i avsnitt 6 avseende individrisk och samhällsrisk:

- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger inom risknivån för det undre ALARP-området från 10 meter till ca 35 meter från vägen och inom tolerabel risknivå bortanför detta.
- Samhällsrisk för utvecklingsalternativet ligger till största del inom risknivån för tolerabel risk, men precis innanför risknivån för det undre ALARP-området för risker där 4-17 personer förväntas omkomma.

Tillkommande bebyggelse är till största del planerad bortom dessa avstånd. Risknivån för de byggnader som planeras bortom 35 meter bedöms därför vara tolerabel med hänsyn till både individrisk och samhällsrisk.

För de delar som planeras inom 35 meter från vägen bidrar olycksscenarioer med brand som konsekvens absolut mest till risknivån, varför riskreducerande åtgärder som skyddar mot brand är särskilt motiverade för dessa delar.

8.2 Riskreducerande åtgärder

Enligt krav från Länsstyrelsen Örebro ska ingen tillkommande bebyggelse placeras inom 20 meter från väggkant E18. Enligt önskemål från Länsstyrelsen Örebro ska riskerna med farligt gods beaktas och bedömas utifrån de rekommendationer som anges av Länsstyrelsen Stockholm i *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1] (presenteras under avsnitt 2.3.1). Riktlinjerna anger att inom 30 meter från primära transportleder för farligt gods ska åtgärder säkerställas genom planbestämmelser, där det för rådande markanvändning, industri (J) och verksamheter (Z), gäller att:

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30
- friskluftsintag ska riktas bort från vägen
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

Dessa åtgärder bedöms vara helt i linje med den riskbild som råder för området, och är väl motiverade för byggnader inom 30 meter från väggkant E18. Det första kravet, avseende fasader i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30, kan vara motiverat att utsträcka till 35 meter. För dessa avstånd, mellan 30-35 meter från väggkant E18, bedöms dock detta endast vara motiverat för de fasader som vetter mot vägen.

8.2.1 Krav

Enligt krav från Länsstyrelsen Örebro ska:

- ingen tillkommande bebyggelse placeras inom 20 meter från väggkant E18

Enligt riktlinjerna från Stockholms Länsstyrelse [1] råder följande krav för bebyggelse inom 30 meter från väggkant E18:

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30
- friskluftsintag ska riktas bort från vägen
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

8.2.2 Ytterligare rekommendationer från denna riskanalys

För byggnader på avstånd mellan 30-35 meter från väggkant, rekommenderas att:

- Fasader som vetter mot väg E18 bör utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30

9 Slutsatser

Följande resultat med avseende på individrisk och samhällsrisk har erhållits:

- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger inom risknivån för tolerabel risk bortom ca 35 meter från vägkant. Individrisken ligger inom lägre ALARP-området, dvs. det område där riskreducerande åtgärder ska övervägas inom 10-35 meter och inom högre ALARP-området inom 10 meter från vägkant.
- Samhällsrisk för utvecklingsalternativet ligger till största del inom området för acceptabel risk, men för vissa olyckor precis innanför nedre acceptansgränsen för tolerabel risk.

Av resultatet i denna rapport bedöms att det är möjligt att placera bebyggelse på 20 meter från vägen förutsatt att riskreducerande åtgärder vidtas. Rekommenderade åtgärder presenteras i avsnitt 8.2.1 och 8.2.2). Efterföljs dessa, bedöms risknivåerna från olycka med farligt gods på E18 som acceptabla vid genomförande av detaljplanens tillkommande bebyggelse.

Referenser

- [1] Länsstyrelsen Stockholm, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [2] Det Norske Veritas (DNV) , "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [3] Swedish Standards Institute (SIS), "SS-ISO 31000:2018 Riskhantering – Vägledning," 2018.
- [4] TNO Riskcurves, RISKCURVES 12.5.1.
- [5] TNO Purple Book, "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book", " 2005b. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>.
- [6] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [7] TNO Green Book, "Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book", " 1992.
- [8] Lantmäteriet, *Min karta*, 2024.
- [9] Google, *Maps - streetview*.
- [10] Trafikanalys, *Lastbilstrafik 2014-2023*, 2024.
- [11] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [12] MSB, "RIB: Oxiderande vätska, frätande, n.o.s.," [Online]. Available: <https://rib.msb.se/fa/Substance/Index?id=2207>.
- [13] MSB, "RIB: Organisk peroxid typ D, fast," [Online].
- [14] DSV, "Klass 7 Radioaktivt material," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transport satt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/-klass-7-radioaktiva-amnen>.
- [15] DSV, "Klass 8 Frätande ämnen," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transport satt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/klass-8-fratande-amnen>.
- [16] DSV, "Klass 9 Övriga farliga ämnen och föremål," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transport satt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/klass-9-ovriga-amnen-och-artiklar>.
- [17] Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, "Stormskador i framtiden," 26 04 2024. [Online]. Available:

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimateffekter/stormskador-i-framtiden-1.7080>. [Använd 12 07 2024].

- [18] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hallands län – framtagen i projektet "Ökad förståelse och förmåga att hantera händelser med farliga ämnen (CBRN) i Hallands län", 2011.
- [19] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>.
- [20] Trafikverket, "Trafikutvecklingstal väg (TRV 2021/7267)," 2024.
- [21] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," 1996.
- [22] Länsstyrelsen i Skåne län, Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, 2007.

Kund
Karlskoga kommun, Samhällsbyggnads- och Serviceförvaltningen

Beräkningsbilaga till Riskutredning för Karlskoga - Detaljplan för Botorp 1, del av Högåsen 2:7

Uppdragsledare: Gustaf Zetterberg
Handläggare: Rasmus Jonason Bjärenstam
Intern kvalitetsgranskning: Jennifer Wolsing

Dokumenthistorik

Version	Datum	Revidering	Handläggare
1.0	2025-06-11	Första utgivna version.	Rasmus Jonason Bjärenstam
2.0	2025-06-24	Justering efter kundkommentar i huvudrapport. Bilaga justerad med datum för huvudrapport.	Jennifer Wolsing

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	3
2	Kvantitativa riskmått.....	4
3	Personbelastning	5
3.1	Sammanfattning av personbelastning	6
4	Väderdata	7
4.1	Vindhastighet	7
4.1.1	Stabilitetsklass.....	8
4.2	Vindriktning	9
5	Olycka med farligt gods.....	10
5.1	Trafikmängd.....	10
5.2	Fördelning av farligt gods.....	11
5.3	Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods	12
5.3.1	Väg	12
5.3.2	Olycksscenarier.....	14
5.3.3	Summering av frekvensberäkningar	23
5.4	Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods	23
5.4.1	Generella omgivningsparametrar	23
5.4.2	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	24
5.4.3	Klass 2.1 – Brandfarliga gaser.....	25
5.4.4	Klass 2.3 – Giftiga gaser.....	28
5.4.5	Klass 3 – Brandfarliga vätskor	30
5.4.6	Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider.....	32
	Referenser.....	33

1 Inledning

Den här beräkningsbilagan beskriver förutsättningar och indata för den kvantitativa analysen vars resultat beskrivs i följande dokument:

- Riskutredning för Karlskoga - Detaljplan för Botorp 1, del av Högåsen 2:7, daterad 2025-06-24

Beräkningsbilagan omfattar följande områden:

- kvantitativa riskmått
- personbelastning
- väderdata
- olycka med farligt gods
 - trafikmängd
 - fördelning av farligt gods
 - frekvensberäkningar
 - konsekvensberäkningar

2 Kvantitativa riskmått

Individrisk och samhällsrisk beskrivs i huvudrapporten. Hur dessa riskmått beräknas beskrivs nedan.

Individrisken (IR) i en given koordinat (x,y) beräknas enligt:

$$IR_{(x,y)} = \sum_{i=1}^n IR_{(x,y),i}$$

$$IR_{(x,y),i} = f_i * p_i$$

Där f_i är frekvensen för sluthändelsen i . Sannolikheten för studerad konsekvens, vilket är dödsfall i den här utredningen och antas till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen, representeras av p_i . Genom att summera individrisken för de olika sluthändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

Samhällsrisk beräknas enligt:

$$N_i = \sum_{(x,y)} P_{(x,y)} * p_i$$

N_i står för antalet människor som utsätts för den studerade sluthändelsen i . $P_{(x,y)}$ är antalet individer i koordinaten (x,y) och p_i definieras enligt individrisken ovan.

Samhällsrisk redovisas normalt i F/N-kurvor som visar den ackumulerade frekvensen för att ett visst antal, eller fler, personer omkommer till följd av de händelser som studeras.

$$F_N = \sum_i F_i \text{ för alla sluthändelser för vilka } N_i \geq N$$

F_N står för frekvensen av sluthändelser som påverkar N eller fler människor. F_i är frekvensen för sluthändelse i . N_i definieras enligt ovan.

3 Personbelastning

Personbelastningen används för att beräkna samhällsrisk. I huvudrapporten delas det kvadratiska området på en kvadratkilometer in i tre mindre områden där en viss personbelastning antas. Nedan beskrivs antaganden för följande parametrar för samtliga områden:

- antalet personer i området för såväl dagtid som nattetid
- andel personer inomhus för såväl dagtid som nattetid
- nyttjandegrad, dvs. hur många dagar per år ett visst område används.

I beräkningarna utgår det från att dagtid förekommer mellan 8:00 och 18:30 medan nattetid avser tiden mellan 18:30 och 8:00. Detta innebär att dagtid gäller 44 procent av tiden. Förutom personbelastningen skiljer sig även aktuella vindförhållanden mellan dagtid och nattetid, se avsnitt 4.

Område A - Detaljplan

Markanvändningen är i detaljplanen begränsad till industri (I) och verksamheter (Z). För att ta fram en personbelastning för området har följande antaganden gjorts:

- Personbelastningen beräknas i enlighet med detaljplanens maximala nyttjandegrad, vilket utgörs av 60 % av fastighetsarean, som ger en maximal byggnadsarea på 37 600 m².
- Samtliga byggnader antas vara i två plan¹ och användbara ytor antas utgöra 80% av total BTA.
- Personintensitet för de användbara ytorna antas som industri vara 0,01 personer/m², enligt *Riskanalys av farligt gods i Hallands län* [1]
- Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93 procent respektive 99 procent, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna. De angivna siffrorna bedöms vara rimliga även för industri.
- Nyttjandegraden för område A ansätts till 365 dagar per år.

Område B

Markanvändningen av Område B utgörs av befintliga bostäder.

- Utifrån statistik från SCB där en ruta på 1 km², som omfattar en betydligt större andel av bostadsområdet än gällande utredningsområde, idag har en total befolkning av 35 personer. Därför antas en befolkning på 20 personer utgöra en konservativ skattning av området.
- 70 % antas befinna sig inom området under dagtid och 100% nattetid.
- Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93 procent respektive 99 procent, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna.
- Nyttjandegraden för område B ansätts till 365 dagar per år.

¹ Enligt överenskommelse med Karlskoga kommun

Område C

Markanvändningen av Område C utgörs framförallt av industrier och verksamheter.

- Befolkningstätheten antas till 4000 personer/km² enligt industri med medelhög befolkningsdensitet i *Green Book*² [3]. Detta bedöms vara en konservativ skattning av området, som täcker in osäkerheter kring tillhörande verksamheter och deras potentiella bidrag till befolkningen i området.
- Området antas endast vara befolkat under dagtid.
- Andelen personer inomhus under dagtid ansätts till 93 procent, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna. De angivna siffrorna bedöms vara rimliga även för industri.
- Nyttjandegraden för område C ansätts till 365 dagar per år.

3.1 Sammanfattning av personbelastning

Personbelastningen för området presenteras sammanfattat i Tabell 3-1 nedan.

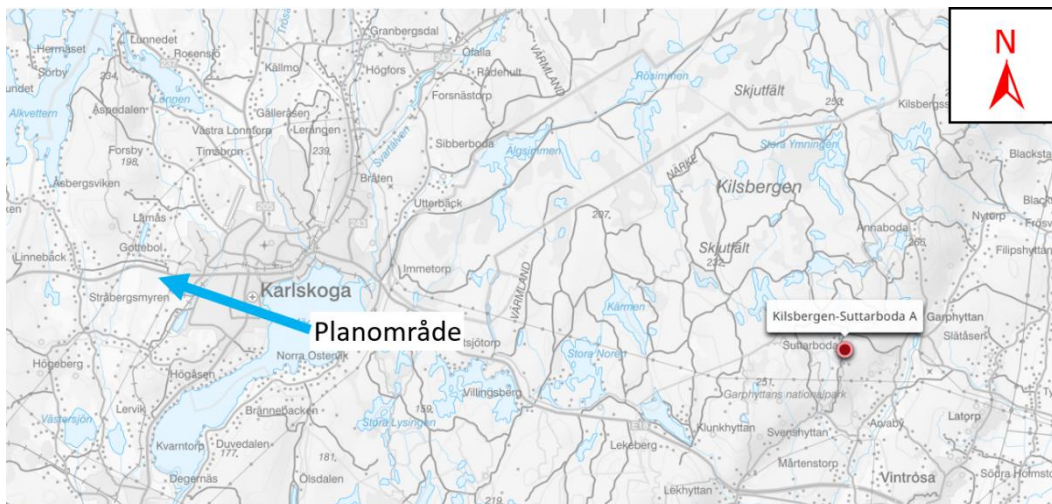
Tabell 3-1. Sammanfattning av personbelastning för det studerade området.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	602	0	0,93	0,99	365
B	14	20	0,93	0,99	365
C	524	0	0,50	0,99	365

² I Green Book anges 40 personer/hk, vilket motsvarar 4000 personer/km²

4 Väderdata

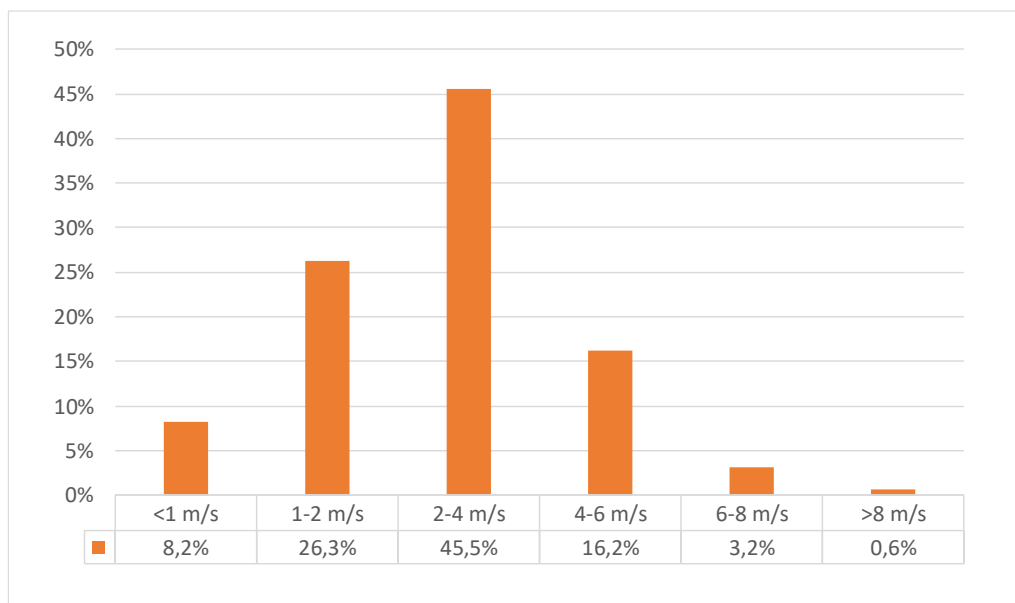
Den närmaste mätstationen tillhörande SMHI i förhållande till planområdet benämns Kilsbergen-Suttarboda A. Avståndet mellan mätstationen och planområdet är 25 kilometer. Figur 4-1 visar placeringen av mätstationen i förhållande till planområdet. Data från mätstationen avseende vindhastighet och vindriktning mellan 2015 och 2025 är hämtat från SMHIs öppna databas [4].



Figur 4-1. Placering av planområdet och mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A.

4.1 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningsberäkningar i samband med utsläpp av gas. Vid låga vindhastigheter erhålls högre koncentrationer av gas i olyckans närhet. I Figur 4-2 visas fördelningen av vindhastighet vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A från ovan nämnda data. Medelvärde under den aktuella perioden var 2,8 meter per sekund och vindstilla förhållanden uppmättes under cirka 2,5 procent av tiden.



Figur 4-2. Fördelning av vindhastighet vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A, år 2015-2025.

4.1.1 Stabilitetsklass

I beräkningsmodellen används Pasquills stabilitetsklasser som beskriver turbulensen i luftmassan närmast jordens yta, det vill säga hur stabil eller instabil luftmassan närmast jordens yta är. Turbulensen beror främst på mängden solinstrålning. Vid högre nivåer av solinstrålning värms luften närmast marken upp och rör sig därmed uppåt vilket medför turbulens i luftmassan. Därför är luften generellt stabil under natten då det inte finns någon solinstrålning.

Stabiliteten av luftmassan har stor påverkan för hur ett utsläpp av gas sprids i luften. En mer stabil luftmassa medför mindre omfattande omblandning och därmed mindre omfattande utspädning av den utsläppta gasen. Detta innebär att högre koncentrationer av gas erhålls på längre avstånd från utsläppet vid stabila förhållanden jämfört med instabila förhållanden. Pasquills stabilitetsklasser beskrivs i Tabell 4-1.

Tabell 4-1. Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser [5, 6].

Turbulens	Beskrivning av väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter [m/s]
Instabil	Måttligt till mycket solinstrålning, det vill säga soligt och molnfritt väder, där solen står högt på himlen (vinkel större än 60 grader) och måttliga till svaga vindar gör att atmosfären blir instabil. Sker främst under dagtid.	A: Extremt instabilt	<2,5
		B: Måttligt instabilt	2,5–4
		C: Svagt instabilt	>4
Neutral	Relativt starka vindar och måttlig solinstrålning, det vill säga molnig väderlek och/eller klar väderlek där solen står lågt på himlen (vinkel mellan 15 och 35 grader), vilket är associerat med neutral/måttlig turbulens. Sker under både dagtid och nattetid.	D: Neutral	0–15
Stabil	Låg/ingen solinstrålning och svaga vindar. Sker främst under nattetid.	E: Svagt stabilt	>2,5
		F: Måttligt – extremt stabilt	<2,5

För att ta höjd för olika förhållanden av vindhastighet och stabilitetsklasser används tre olika kombinationer av dessa parametrar:

- 2F: Stabilitetsklass F, vindhastighet 2 m/s
- 2D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 2 m/s
- 5D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 5 m/s.

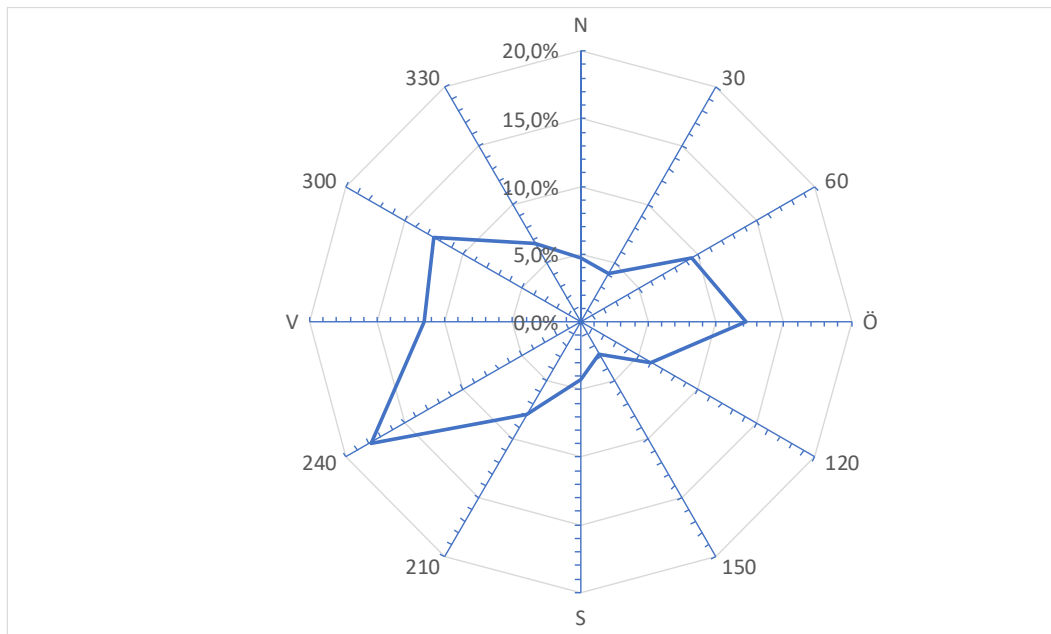
De valda väderförhållandena bedöms som representativa och rimligt konservativa. I Tabell 4-2 visas fördelning mellan de olika väderscenarierna för såväl dagtid som nattetid. Fördelningen är uppskattad utifrån dels statistik för vindhastighet vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A, dels vanligt förekommande stabilitetsklasser vid olika vindhastigheter och tid på dygnet, i enlighet med Tabell 4-1.

Tabell 4-2. Fördelning av väderförhållanden under dagtid och nattetid, angivet i procent.

Väderförhållande	Dag [%]	Natt [%]
2F	7	56
2D	61	19
5D	32	25
Summa	100	100

4.2 Vindriktning

Vindriktningen anges generellt i det väderstreck som det blåser från och inverkar vid spridning av gaser genom att sprida gaserna bort från det väderstreck som det blåser från. I Figur 4-3 visas fördelningen av vindriktning vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A. Figur 4-3 visar att den mest förekommande vindriktningen är sydvästlig.



Figur 4-3. Fördelning av vindriktning vid mätstation Kilsbergen-Suttarboda A, år 2015-2025.

5 Olycka med farligt gods

I detta avsnitt redovisas indata och antaganden avseende frekvens- och konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods.

5.1 Trafikmängd

Grundläggande för beräkning av risk med transport av farligt gods är trafikmängden. Nedan presenteras trafikmängd och hur denna tas fram för väg E18.

Årsdygnstrafik för den totala samt tunga trafiken erhålls från Trafikverkets nationella vägdatabas [7]. Erhållna data avser år 2023 och räknas upp till prognosår 2050.

För att beräkna förväntad årsdygnstrafik för år 2050 tillämpas Trafikverkets trafikutvecklingstal [8]. Trafikutvecklingstalen anges för såväl lastbil som personbil och presenteras för Örebro i Tabell 5-1. Ökningen mellan 2019 och 2045 respektive 2045 och 2065 antas vara linjär. Baserat på trafikutvecklingstalen beräknas trafikutvecklingskvoten mellan 2023 och 2050 och presenteras i Tabell 5-1. Kvoten för lastbil appliceras på årsdygnstrafik för tung trafik medan trafikutvecklingstal för personbil appliceras på årsdygnstrafik för total trafik exklusive årsdygnstrafik för tung trafik.

Tabell 5-1. Trafikutvecklingstal för Örebro.

Trafikutvecklingstal	Personbil	Lastbil
Trafikutvecklingskvot 2019-2045	1,24	1,40
Trafikutvecklingskvot 2019-2065	1,45	1,64
Trafikutvecklingskvot 2023-2050	1,25	1,38

Trafikuppgifter för 2023 och 2050 på den aktuella vägsträckan, baserade på ovan antaganden och att andelen farligt gods utgör 3,7 procent, sammanfattas i Tabell 5-2.

Tabell 5-2. Trafikuppgifter för 2023 och 2050.

Trafiktyp	Årsdygnstrafik			
	E18 Södra körfält		E18 Norra körfält	
	2023	2050	2023	2050
Total trafik	6 469	8 150	5 706	7 195
Tung trafik	675	928	641	882
Farligt gods	25	35	24	33

5.2 Fördelning av farligt gods

I riskutredningens huvudrapport beskrivs relevanta olycksscenarier vid olycka med de olika klasserna av farligt gods. I detta avsnitt redovisas bakomliggande antaganden för den fördelning av de olika klasserna som används i beräkningarna.

I frekvensberäkningarna för trafikolycka på väg utgås det från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik för antal körda kilometer från myndigheten Trafikanalys. I Tabell 5-3 presenteras en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2014 och 2023, som används i beräkningarna.

Tabell 5-3. Fördelning av antal körda kilometer med farligt gods-transporter, fördelat på respektive klass, mellan år 2014 och år 2023, baserat på nationell statistik från Trafikanalys [9].

Klass	Andel av farligt gods-transporter (utifrån antal körda kilometer) [%]
1	0,63
2*	31,37
3	42,02
4.1	0,16
4.2	0,79
4.3	1,33
5.1	3,39
5.2	0,01
6.1	3,87
6.2	0,52
7	0,11
8	12,11
9	3,70
Totalt	100,00

*Delas upp i klass 2.1, 2.2 och 2.3, se Tabell 5-4.

Tabell 5-3 redovisar inte statistik för underklasserna av klass 2. Klass 2 utgörs av gaser och består av följande underklasser:

- Klass 2.1 – Brandfarliga gaser
- Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser
- Klass 2.3 – Giftiga gaser

Beroende på vilken typ av gas som är involverad i en olycka, kommer händelseförloppet se olika ut. Därför krävs det att underklasser inom Klass 2 behandlas separat vid beräkningar. Dåvarande Räddningsverket genomförde en undersökning av transporter av farligt gods i ton på det svenska väg- och järnvägsnätet under september 2006, där klass 2 delas in i underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3 [10]. Fördelningen presenteras i Tabell 5-4. Utifrån detta erhålls en andel av respektive underklass i relation till övriga klasser. För att erhålla konservativa beräkningsunderlag ökas andelen av klass 2.3 på bekostnad av klass 2.2, i enlighet med Tabell 5-4.

Tabell 5-4. Fördelning av klass 2 på underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3.

Klass	Andel av klass 2 [%]	Andel av totalt antal farligt gods-transporter [%]	Andel som används i beräkningar [%]
2.1	23,64	7,42	7,42
2.2	76,20	23,91	23,86
2.3	0,16	0,05	0,10
Totalt	100,00	31,37	31,37

5.3 Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods

Följande avsnitt beskriver de modeller som används för frekvensberäkningar för olyckor på aktuella transportleder för farligt gods. Använda modeller är baserade på erkända källor som normalt används i samband med riskutredningar för detaljplaneprocesser.

5.3.1 Väg

I det här avsnittet presenteras modellen som används för frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på väg. Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods gäller för år 2050. Den studerade delen av aktuell vägsträcka är en kilometer.

Frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på väg genomförs enligt den så kallade VTI-metoden som presenteras i Räddningsverkets dokument *Farligt gods – Riskbedömning vid transport* [11]. Metoden analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden där hänsyn tas till förhållanden för den specifika vägsträckan.

Enligt Räddningsverket [11] kan det årliga antalet fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor på en specifik vägsträcka beräknas enligt:

$$F_{\text{olycka FG}} = O \cdot ((Y \cdot X) + (1 - Y) \cdot (2 \cdot X - X^2))$$

Där

- $F_{\text{olycka FG}}$ = antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år
- O = förväntat antal olyckor med samtliga fordonsslag
- Y = andel singelolyckor
- X = andel transporter skyltade med farligt gods

Det förväntade antalet olyckor med samtliga fordonsslag beräknas enligt:

$$O = OK \cdot S_{\text{samtliga fordonsslag}} \cdot 10^{-6}$$

Där

- OK = olyckskvot, dvs. förväntat antal olyckor per miljon fordonskilometer
- $S_{\text{samtliga fordonsslag}}$ = sammanlagt antal fordonskilometer för samtliga fordonsslag

Såväl andelen singelolyckor som olyckskvoten beror på ett antal vägparametrar såsom vägtyp och hastighetsgräns. I Räddningsverkets dokument [11] anges andelen singelolyckor och olyckskvoten för olika kombinationer av bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp. Dessa parametrar, och tillhörande värde på olyckskvot och andel singelolyckor, för aktuell vägsträcka presenteras i Tabell 5-5.

Tabell 5-5. Indataparametrar för beräkning av trafikolyckor.

Parameter	Värde	
	E18 Södra körfält	E18 Norra körfält
Bebyggelsemiljö	Landsbygd	Landsbygd
Hastighetsgräns [km/h]	90	90
Vägtyp	Flerfältsväg	Motorväg
Olyckskvot	0,4	0,32
Andel singelolyckor	0,35	0,5

Sammanlagt antal fordonskilometer för samtliga fordonsslag beräknas enligt:

$$S_{\text{samtliga fordonsslag, år}} = \dot{A}DT_{\text{total}} \cdot 365 \cdot l_{\text{vägsträcka}}$$

Där

- $S_{\text{samtliga fordonsslag, år}}$ = antal fordonskilometer för ett år för samtliga fordonsslag
- $\dot{A}DT_{\text{total}}$ = total årsmedeldygnstrafik för samtliga fordonsslag
- $l_{\text{vägsträcka}}$ = den aktuella vägsträckans längd uttryckt i kilometer

Med ovan beräkningar erhålls frekvens för förekomst av fordon skyltat med farligt gods i trafikolyckor och återkomsttid för detta enligt Tabell 5-6.

Tabell 5-6. Frekvens och återkomsttid för förekomst av fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor på aktuell väg.

Parameter	Värde	
	E18 Södra körfält	E18 Norra körfält
$F_{\text{olycka FG}}$ (antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år)	8,35E-3	5,77E-3
Återkomsttid för förekomst av fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor (år)	120	173

För att beräkna frekvensen för en olycka med en viss klass av farligt gods krävs kännedom om andelen transporter som innehåller den aktuella klassen av farligt gods. Avsnitt 0 redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på väg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för olycka enligt:

$$F_{\text{olycka, Klass X}} = F_{\text{olycka FG}} \cdot A_{\text{Klass X}}$$

Där

- $F_{\text{olycka, Klass X}}$ = frekvens för olycka med farligt gods i Klass X, redovisas i Tabell 5-7
- $F_{\text{olycka FG}}$ = förväntat antal olyckor med farligt gods, redovisas i Tabell 5-6
- $A_{\text{Klass X}}$ = andel transporter av Klass X, redovisas i avsnitt 0

Frekvensen för olycka med olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 5-7. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 5-7 är enbart de som beaktas i beräkningarna, det vill säga klass 1, 2.1, 2.3, 3 och 5. Detta motsvarar de klasser som utgör risk för människor i omkringliggande område och motiveras och beskrivs i huvudrapporten.

Tabell 5-7. Frekvens för olycka på väg med olika klasser av farligt gods.

Olycka med transport innehållande	Frekvens (per år)	
	E18 Södra körfält	E18 Norra körfält
Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	5,25E-5	3,63E-5
Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	6,19E-4	4,28E-4
Klass 2.3 – Giftiga gaser	8,35E-6	5,77E-6
Klass 3 – Brandfarliga vätskor	3,51E-3	2,42E-3
Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	2,84E-4	1,96E-4

5.3.2 Olycksscenarier

Olika utfall av en olycka är möjliga beroende på vilken klass av farligt gods som är involverad i olyckan. I detta avsnitt redovisas händelsesträd med möjliga olycksscenarier för de klasser av farligt gods som vid en olycka kan leda till att personer omkommer. Följande klasser beaktas i enlighet med beskrivningen av olycksscenarier vid olycka med farligt gods i riskutredningen:

- Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål
- Klass 2.1 – Brandfarliga gaser
- Klass 2.3 – Giftiga gaser
- Klass 3 – Brandfarliga vätskor
- Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Att det sker en olycka som involverar farligt gods betyder dock inte nödvändigtvis att det farliga godset sprids utanför tanken och medför allvarliga konsekvenser för omgivningen, exempelvis i form av pölbrand eller explosion. Frekvensen för sådana olycksscenarier beror på sannolikheten för en rad händelser, exempelvis läckage och antändning. Antaganden och beräkning av sannolikheter för sådana händelser redovisas nedan.

5.3.2.1 Olycka på väg

Räddningsverket [11] presenterar olika index för olycka med farligt gods på väg, dvs. skattade sannolikheter för att en trafikolycka med ett fordon skyltat med farligt gods på en viss väg resulterar i en olycka där det farliga ämnet kommer ur sin tank eller behållare. Index varierar för olika bebyggelsemiljö, vägtyp och hastighetsgräns och är alltså ett sätt skilja på sannolikheten för läckage i samband med olycka med farligt gods mellan olika vägar.

Index används i beräkningarna på olika vis beroende på vilken klass som beaktas, huvudsakligen för att ta fram sannolikheten för läckage från tank. Utgångspunkten är att de index som Räddningsverket sammanfattar gäller för transporter där det farliga godset inte förvaras under tryck. För transporter där det farliga godset transporteras under tryck kan sannolikheten för utsläpp antas vara 30 gånger längre eftersom krav på dessa tankar är större [11]. För vissa sannolikheter som inte involverar läckage men som kan förväntas vara hastighetsberoende används istället indexkvot, dvs. kvoten mellan index för aktuell vägtyp och den vägtyp som innebär störst index. Indexkvoten beräknas enligt:

$$I_{kvot} = I_{Olycka\ FG} \div I_{Olycka,FG,max}$$

Där

- I_{kvot} = indexkvot
- $I_{Olycka\ FG}$ = index för olycka med farligt gods för aktuell väg, erhålls från [11]
- $I_{Olycka,FG,max}$ = maximalt index för olycka med farligt gods (gäller för motorväg, landsbygd, 110 km/h), erhålls från [11]

Relevanta index för olycka med farligt gods och indexkvot sammanfattas i Tabell 5-8. Hur dessa värden används i beräkningarna beskrivs under respektive klass nedan.

Tabell 5-8. Index för olycka med farligt gods och indexkvot.

Parameter	Värde	
	E18 S	E18 N
Maximalt index för olycka med farligt gods, max (gäller för motorväg, landsbygd, 110 km/h)	0,42	
Index för olycka med farligt gods för aktuell väg (sannolikhet läckage av farligt gods som <i>inte</i> transporteras under tryck)	0,22	0,34
Index för olycka med farligt gods för aktuell väg, dividerat med 30 (sannolikhet läckage av farligt gods som transporteras under tryck)	0,0073	0,011
Indexkvot	120	173

5.3.2.2 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

I enlighet med riskinventeringen är det primärt "Underklass 1.1 – ämnen och föremål som har en risk för massexplosion" som har ett konsekvensområde som är så pass utbrett att det bedöms kunna medföra påverkan på människor som befinner utanför olycksplatsens närområde. Det antas konservativt att samtliga transporter av explosiva ämnen och föremål utgörs av ämnen och föremål med risk för massexplosion.

Mängden explosiva ämnen i en transport påverkar utfallet vid en olycka. Tillåten mängd beror på fordonsklassen och kan uppgå till 16 000 kg, men de flesta transporter innefattar endast små mängder av massexplosiva varor. Statistikunderlaget för transporter av ämnen i klass 1.1 är begränsat. Det antas att 98 procent av samtliga transporter sker med 20 kg massexplosiva varor (liten lastmängd) medan resterande 2 procent sker med 16 000 kg (stor lastmängd).

Reaktion i det explosiva materialet som medför explosion kan uppstå vid brand som sprider sig till lasten eller om godset utsätts för en mycket kraftig stöt i samband med olyckan.

Sannolikheten för en brand i fordonet i samband med en olycka bedöms vara beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på väg kan sannolikheten för brand förväntas bero på aktuell hastighet, vilken kan variera i stor utsträckning mellan olika vägar. För att ta hänsyn till hastighetens påverkan på sannolikheten används indexkvot, se beskrivning under avsnitt 0. Största möjliga sannolikhet för antändning antas vara 1 procent och gäller för motorväg på landsbygd med hastighetsgräns 110 km/h, vilket har högst index för farlig gods enligt Räddningsverket [11]. Detta innebär att sannolikheten för brand i fordon för aktuell vägsträcka beräknas enligt:

$$P_{\text{fordonsbrand}} = 0,01 \cdot I_{\text{kvot}}$$

Där

- $P_{\text{fordonsbrand}}$ = sannolikhet för fordonsbrand vid olycka
- I_{kvot} = indexkvot, se avsnitt 0

Sannolikheten för att branden sprider sig till lasten är beroende av fordonsklassen som används för transporten. Den högsta transporterade mängden, dvs. 16 000 kg, förutsätter högsta fordonsklass. Utifrån detta antas sannolikheten för att en brand sprider sig till lasten vara 10 procent för transporter av 16 000 kg explosiva varor och 50 procent för transporter av 20 kg explosiva varor.

En explosion även inträffa om godset utsätts för en mycket kraftig stöt i samband med olyckan. Sannolikheten för en stötinitierad detonation i samband med en olycka är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För en stötinitierad detonation i det explosiva materialet krävs generellt mycket höga kollisionshastigheter. HMSO anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 procent [12]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, beräknas sannolikheten för stötinitierad detonation med hjälp av en indexkvot, se beskrivning under avsnitt 0. Största möjliga sannolikhet för antändning antas vara 0,2 procent och gäller för motorväg på landsbygd med hastighetsgräns 110 km/h, som har högst index för farlig gods enligt Räddningsverket [11]. Detta innebär att sannolikheten för stötinitierad detonation vid olycka på aktuell vägsträcka beräknas enligt:

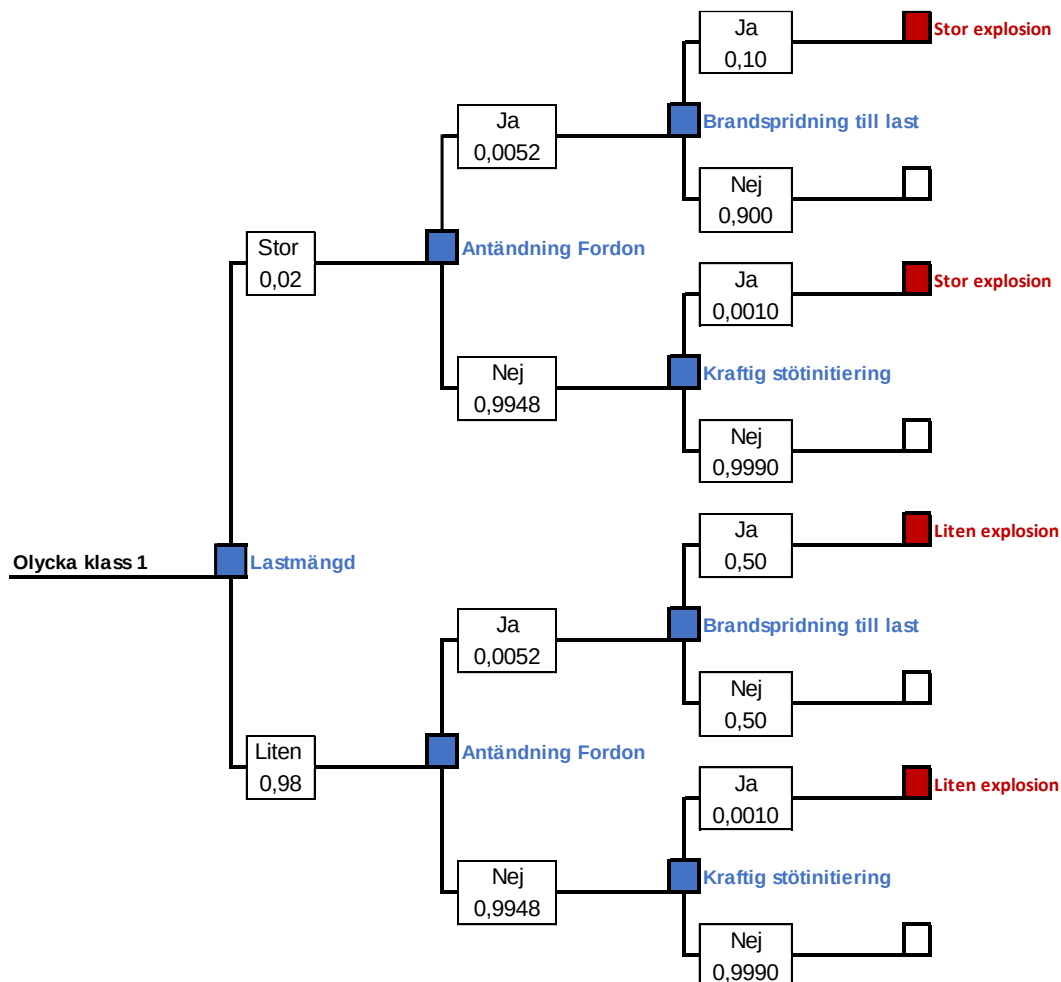
$$P_{\text{kraftig stötinitiering}} = 0,002 \cdot I_{\text{kvot}}$$

Där

- $P_{\text{kraftig stötinitiering}}$ = sannolikhet för kraftig stötinitiering vid olycka
- I_{kvot} = indexkvot, se avsnitt 0

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-1 som visar händelseträdets för olyckor med explosiva ämnen och föremål. Händelseträdets, med de värden som presenteras i Figur 5-1, tillämpas för frekvensberäkningarna för E18 Södra körfält. Sannolikheten för brand i fordon och stötinitierad detonation varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för brand i fordon och stötinitierad detonation för de beaktade transportlederna presenteras i Tabell 5-9.



Figur 5-1. Händelseträd för olycka med explosiva ämnen och föremål för E18 Södra körfält.

Tabell 5-9. Sannolikhet för brand i fordon och stötinitierad detonation för E18, bägge körriktningarna.

Transportled	Brand i fordon [%]	Stötinitierad detonation [%]
E18 Södra körfält	0,5	0,8
E18 Norra körfält	0,10	0,16

5.3.2.3 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Antändning av brandfarlig gas kan inträffa om den brandfarliga gasen läcker ut från tanken. Sannolikheten för att tanken skadas och att ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage av brandfarlig gas den sannolikhet som gäller för farligt gods som transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 5-8.

Läckagen delas upp i små läckage och stora läckage. På järnväg är sannolikheten för litet respektive stort läckage lika stort [13]. Vad gäller olyckor på väg anger Räddningsverket

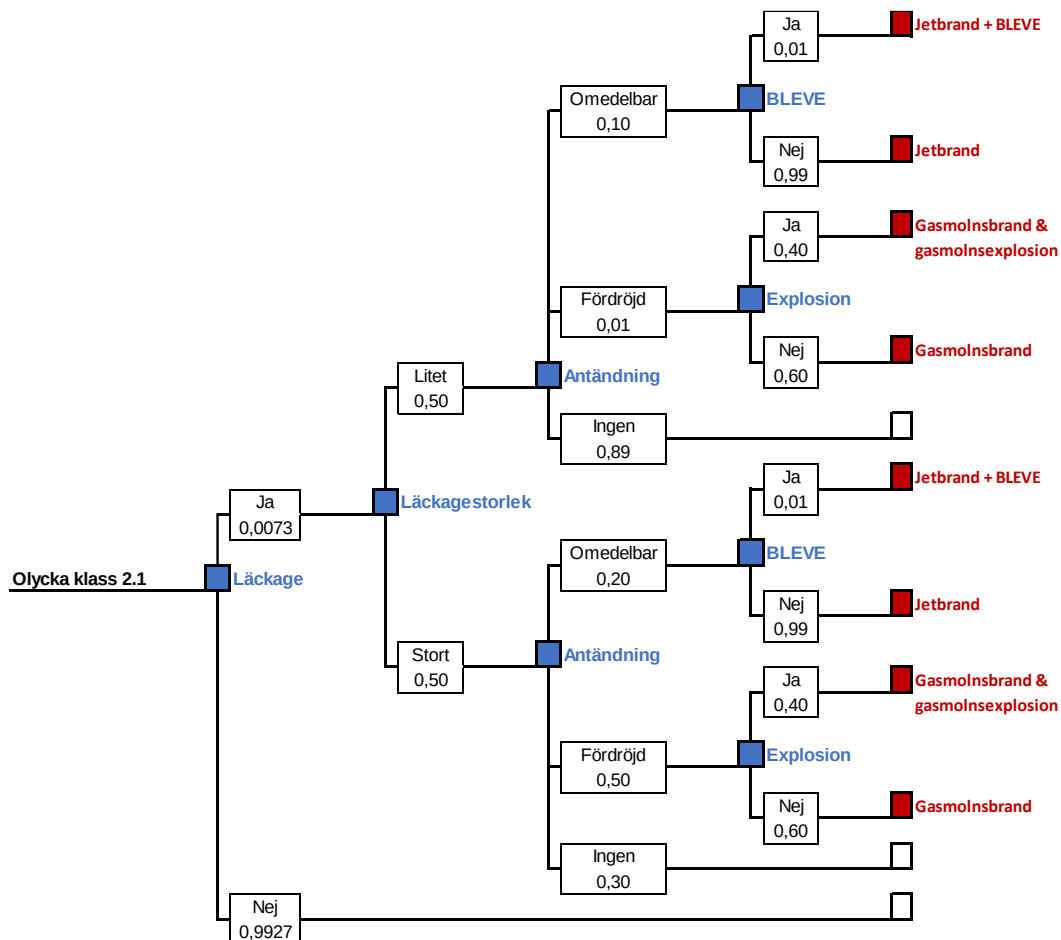
[11] ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage i sin metod. Därför antas att små och stora läckage utgör 50 procent vardera.

Skadeutfallet beror därefter på om det sker en omedelbar eller fördröjd antändning av gasen. Sannolikheten för omedelbar antändning beror på läckagets storlek och ansätts till 10 procent för litet läckage och 20 procent för stort läckage [14]. För att en fördröjd antändning ska ske krävs som regel ett större läckage [14] men konservativt ansätts en sannolikhet för fördröjd antändning även vid mindre läckage. Sannolikheten för fördröjd antändning antas vara 1 procent för litet läckage och 50 procent för stort läckage.

Omedelbar antändning medför jetbrand. Fördröjd antändning medför gasmolnsbrand och potentiellt även gasmolnsexplosion. 60 procent av de fördröjda antändningarna leder till gasmolnsbrand medan resterande 40 procent leder till gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion [5]. Eftersom gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion är kortvariga händelser bedöms BLEVE inte kunna inträffa i samband med dessa händelser. Däremot är en jetbrand mer långvarig och bedöms därför kunna orsaka BLEVE. Sannolikheten för BLEVE, givet en jetbrand, antas vara 1 procent.

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-2 som visar händelseträdets för olyckor med brandfarliga gaser. Händelseträdets, med de värden som presenteras i Figur 5-2, tillämpas för frekvensberäkningarna för E18 södra körfält. Sannolikheten för läckage varierar för de olika körriktningarna. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för bägge körriktningarna presenteras i Tabell 5-10.



Figur 5-2. Händelseträd för olycka med brandfarlig gas för E18 Södra körfält.

Tabell 5-10. Sannolikhet för läckage av brandfarlig gas för E18, bägge körriktningarna.

Transportled	Läckage [%]
E18 Södra körfält	0,73
E18 Norra körfält	1,13

5.3.2.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser

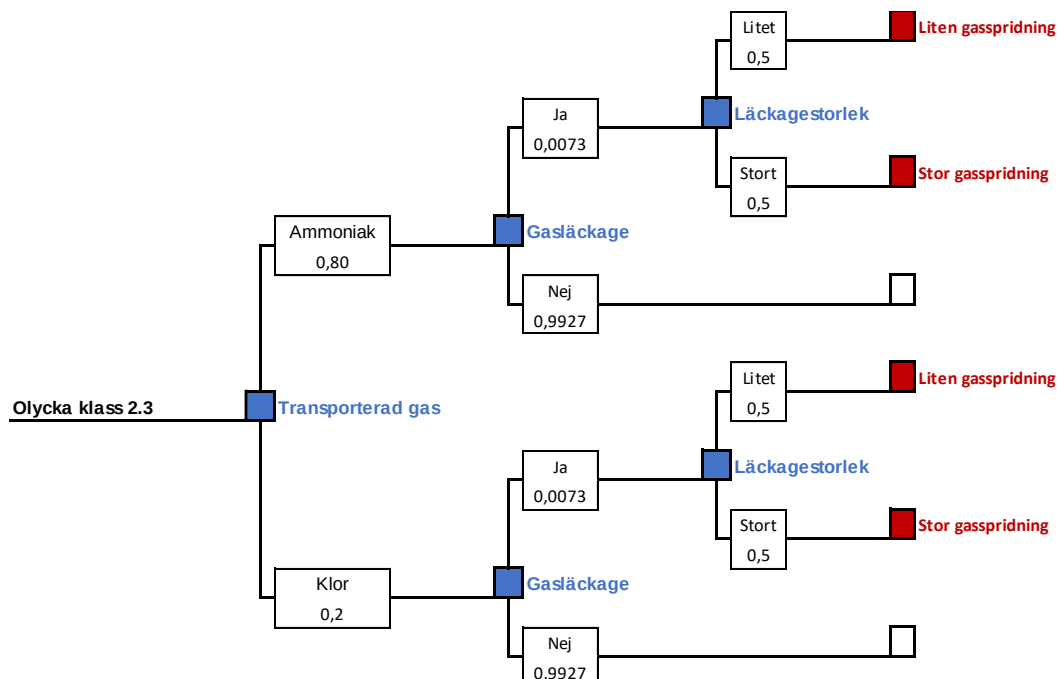
I beräkningarna representeras giftiga gaser av ammoniak och klor, vilket bedöms vara en rimlig representation över de giftiga gaser som faktiskt transporteras. Sannolikheten för transport av ammoniak och klor sätts till 80 procent respektive 20 procent.

Sannolikheten för att tanken skadas och ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage av giftig gas den sannolikhet som gäller för farligt gods som transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 5-8.

Läckagen delas upp i små läckage och stora läckage. På järnväg är sannolikheten för litet respektive stort läckage lika stort [13]. Vad gäller olyckor på väg anger Räddningsverket [11] ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage i sin metod. Därför antas att små och stora läckage utgör 50 procent vardera.

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-3 som visar händelseträdets för olyckor med giftiga gaser. Händelseträdets med de värden som presenteras i Figur 5-3 tillämpas för frekvensberäkningarna för E18 södra körfält. Sannolikheten för läckage varierar för de olika körriktningarna. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för bägge körriktningarna presenteras i Tabell 5-11.



Figur 5-3. Händelseträd för olycka med läckage av giftig gas för E18 Södra körfält.

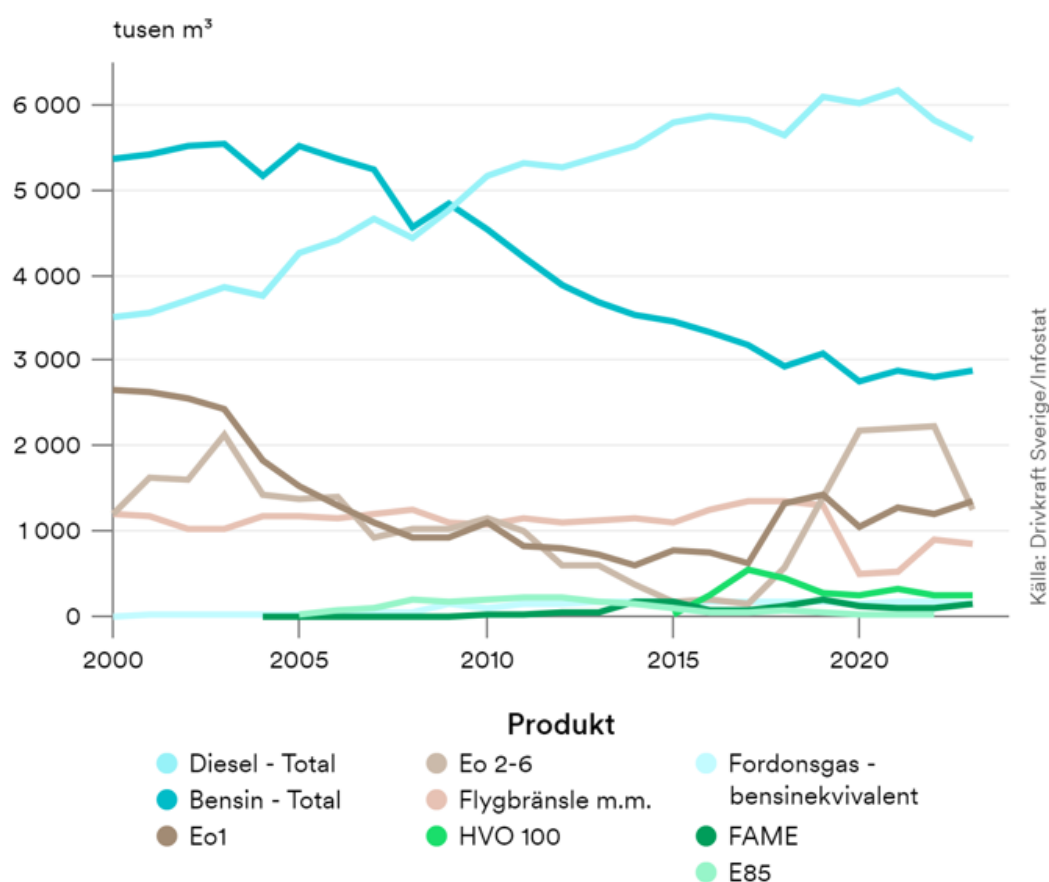
Tabell 5-11. Sannolikhet för läckage av giftig gas för E18, bägge körriktningarna.

Transportled	Läckage [%]
E18 Södra körfält	0,73
E18 Norra körfält	1,13

5.3.2.5 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Exakt fördelning mellan drivmedel och andra brandfarliga vätskor är okänd. I Figur 5-4 visas däremot statistik över samtliga utlevererade oljeprodukter och förnybara drivmedel. Enligt statistiken har diesel de senaste åren stått för cirka 50 procent och bensen för cirka 30 procent av samtliga transporterade oljeprodukter och förnybara drivmedel.

I beräkningarna representeras de brandfarliga vätskorna av bensen respektive resterande drivmedel (diesel, flygbränsle osv.). Bensen antas utgöra 40 procent av all brandfarlig vätska och resterande drivmedel 60 procent. Jämfört med statistiken i Figur 5-4, antas en något högre andel transport av bensen, vilket är konservativt eftersom bensen är mer benägen att antändas och medför större konsekvenser i samband med antändning. I beräkningarna representeras bensen av ämnet pentan medan resterande ämnen representeras av ämnet n-dodekan (dodekan).



Figur 5-4. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige [15].

Sannolikheten för att en tunnväggig tank innehållande brandfarlig vätska skadas och att ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage av brandfarlig vätska den sannolikhet som gäller för farligt gods som *inte* transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 5-8.

Läckage av brandfarliga vätskor delas upp i små, medelstora och stora läckage i enlighet med *Purple Book* [5]. Utsläppsvolymer presenteras i Tabell 5-12 tillsammans med pölstorlek och sannolikhet för varje utsläppsvolym. Informationen i Tabell 5-12 gäller för utsläpp av såväl pentan som dodekan.

Tabell 5-12. Utsläppsvolymer med tillhörande pölstorlekar och sannolikheter givet läckage.

Volym [m ³]	Volymen motsvarar	Pölstorlek [m ²]	Sannolikhet givet läckage [%]
0,5	Ett mindre läckage	100	25
5	En fackvolym	200	60
30	Hela tankvolymen	350	15

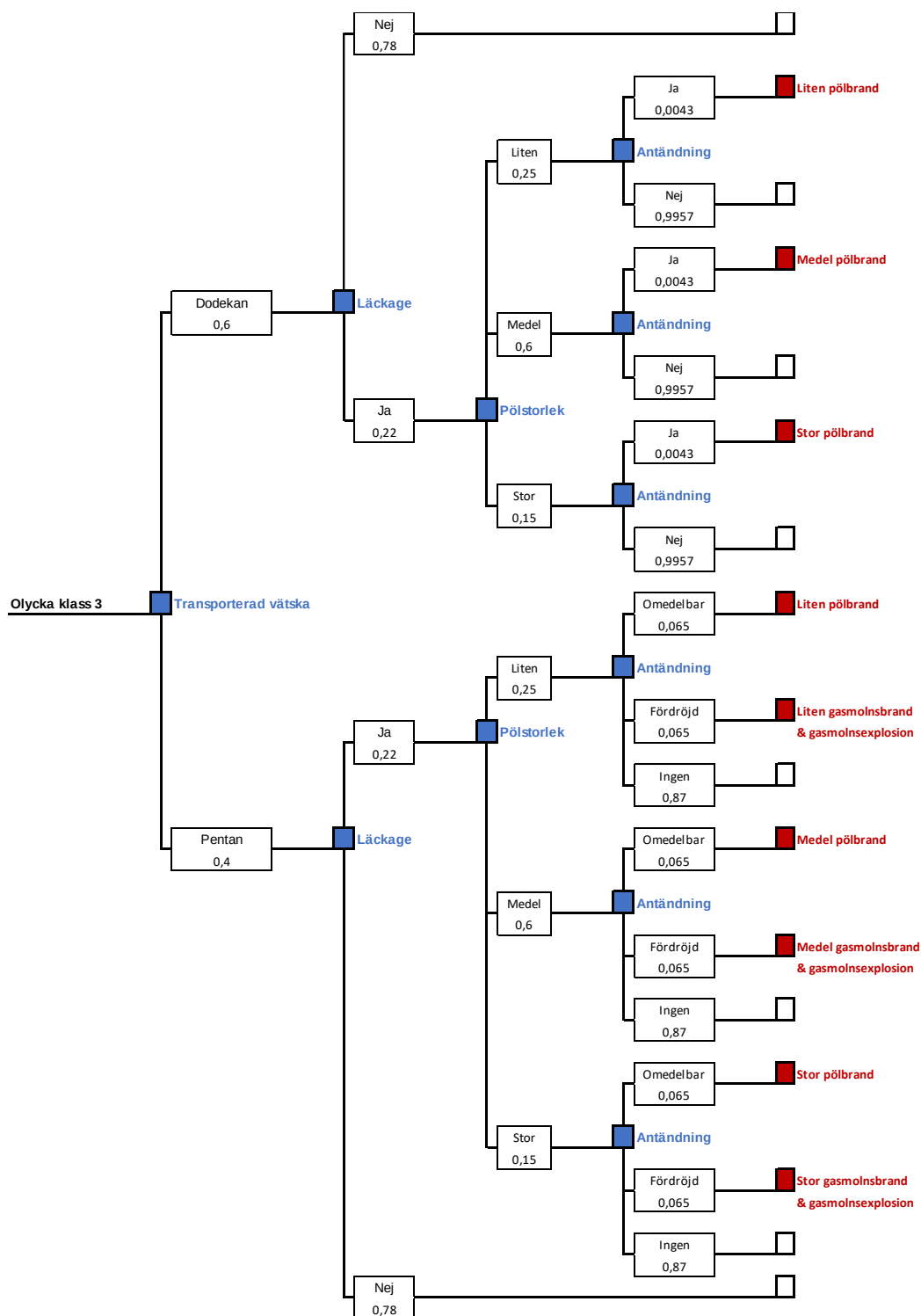
Olika typer av brandfarliga vätskor har olika benägenhet att antändas. Pentan, bensin och etanol är lättantändliga vätskor medan dodekan, diesel och eldningsolja är svårantändliga vätskor. Sannolikheter för antändning, som används i beräkningsprogrammet, är i enlighet med Purple Book [5] och redovisas i Tabell 5-13. För pentan finns risk för fördröjd antändning av den förångade vätskan, vilket innebär risk för både gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion. Vid fördröjd antändning antas motsvarande sannolikheter för gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion som anges för brandfarlig gas i avsnitt 5.3.2.3, det vill säga att 60 procent av de fördröjda antändningarna leder till gasmolnsbrand medan resterande 40 procent leder till gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion.

Tabell 5-13. Sannolikhet för antändning av pölbrand [5].

Brandfarlig vätska	Direkt antändning [%]	Fördröjd antändning [%]
Pentan	6,5	6,5
Dodekan	0,43	-

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-5, som visar händelseträdet för olyckor med brandfarliga vätskor. Händelseträdet, med de värden som presenteras i Figur 5-5, tillämpas för frekvensberäkningarna för E18 södra körfält. Sannolikheten för läckage varierar för de olika körriktningarna. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för bägge körriktningarna presenteras i Tabell 5-14.



Figur 5-5. Händelseträd för olycka med brandfarlig vätska för E18 Södra körfält.

Tabell 5-14. Sannolikhet för läckage av brandfarlig vätska för E18, bägge körriktningarna.

Transportled	Läckage [%]
E18 Södra körfält	22
E18 Norra körfält	34

5.3.2.6 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I beräkningarna antas det att samtliga transporter med Klass 5 utgörs av oxiderande ämnen (Klass 5.1), eftersom dessa utgör en stor majoritet av samtliga transporter med Klass 5, se avsnitt 0.

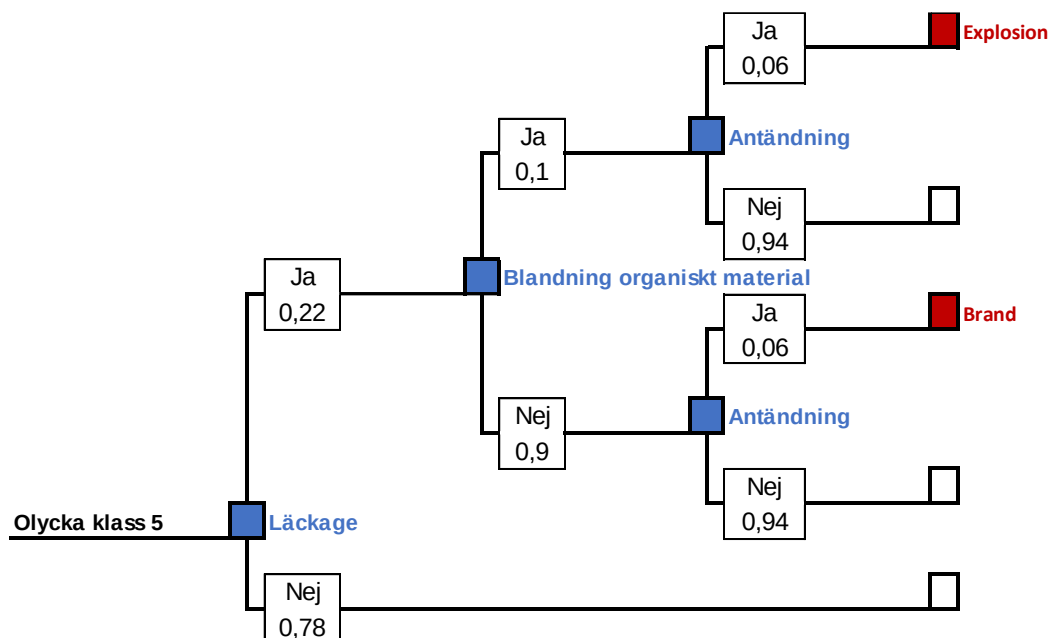
Oxiderande ämnen transporteras under atmosfärstryck i tunnväggiga tankar. Sannolikheten för att tanken skadas och att ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage den sannolikhet som gäller för farligt gods som *inte* transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 5-8.

Olycksförloppet vid läckage av oxiderande ämnen beror på om ämnen blandas med organiskt material, exempelvis fordonets bränsle. Om ämnet blandas med organiskt material kan en explosion inträffa. Om ämnet inte blandas med organiskt material förväntas ingen explosion men däremot kan en brand uppstå.

Givet ett läckage antas sannolikheten för blandning av det oxiderande ämnet med organiskt material vara 10 procent. Om det oxiderande ämnet blandas med organiskt material antas sannolikheten för explosion vara 6 procent. Om det oxiderande ämnet inte blandas med organiskt material antas sannolikheten för brand vara 6 procent.

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-6 som visar händelseträdets för olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider. Händelseträdets med de värden som presenteras i Figur 5-6 tillämpas för frekvensberäkningarna för E18 södra körfält. Sannolikheten för läckage varierar för de olika körriktningarna. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för bägge körriktningarna presenteras i Tabell 5-15.



Figur 5-6. Händelseträd för olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider för E18 Södra körfält.

Tabell 5-15. Sannolikhet för läckage av oxiderande ämnen och organiska peroxider för E18, bägge körriktningarna .

Transportled	Läckage [%]
E18 Södra körfält	22
E18 Norra körfält	34

5.3.3 Summering av frekvensberäkningar

Nedan redovisas en summering av de slutfrekvenser för olycka med farligt gods på väg E18 som används som indata till beräkningar av individ- och samhällsrisk, i Tabell 5-16.

Tabell 5-16. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på E18.

Klass	Händelse	Frekvens per år	
		E18 S	E18 N
Klass 1	Liten explosion	1,88E-7	2,01E-7
	Stor explosion	1,64E-9	1,75E-9
Klass 2.1	BLEVE	6,81E-9	7,27E-9
	Jetbrand (litet läckage)	2,27E-7	2,42E-7
	Jetbrand (stort läckage)	4,54E-7	4,85E-7
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	2,27E-8	2,42E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	1,14E-6	1,21E-6
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	2,45E-8	2,62E-8
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	2,45E-8	2,62E-8
	Utsläpp, klor (litet läckage)	6,12E-9	6,54E-9
	Utsläpp, klor (stort läckage)	6,12E-9	6,54E-9
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	4,98E-7	5,32E-7
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	1,19E-6	1,28E-6
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	2,99E-7	3,19E-7
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	5,02E-6	5,36E-6
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	1,20E-5	1,29E-5
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	3,01E-6	3,21E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	5,02E-6	5,36E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	1,20E-5	1,29E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	3,01E-6	3,21E-6
Klass 5	Explosion	3,74E-7	4,00E-7
	Brand	3,37E-6	3,60E-6

5.4 Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods

I detta avsnitt presenteras metodik för och antaganden bakom konsekvensberäkningar. Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods genomförs i programvaran Riskcurves [2]. Beräkningarna baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves, dvs. *Purple Book* [5], *Yellow Book* [16] och *Green book* [3].

Avsnittet beskriver först generella omgivningsparametrar som utgör förutsättningar för de olika beräkningsscenarierna och därefter ett underavsnitt för varje klass av farligt gods. Underavsnitten beskriver relevanta sårbarhetsparametrar, använda beräkningsmodeller för olycksscenarier och beräknade konsekvensavstånd.

5.4.1 Generella omgivningsparametrar

Generella omgivningsparametrar som används i beräkningarna och påverkar konsekvensavstånden presenteras i Tabell 5-17. För omgivningsparametrar som berör vindförhållanden hänvisas till avsnitt 3.

Tabell 5-17. Omgivningsparametrar.

Parameter	Värde	Kommentar
Lufttryck	1 atm	Omgivningens lufttryck.
Solinstrålning dagtid	120 W/m ²	Solinstrålningen har en inverkan på avdunstningen av pölar.
Omgivningstemperatur	9 °C	Årlig medeltemperatur. Temperaturen har en inverkan på konsekvenserna. Generellt innebär en högre temperatur större konsekvenser.
Relativ fuktighet	83 %	Omgivningens luftfuktighet.
Molnighet	75 % (halvklart till molnigt)	Molnigheten påverkar den faktiska solinstrålningen. 75 % moln innebär 25 % av den ordinarie solinstrålningen.
Ytråhet (gasspridning)	0.25 m "High crops; scattered large objects"	Ytråhet är en parameter som beskriver grovheten av en yta och som påverkar vindhastigheten vid ytan. Ju slätare yta och färre hinder, desto lägre värde. Lägre värden innebär längre spridningsavstånd för gasmoln.

5.4.2 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för explosiva ämnen och föremål.

5.4.2.1 Sårbarshetsparametrar

En explosion med explosiva ämnen eller föremål medför ett övertryck som kan vara skadligt för människor. Skador på människor utgörs i första hand av skador på trumhinnor. Vid mer kraftfulla övertryck påverkas även lungor och andra inre organ, vilket kan orsaka dödliga skador. Det lägsta explosionsövertryck som kan förväntas orsaka dödliga skador är runt 180 kPa. Däremot kan lägre övertryck på 10-40 kPa orsaka skador på byggnader som medför dödsfall bland de människor som vistas inom byggnaden. I Tabell 5-18 anges de sårbarshetsparametrar avseende explosionsövertryck som används i beräkningarna.

Tabell 5-18. Sårbarshetsparametrar avseende explosionsövertryck som används i beräkningar.

Parameter	Värde	Kommentar
Explosionsövertryck (dödlighet)	30 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 100 % dödlighet oavsett om personer vistas inomhus eller utomhus. Detta är att se som mycket konservativt eftersom dödsfall utomhus endast förväntas ske vid betydligt högre övertryck.
Explosionsövertryck	10 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 2,5 % dödlighet inomhus.

5.4.2.2 Modell för olycksscenario

För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen och föremål används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i *Yellow book* [16]. Det massexplosiva ämnet representeras av TNT, och trycket från explosionen beräknas därefter. Mängden massexplosiva varor i en transport är i beräkningarna antingen 20 kg eller 16 000 kg enligt avsnitt 5.3.2.2, vilket motsvarar en liten respektive stor explosion.

5.4.2.3 Konsekvensavstånd

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med explosiva ämnen och föremål presenteras i Tabell 5-19. Konsekvensavstånden skiljer sig inte åt mellan olika väderförhållanden.

Tabell 5-19. Konsekvensavstånd för explosion.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m]
10 kPa	Liten explosion	37
	Stor explosion	341
30 kPa	Liten explosion	17
	Stor explosion	157

5.4.3 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för brandfarliga gaser.

5.4.3.1 Sårbarhetsparametrar

En olycka med brandfarlig gas kan medföra skador på människor på grund av dels det övertryck som uppstår vid en explosion, dels den värmestrålning som uppstår vid antändning av gasen. I Tabell 5-20 anges de sårbarhetsparametrar som används i beräkningarna för olycka med brandfarliga gaser. Förutom att vissa värden på värmestrålning och övertryck medför 100 procent dödlighet i beräkningarna, används även en probitfunktion för värmestrålning som innebär att en andel av de som exponeras för värmestrålning som är lägre än 35 kW/m² under en viss tid omkommer.

Tabell 5-20. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med brandfarliga gaser som används i beräkningar.

Parameter	Värde	Kommentar
Gasmolnsbrand (faktor för dödlighet)	1	Andel som omkommer inom brännbar koncentration av ett gasmoln.
Jetbrand (faktor för dödlighet)	1	Andel som omkommer inom jetbrandens utbredning.
Värmestrålning (dödlighet)	35 kW/m ²	Värmestrålningsnivå med 100 % dödlighet.
Probitfunktion för värmestrålning	$-36,38 + 2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot t)$ [3]	q = värmestrålning i W/m ² t = exponeringstid i sekunder
Tid för värmeexponering	20 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 20 s har funnit skydd.
Korrektionsfaktor för kläders skydd mot värmestrålning	0,14	Vid probitberäkningar för värmestrålning appliceras denna korrektionsfaktor för att justera aktuella konsekvenser vid samhällsriskberäkningar.
Mottagarens höjd över marken	1,5 m	Höjd för beräkning av värmestrålning.
Explosionsövertryck (dödlighet)	30 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 100 % dödlighet oavsett om personer vistas inomhus eller utomhus. Detta är att se som mycket konservativt eftersom dödsfall utomhus endast förväntas ske vid betydligt högre övertryck.
Explosionsövertryck (dödlighet inomhus)	10 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 2,5 % dödlighet inomhus.

5.4.3.2 Modell för olycksscenario

För analysen av konsekvenser som omfattar brandfarliga gaser används olika beräkningsmodeller beroende på aktuellt scenario.

I beräkningarna antas att det är tryckkondenserad propan (gasol) som transporteras eftersom ämnet har en låg brännbarhetsgräns och utgör en stor andel av transporterna med brandfarlig gas. Det innebär att antändning kan inträffa på ett förhållandevis långt avstånd från olycksplatsen.

I beräkningarna representeras möjliga läckage av ett litet och ett stort läckage:

- litet läckage – punktering med hålstorlek 10 mm
- stort läckage – punktering med hålstorlek 50 mm.

Dessa hålstorlekar används för modellering av konsekvenser för jetbrand och antänt gasmoln. Konsekvensberäkningar av BLEVE är oberoende av hålstorlek. För jetbrand och antänt gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, tiden till antändning samt vindriktning och -hastighet. Ett utsläpps storlek och konsekvensområde varierar även beroende på var i tanken läckaget inträffar, dvs. om läckaget uppstår där det transporterade ämnet är i vätskefas eller i gasfas. I beräkningarna antas att läckaget sker i vätskefasen eftersom det ger de största konsekvenserna och anses även vara det mest troliga i händelse av olycka med brandfarlig gas.

De indata som används i beräkningsprogrammet [2] för att simulera konsekvensområden för jetbrand, antänt gasmoln och BLEVE är:

- volym på tank: 40 m³
 - För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande.
- tankfyllnadsgrad: 80 %
- lagringstemperatur: 9 °C
- lagringstryck: 6,2 bar (absolut tryck motsvarande ångtrycket)
- utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- bristningstryck: 25 bar (inneboende tryck då tanken brister vid en BLEVE).

Gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand

För scenariot gasmolnsexplosion används multienergimetoden, vilket är en metod inom gruppen "fuel-air charge blast model", för att beräkna konsekvenser, i enlighet med *Yellow book* [16]. Modellen beskrivs där som den mest lämpliga för att modellera egenskaperna hos en gasmolnsexplosion.

En parameter som behöver bestämmas för att genomföra beräkningar enligt multienergimetoden är explosionsstyrkan, vilken anger den initiala styrkan hos explosionen och är fördelad på tio olika klasser. Explosionsstyrka 1 innebär en svag explosion med låg flamhastighet, medan explosionsstyrka 10 innebär stark explosion med hög flamhastighet (detonation). Explosionsstyrkan beror bland annat på parametrar som grad av inneslutning, hindertäthet, initieringsenergi och reaktivitet hos gasen [17]. Det saknas enkla modeller för att uppskatta aktuell explosionsstyrka och stora variationer förekommer, varför höga värden på explosionsstyrka inte kan uteslutas. För att ta höjd för denna variation antas explosionsstyrkan 10, vilket rekommenderas i *Yellow book* för situationer då tillräcklig information saknas [16]. Detta är ett konservativt värde, eftersom explosioner med brandfarliga gaser utomhus ytterst sällan innebär detonation [17, 16].

Vid en gasmolnsexplosion deltar inte hela det brännbara molnet i explosionen. Endast de delar av det brännbara gasmolnet som är instängda eller blockerade bidrar till explosionsfenomenet [16]. I beräkningarna antas det att 8 procent av gasmolnet bidrar till explosionsfenomenet, vilket föreslås i *Purple book* [5]. De delar av gasmolnet som inte ingår i explosionen ingår istället i en gasmolnsbrand. Konsekvensberäkningar av

gasmolnsbrand baseras på de utgångspunkter och standardvärden som anges i *Yellow book* [16]

En gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion kan, beroende på vindstyrka och vindriktning inträffa en bit från själva läckagepunkten. Värst konsekvenser inträffar då vid det område som gasmolnet driver mot, vilket avgörs av vindriktningen.

Jetbrand

Konsekvensberäkningar av jetbrand baseras på de utgångspunkter och standardvärden som anges i *Yellow book* [16]. Flammans längd beror av storleken på hålet, trycket i tanken och aktuellt väderförhållande.

BLEVE

Konsekvensberäkningar av BLEVE baseras på de utgångspunkter och standardvärden som anges i *Yellow book* [16].

5.4.3.3 Konsekvensavstånd

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med brandfarlig gas presenteras i Tabell 5-21, Tabell 5-22 och Figur 5-7. Tabell 5-21 presenterar konsekvenser för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet läckage respektive stort läckage av brandfarlig gas. Konsekvenserna för jetbrand och antänt gasmoln är beroende av väderförhållanden och presenteras därför för olika väderförhållanden.

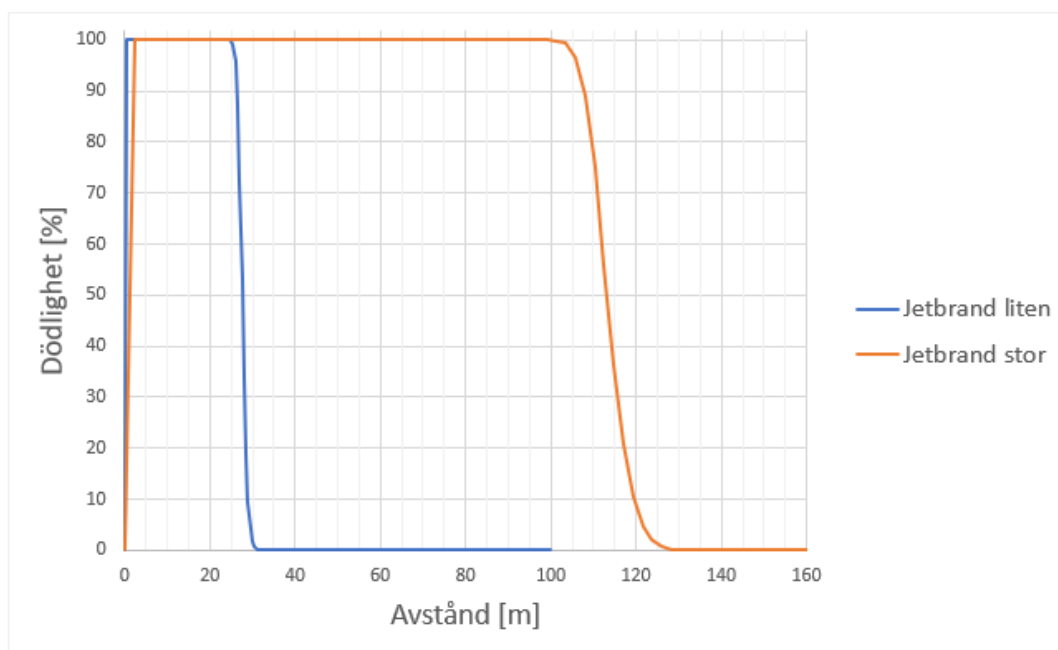
Tabell 5-22 presenterar konsekvenserna för BLEVE. Som tidigare nämnt är konsekvenserna för BLEVE oberoende av hålstorlek. Dessutom är konsekvenserna för BLEVE i praktiken oberoende av väderförhållanden och presenteras därför inte för olika väderförhållanden. I Figur 5-7 visas hur dödligheten vid jetbrand varierar med avståndet från utsläppspunkten enligt probitberäkningar. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för värmestrålning, dvs. 20 sekunder.

Tabell 5-21. Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet och stort läckage av brandfarlig gas.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd (vid angivet väderförhållande) [m]		
		D5	D2	F2
Litet läckage				
35 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	22	25	26
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	20	23	26
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	14	15	18
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	14	15	18
Stort läckage				
35 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	89	102	105
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	100	124	158
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	68	83	111
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	77	93	138

Tabell 5-22. Konsekvensavstånd för olycksscenario BLEVE.

Konsekvens	Avstånd [m]
35 kW/m ² värmestrålning	126
10 kPa övertryck	72
30 kPa övertryck	28



Figur 5-7. Dödlighet på olika avstånd från utsläppspunkten vid liten respektive stor jetbrand (vindförhållande F2). Områden för 100 procent dödlighet motsvarar jetbrandens utredning, därefter avtar värmestrålningen och dödligheten.

5.4.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för giftiga gaser.

5.4.4.1 Sårbarhetsparametrar

En olycka med giftig gas kan medföra skador på människor på grund av den toxiska effekten gasen har på kroppen. I Tabell 5-23 anges de sårbarhetsparametrar som används i beräkningarna för olycka med giftiga gaser. Omfattningen av skada beror på koncentrationen som mottagaren exponeras för och tiden för exponering. Detta beräknas genom probitfunktioner för de representerande gaserna, dvs. ammoniak och klor. Påverkan för människor som befinner sig inomhus bedöms reduceras med en faktor tio jämfört med människor som befinner sig utomhus, enligt vad som anges i Purple Book [5].

Tabell 5-23. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med giftiga gaser som används i beräkningar.

Parameter	Värde	Kommentar
Probitfunktion för toxisk exponering för ammoniak	$7,9367 + 1 \cdot \ln(c^2 \cdot t)$ [3]	c = koncentration t = exponeringstid
Probitfunktion för toxisk exponering för klor	$10,599 + 0,5 \cdot \ln(c^{2,75} \cdot t)$ [3]	c = koncentration t = exponeringstid
Tid för toxisk exponering	1 800 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 1800 s har funnit skydd
Korrektionsfaktor för inomhusvistelses skydd mot toxisk exponering	0,1 [5]	Vid probitberäkningar för toxisk exponering appliceras denna korrektionsfaktor för att justera aktuella konsekvenser vid samhällsriskberäkningar.
Mottagarens höjd över marken	1,5 m	Höjd för beräkning av toxisk koncentration av gas

5.4.4.2 Modell för olycksscenario

I konsekvensberäkningarna för giftig gas används de utgångspunkter och standardvärden för gasutsläpp och spridning av gas som anges i *Yellow book* [16]. Enligt avsnitt 5.3.2.4 antas transporter av giftiga gaser innehålla antingen ammoniak eller klor, vilka representerar måttligt giftiga gaser respektive mycket giftiga gaser.

I beräkningarna representeras möjliga läckage av ett litet och ett stort läckage enligt:

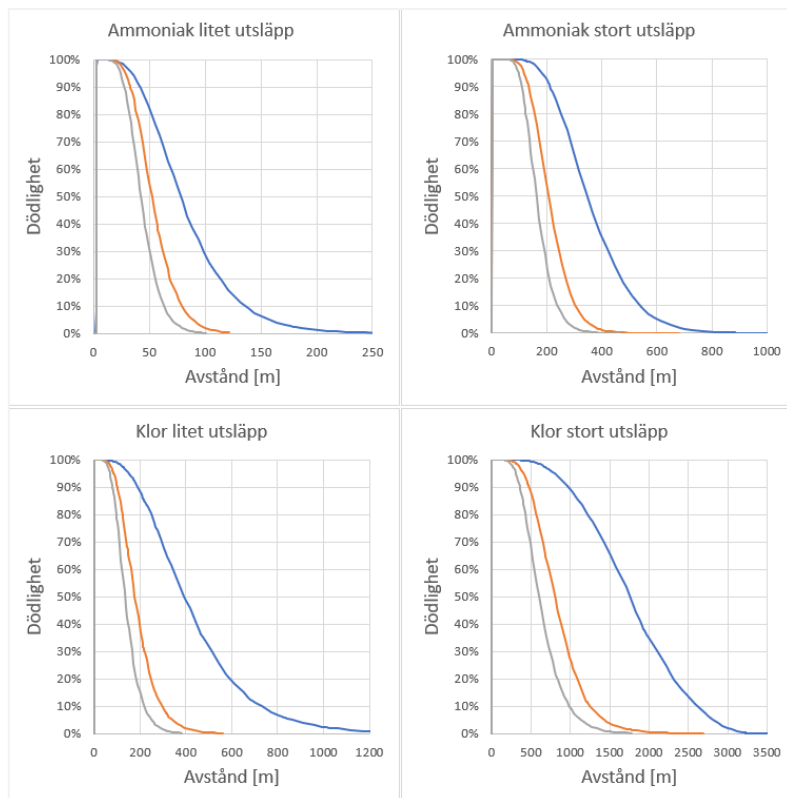
- litet läckage – punktering med hålstorlek 10 mm
- stort läckage – punktering med hålstorlek 50 mm.

De indata som används i beräkningsprogrammet [2] för att simulera konsekvensområden för läckage av giftig gas är:

- tankvolym: 40 m³
 - För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande.
- tankfyllnadsgrad: 80 %
- lagringstemperatur: 9 °C
- lagringstryck klor: 10 bar (absolut tryck)
- lagringstryck ammoniak: 10 bar (absolut tryck)
- utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- tanklängd (horisontell cylinder): 7 m.

5.4.4.3 Konsekvensavstånd

Avstånd till olika skadeutfall i samband med olyckor med giftig gas presenteras i Figur 5-8. Eftersom konsekvensberäkningarna för giftig gas inte utgår från någon kritisk koncentration som medför 100 procent dödlighet presenteras inga avstånd till specifika koncentrationsnivåer. Istället presenteras avstånd till olika skadeutfall, dvs. avstånd till plats där en viss andel människor förväntas omkomma. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för toxisk exponering, dvs. 1 800 sekunder. Konsekvenserna för utsläpp av giftig gas är mycket beroende av väderförhållanden och presenteras därför för olika väderförhållanden.



Figur 5-8. Dödlighet på olika avstånd från utsläpp av giftig gas. Grå linje avser väderförhållande D5, orange linje avser väderförhållande D2 och blå linje avser väderförhållande F2.

5.4.5 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för brandfarliga vätskor.

5.4.5.1 Sårbarhetsparametrar

En olycka med brandfarlig vätska och efterföljande antändning kan medföra skador på människor på grund av den värmestrålning som uppstår. Vid en eventuell gasmolnexplosion från förångad vätska kan människor dessutom skadas av explosionsövertryck. I Tabell 5-18 anges de sårbarhetsparametrar som används i beräkningarna för brandfarlig vätska. Förutom att värmestrålning som överstiger 35 kW/m² medför 100 procent dödlighet i beräkningarna, används även en probitfunktion för värmestrålning som innebär att en andel av de som exponeras för värmestrålning lägre än 35 kW/m² under en viss tid omkommer.

Värmeexponering		
Värmestrålning (dödlighet)	35 kW/m ²	Värmestrålningsnivå med 100 % dödlighet
Probitfunktion för värmestrålning	$-36,38 + 2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot t)$ [3]	q = värmestrålning i W/m ² t = exponeringstid i sekunder
Tid för värmeexponering	20 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 20 s har funnit skydd
Korrektionsfaktor för kläders skydd mot värmestrålning	0,14	Vid probitberäkningar för värmestrålning appliceras denna korrektionsfaktor för att justera aktuella konsekvenser vid samhällsriskberäkningar.
Explosionsövertryck (dödlighet)	30 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 100 % dödlighet oavsett om personer vistas inomhus eller utomhus. Detta är att se som mycket konservativt eftersom dödsfall utomhus endast förväntas ske vid betydligt högre övertryck.
Explosionsövertryck (dödlighet inomhus)	10 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 2,5 % dödlighet inomhus.
Gasmolnsbrand (faktor för dödlighet)	1	Andel som omkommer inom brännbar koncentration av ett gasmoln.

5.4.5.2 Modell för olycksscenario

I konsekvensberäkningen används pentan för att modellera bensin och dodekan för att modellera resterande brandfarliga vätskor (diesel, flygbränsle osv.). En cirkulär pöl används i konsekvensberäkningarna, vilket är ett konservativt antagande då detta ger högre värmestrålning i jämförelse med en avlång pöl som kan antas efterspegla verkligheten på ett bättre sätt. I övrigt används de utgångspunkter och standardvärden för vätskeutsläpp och pölbrand som beskrivs som anges i *Yellow book* [16].

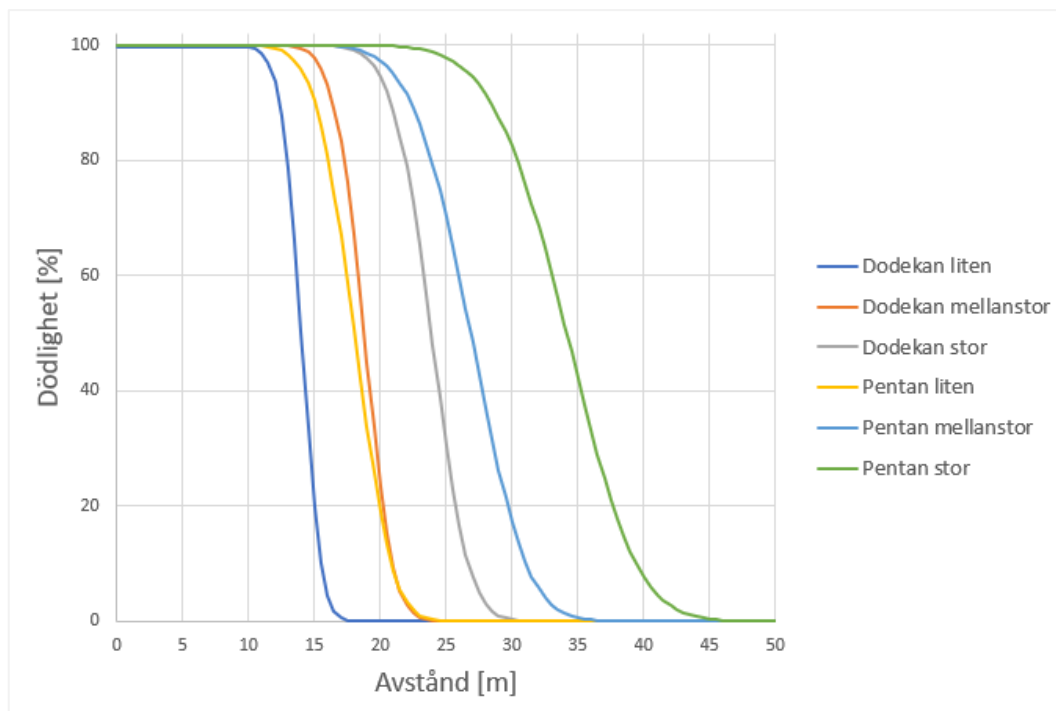
5.4.5.3 Konsekvensavstånd

I Tabell 5-24 redovisas avstånd till värmestrålningsnivå, som medför 100 procent dödlighet, för väderförhållande D5 för de studerade olycksscenarierna. Variationerna mellan olika väderscenarier är inte betydande och därför presenteras enbart avstånd för väderförhållande D5. I Figur 5-9 visas hur dödligheten vid pölbrand varierar med avståndet från utsläppspunkten enligt probitberäkningar. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för värmestrålning, dvs. 20 sekunder.

Tabell 5-25 presenterar konsekvenser för antänt gasmoln i samband med litet, medelstort och stort läckage av brandfarlig vätska (pentan). Förutsättningarna för antändning av gasmoln är beroende av väderförhållanden, och enbart när luftmassan är mycket stabil och vindhastigheten låg (väderförhållande F2) finns det förutsättningar för antändning. Därför visas endast konsekvensavstånd för väderförhållande F2.

Tabell 5-24. Avstånd till värmestrålningsnivåer för väderförhållande D5.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd (vid väderförhållande D5) [m]
35 kW/m ² värmestrålning	Pentan	Litet läckage
		Medelstort läckage
		Stort läckage
	Dodekan	Litet läckage
		Medelstort läckage
		Stort läckage



Figur 5-9. Dödlighet på olika avstånd från utsläppspunkten vid pölbrand (vindförhållande D5).

Tabell 5-25. Konsekvensavstånd för antänt gasmoln i samband med litet, medelstort och stort läckage av brandfarlig vätska (pentan), väderförhållande F2.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd (utifrån läckagestorlek) [m]		
		Litet	Medel	Stort
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	16	32	43
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	8	18	24
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	8	17	25

5.4.6 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I avsnitt 5.3.2.6 beskrivs att oxiderande ämnen (klass 5.1) antas utgöra samtliga transporter av ämnen i klass 5. I samma avsnitt beskrivs att explosionsscenarioer eller brandscenarioer kan uppstå i samband med en olycka med oxiderande ämnen.

Explosionsscenarioer med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten explosion av explosiva ämnen och föremål. Konsekvenserna för explosionsscenarioerna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten explosion. Se avsnitt 5.4.1 för mer information om konsekvensberäkningar för små explosioner.

Brandscenarioer med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten pölbrand av brandfarliga vätskor. Konsekvenserna för brandscenarioerna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten pölbrand. Brandscenarioerna fördelas lika mellan små pölbränder av dodekan och pentan. Se avsnitt 5.4.5 för mer information om konsekvensberäkningar för små pölbränder.

Referenser

- [1] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hallands län – framtagen i projektet "Ökad förståelse och förmåga att hantera händelser med farliga ämnen (CBRN) i Hallands län", 2011.
- [2] TNO Riskcurves, RISKCURVES 12.5.1.
- [3] TNO Green Book, "Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book", 1992.
- [4] SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer," [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/>.
- [5] TNO Purple Book, "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book", 2005b. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>.
- [6] FOI, "Osäkerheter i observationer och beräkningar," Totalförsvarets forskningsinstitut., FOI-R--3764--SE, 2013.
- [7] Trafikverket, "NVDB på webb," [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.
- [8] Trafikverket, "Trafikutvecklingstal väg (TRV 2021/7267), 2024.
- [9] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2014-2023," 2015-2024.
- [10] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," 2006.
- [11] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," 1996.
- [12] HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety, London, 1991.
- [13] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [14] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [15] Drivkraft Sverige, "Volymet," 20 06 2024. [Online]. Available: <https://drivkraftsverige.se/statistik/volymer/>.
- [16] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [17] FOA, "Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," 1998.