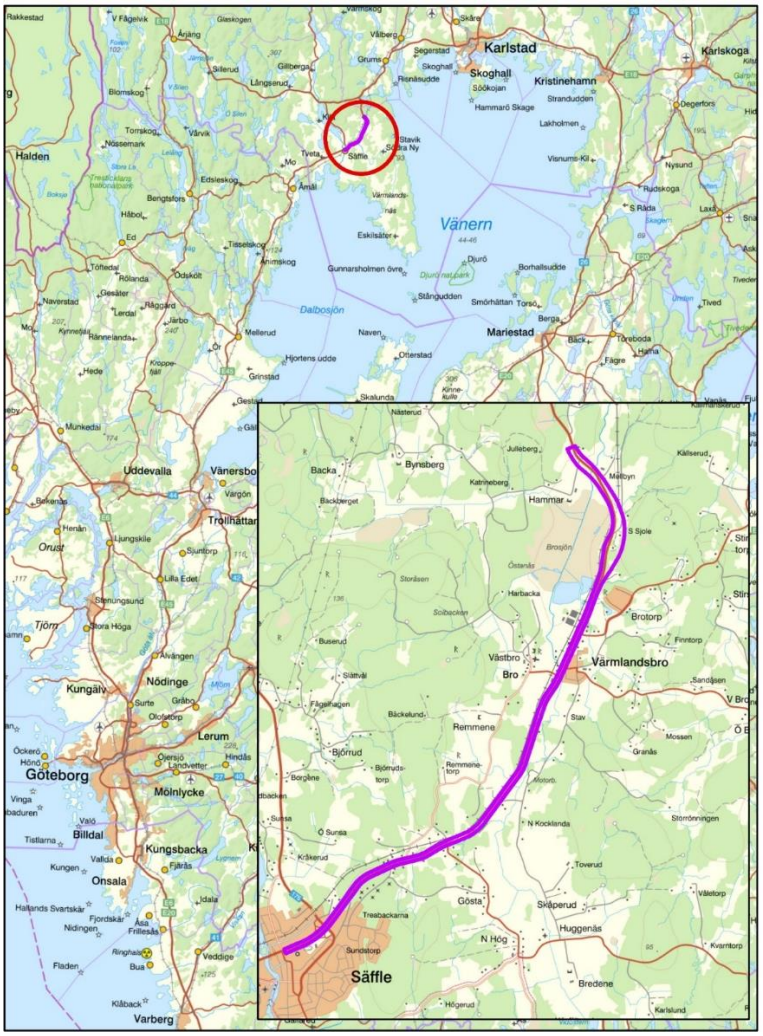
Handläggare
Tove Raquette
Telefon
010 505 64 20
Mobil
0722 05 69 76
E-post
tove.raquette@afry.com

Datum
2025-02-18
Projekt ID
739439

Kund
Trafikverket

Riskutredning för E45 Säffle-Hammar



ÅF-Infrastructure AB
Frösundaleden 2 (goods 2E)
SE-169 99 Stockholm
Sweden

Tel: 010-5050000
Registered office in Solna
Corp. id: 260110
VAT: SE556185210301

afry.com

Dokumenthistorik

Version	Datum	Revidering	Handläggare	Intern kvalitets-granskning
1.0	2025-02-18	Första utgivna version.	Tove Raquette	Mario Rubil
2.0	2025-03-05	Revidering efter kommentarer av Trafikverket	Tove Raquette	-
3.0	2025-05-22	Revidering efter kommentarer från länsstyrelsens godkännande av MKB	Tove Raquette	-

Copyright © AFRY

Innehåll

1 Inledning 7
1.1 Syfte och mål 7
1.2 Avgränsningar 7

2 Styrande lagstiftning och riktlinjer 9
2.1 Plan- och bygglagen 9
2.2 Miljöbalken 9
2.3 Riktlinjer för farligt gods 9
2.3.1 Riktlinjer – Länsstyrelsen Dalarna 9
2.4 Kvantitativa riskmått 10
2.4.1 Individrisk 11
2.4.2 Samhällsrisk 11
2.4.3 Presentation av risken 11
2.5 Kriterier för riskvärdering 11
2.5.1 Kvantitativa kriterier - Det Norske Veritas (DNV) 12

3 Metod 13
3.1 Programvara 14

4 Beskrivning av vägsträcka och omgivning 15
4.1 Riskobjekt 17
4.1.1 E45 Säffle-Hammar 18
4.1.2 Vänerbanan 20
4.2 Skyddsvärda objekt 20

5 Riskinventering 22
5.1 Olycka med farligt gods 22
5.1.1 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål 23
5.1.2 Klass 2 – Gaser 23
5.1.3 Klass 3 – Brandfarliga vätskor 25
5.1.4 Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen 25
5.1.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider 25
5.1.6 Klass 6 – Giftiga ämnen och smittsamma ämnen 26
5.1.7 Klass 7 – Radioaktiva ämnen 26
5.1.8 Klass 8 – Frätande ämnen 26
5.1.9 Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål 27
5.2 Sammanfattning av aktuella olyckstyper 27

6 Riskanalys 28
6.1 Förutsättningar för beräkningar 28
6.1.1 Väderförhållanden 28

Copyright © AFRY

6.1.2 Trafikmängd ... 28
6.1.3 Fördelning av farligt gods ... 30
6.1.4 Frekvens för olycka med farligt gods ... 31
6.2 Individrisk ... 33
6.2.1 Individrisk vid särskilda fastigheter ... 38

7 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder ... 43
7.1 Riskvärdering ... 43
7.2 Riskreducerande åtgärder ... 47
7.2.1 Fastighetsnära åtgärder – krav på brandteknisk klass ... 47
7.2.2 Sidoräcken ... 48

8 Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys ... 49
8.1 Känslighetsanalys ... 49
8.1.1 Antal transporter av farligt gods ... 49
8.1.2 Fördelning av farligt gods ... 49
8.1.3 Olycksfrekvens ... 50
8.1.4 Parametrar med påverkan på konsekvensavstånd ... 50
8.2 Osäkerhetsanalys ... 50
8.2.1 Antal transporter av farligt gods ... 50
8.2.2 Andel farligt gods och fördelning av farligt gods ... 51
8.2.3 Olycksfrekvens ... 51
8.2.4 Parametrar med påverkan på konsekvensavstånd ... 52

9 Slutsatser ... 53

Referenser ... 54

Bilagor:

Beräkningsbilaga till Riskutredning för E45 Säffle-Hammar, daterad 2025-02-18.

Copyright © AFRY

Sammanfattning

I Säffle kommun planerar Trafikverket att göra ändringar av E45 mellan Säffle och Hammar som utgör en del av den vägplan som nu håller på att tas fram. Sträckan har idag trafiksäkerhetsbrister som bland annat består av avsnitt med låg plan- och profilstandard, dålig sikt och otrygga omkörningsförhållanden. Projektet syftar därför till att öka trafiksäkerheten, tillgängligheten och framkomligheten på E45 med fokus på både person- och godstransporter. Ändringarna innebär bland annat att den befintliga vägen ska breddas, mittsepareras där detta är möjligt och att viltolycksreducerande åtgärder implementeras.

På E45 transporteras det farligt gods, vilket innebär att vägen utgör ett riskobjekt gentemot omgivningen. Parallellt med vägsträckan löper dessutom järnvägen Vänerbanan, där det också transporteras farligt gods. Längs med den aktuella sträckan av E45 finns det bostäder och verksamheter inom avstånd som understiger de avstånd som rekommenderas i de riktlinjer för farligt gods som hänvisas till i Värmlands län. Sammantaget innebär detta att det finns ett behov av att utreda riskbilden i vägsträckans omgivning för att säkerställa att oacceptabla risker inte uppstår i samband med aktuella planjusteringar.

Denna riskutredning utgör underlag till väg- och järnvägsplanen för E45 Säffle – Valnäs, delen Säffle – Hammar och tillhörande miljökonsekvensbeskrivning.

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor i vägsträckans närhet inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor med farligt gods på E45 och Vänerbanan. Målet med riskutredningen är att kvantifiera och värdera aktuella risker mot fastställda riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms tolerabla utreds och presenteras nödvändiga åtgärder.

Följande resultat med avseende på individrisk har erhållits:

- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger som högst inom det övre ALARP-området, som längst cirka 12 meter från vägkant för utvecklingsalternativet och 17 meter för nollalternativet.
- Individrisken är belägen inom nedre ALARP-området inom ett stort geografiskt område både för noll- och utvecklingsalternativet. Speciellt mot den sida där järnvägen är belägen.
- Avståndet till gränsen för tolerabel individrisk varierar stort beroende på delsträcka och vilken sida av vägen som avses. Avståndet varierar mellan 43 och 250 meter för utvecklingsalternativet, och mellan 43 och 265 meter för nollalternativet.

Utvecklingsalternativet innebär generellt en minskad individrisk längs med E45. Att individrisken minskar är i linje med projektets syfte, det vill säga bland annat en ökad trafiksäkerhet och därmed färre olyckor. Eftersom vägen är befintlig är det förändringen av risk, och framför allt ökningen av individrisk på enskilda platser, som är relevant att beakta.

Inom vissa områden kan individrisken öka på grund av att vägkanten förflyttas och hamnar närmre dessa områden. För de platser där individrisken är inom nedre ALARP-området är ökningen av individrisk så pass liten att den kan ses som försumbar och därmed inte rimlig att ta hänsyn till. För de fastigheter som ligger nära vägkanten och utsätts för individrisk inom övre ALARP-området blir ökningen av individrisk, på grund av en närmare lagd vägkant, mer betydande och nödvändig att ta hänsyn till. Den riskökning som en närmare placerad vägkant medför kan dock i många fall förväntas kompenseras av den generella minskning av individrisk som den minskade olycksfrekvensen medför.

Copyright © AFRY

För de flesta fastigheterna bedöms det att redan planerade åtgärder är tillräckliga och att ytterligare åtgärder inte kan motiveras. Vissa undantag finns dock. Nedan sammanfattas de åtgärder som man bör komplettera redan planerade åtgärder med.

Säffle Östbro 6:1

- Det bör kompletteras med sidoräcken längs med vägkanten för att skydda fastigheten mot avåkande fordon.

Säffle Östbro 5:1

- Det bör kompletteras med sidoräcken längs med vägkanten för att skydda fastigheten mot avåkande fordon.
- De fasadåtgärder som eventuellt kommer utföras inom fastigheten bör kompletteras med krav på brandteknisk klass. Om väggåtgärder blir aktuella ska berörda väggar utformas i obrännbart material alternativt lägst klass EI30. Om fönsteråtgärder blir aktuella ska berörda fönster utformas i lägst EW30.

Säffle Södra Östbro 1:7, Säffle Norra Östbro 1:3 och Säffle Östbro 12:1

- I de fall erbjudandet om förvärv inte godtas av fastighetsägaren och fasadåtgärder ska vidtas, bör fasadåtgärderna kompletteras med krav om brandteknisk klass. Om fönsteråtgärder blir aktuella ska de utformas i lägst EW30.

Baserat på gällande kriterier för riskvärdering bedöms förslaget till vägplan vara acceptabelt ur risksynpunkt givet att angivna kompletterande åtgärder vidtas.

Copyright © AFRY

1 Inledning

I Säffle kommun planerar Trafikverket att göra ändringar av E45 mellan Säffle och Hammar som utgör en del av den vägplan som nu håller på att tas fram. Sträckan har idag trafiksäkerhetsbrister som bland annat består av avsnitt med låg plan- och profilstandard, dålig sikt och otrygga omkörningsförhållanden. Projektet syftar därför till att öka trafiksäkerheten, tillgängligheten och framkomligheten på E45 med fokus på både person- och godstransporter. Ändringarna innebär bland annat att den befintliga vägen ska breddas, mittsepareras där detta är möjligt och att viltolycksreducerande åtgärder implementeras.

På E45 transporteras det farligt gods, vilket innebär att vägen utgör ett riskobjekt gentemot omgivningen. Parallellt med vägsträckan löper dessutom järnvägen Vänerbanan, där det också transporteras farligt gods. Längs med den aktuella sträckan av E45 finns det bostäder och verksamheter inom avstånd som understiger de avstånd som rekommenderas i de riktlinjer för farligt gods som hänvisas till i Värmlands län. Sammantaget innebär detta att det finns ett behov av att utreda riskbilden i vägsträckans omgivning för att säkerställa att oacceptabla risker inte uppstår i samband med aktuella planjusteringar.

Denna riskutredning utgör underlag till väg- och järnvägsplanen för E45 Säffle – Valnäs, delen Säffle – Hammar och tillhörande miljökonsekvensbeskrivning.

1.1 Syfte och mål

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor i vägsträckans närhet inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor med farligt gods på E45 och Vänerbanan.

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 det område som är beläget runt den aktuella sträckan av E45 där människor kan utsättas för höga risknivåer.

Riskutredningen avgränsas till att enbart beakta olyckor med farligt gods på aktuell sträcka av E45 och intilliggande järnväg. 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.

Riskutredningar utreder ofta både individrisk och samhällsrisk. I denna riskutredning utreds endast individrisk, med hänsyn till att vägens omgivning är mycket glesbebyggd beaktas inte samhällsrisken.

Copyright © AFRY

För att den planerade bebyggelsen ska vara hållbar ur ett riskperspektiv behöver hänsyn tas till framtida förändring av trafikering på vägen och järnvägen. Därmed tillämpas förväntad trafikering för år 2045.

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.

Copyright © AFRY

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 olyckor[1]. 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 olyckshändelser[2].

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 påverkan[3]. 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 hälsa[4]. 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 hälsa[5].

2.3 Riktlinjer för farligt gods

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.

I Värmlands län finns inga riktlinjer specifikt framtagna för det egna länet. I stället presenteras riktlinjer utgivna av Länsstyrelsen Dalarna, som ofta används för riskutredningar även i Värmland.

2.3.1 Riktlinjer – Länsstyrelsen Dalarna

I Dalarnas län används riktlinjer utgivna av Länsstyrelsen Dalarna: *Farligt gods, riskhantering i fysisk planering* [1]. Riktlinjerna gäller vid planläggning i anslutning till en befintlig transportled för farligt gods och bedöms därmed inte vara fullt ut tillämpbar för det aktuella projektet där ändring av en väg planeras i anslutning till befintlig bebyggelse. Vägledningen bedöms ändå utgöra en bra utgångspunkt för den aktuella riskutredningen.

Riktlinjerna baseras på en zonindelning med fyra zoner som behöver uppnå olika skyddsavstånd. Om skyddsavstånden följs krävs generellt inte några ytterligare skyddsåtgärder.

[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 §.

Copyright © AFRY

NÄRMRE ÄN 30 METER	30-70 METER	70-150 METER	ÖVER 150 METER
Odlingar	Bilservice	Bostäder i högst 2 plan	Bostäder i mer än 2 plan
Trafikytor	Industrier	Mindre samlingslokaler	Vård
Ytparkeringar	Mindre handel	Handel	Kontor i flera plan
Friluftsområden	Tekniska anläggningar	Mindre kontor (inte hotell)	Hotell
	Övrig parkering	Kultur- och idrottsanläggningar utan betydande åskådarplats	Skolor
	Lager		Större samlingslokaler
			Kultur- och idrottsanläggningar med betydande åskådarplats

Figur 2-1. Zonindelning enligt Dalarnas länsstyrelse. Markanvändning som normalt kan planeras utan särskild riskhantering. Avstånden gäller från väg- och rälskant [1].

De olika zonerna och dess skyddsavstånd beskrivs nedan.

- **Området 0–30 meter från riskkällan**
  Områden närmast transportleden bör begränsas i användning så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Områden i direkt anslutning till farligt gods-leden bör inte heller exploateras på ett sådant sätt att eventuella olycksförlopp kan förvärras.
  Inom 30 meter finns risk för mekanisk påverkan från avkörande fordon och samtliga ADR-klasser (olika typer av farligt gods) påverkar detta område. Den största mängden farligt gods som idag transporteras längs våra vägar är petroleumprodukter. Dessa ämnen genererar ett riskavstånd som begränsas till cirka 30 meter från vägkant.

- **Området 30–70 meter från riskkällan**
  I området närmast efter det bebyggelsefria området bör markanvändningen utformas så att få personer uppehåller sig i området och de personerna alltid är i vaket tillstånd.

- **Området 70–150 meter från riskkällan**
  På detta avstånd kan de flesta typer av markanvändning förläggas utan särskilda åtgärder eller analyser. Undantaget är sådan markanvändning som innefattar särskilt många eller utsatta personer.

- **Området mer än 150 meter från riskkällan**
  Praktiskt taget alla former av bebyggelse är lämplig. Motiveringen är att individriskkurvan har ”planat ut”. Nyttan med ytterligare skyddsavstånd är svår att påvisa. I vissa planeringssituationer bör man dock beakta riskerna med farligt gods även längre bort än 150 meter, till exempel om typen av markanvändning ställer särskilda krav på skyddsavstånd, till exempel mycket personintensiv verksamhet, eller intill leder med mycket omfattande transporter av explosiva ämnen eller där andra intilliggande riskobjekt kan innebära att riskområden överlagrar varandra.

Om den föreslagna markanvändningen avviker från ovan skyddsavstånd behöver en riskutredning göras. Inledningsvis kan en sådan riskutredning vara kvalitativ. Om denna, baserat på platsens förutsättningar, inte uppenbart kan påvisa att risken kan bedömas tolerabel behöver en kvantitativ riskutredning genomföras som inkluderar individ- och samhällsrisknivåer. 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 riskmåtten är

Copyright © AFRY

individrisk och samhällsrisk. Bedömningen av individrisken syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker medan bedömningen av samhällsrisken 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 riskmåtten 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 låg. 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 i stället 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.

I denna utredning görs det inga samhällsriskberäkningar med hänsyn till att vägens omgivning är mycket glesbebyggd.

2.4.3 Presentation av risken

När individrisk har beräknats kan detta 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.

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.

Copyright © AFRY

- **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 individriskerna 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 [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. I Dalarnas riktlinjer anges dessutom specifikt att DNV:s kriterier ska användas vid redovisning av risknivåer.

Kriterierna innebär att individrisken 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-området[6]. 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 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.

[6] ALARP står för "as low as reasonably practicable".

Copyright © AFRY

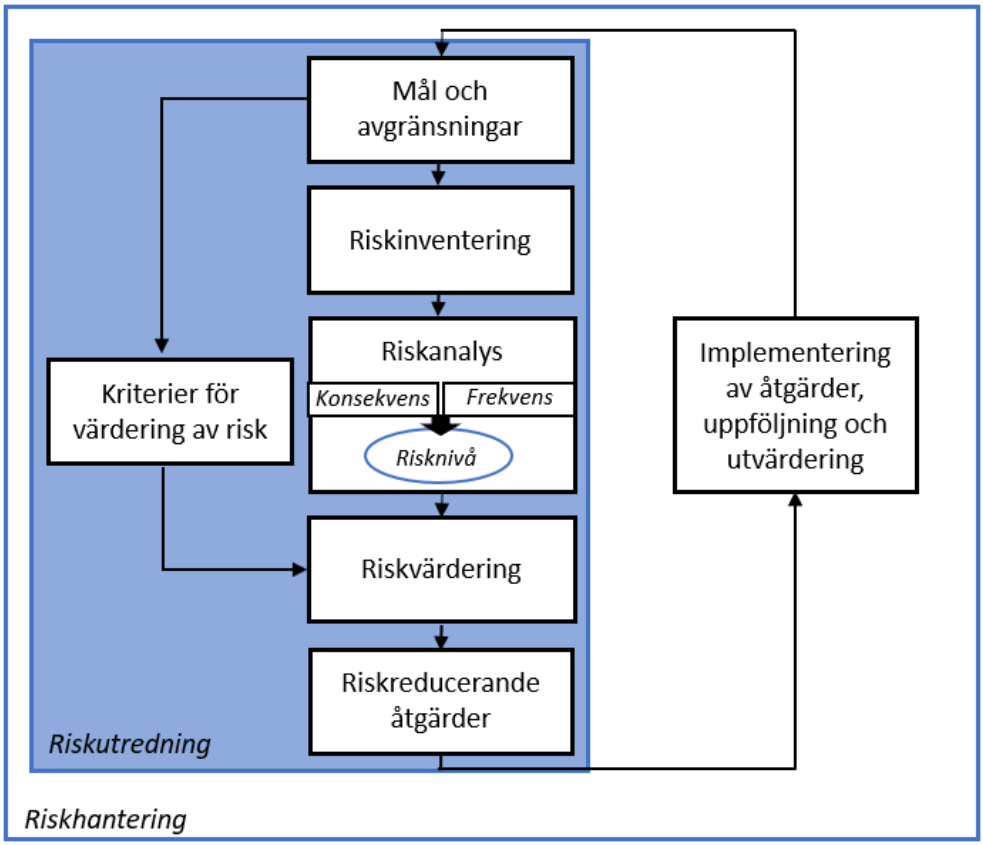
3 Metod

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. I denna riskutredning används en kvantitativ analysmetod där individrisken beräknas. Valet motiveras av att det för aktuell del av E45 finns bebyggelse som är belägen nära vägen som innebär att de skyddsavstånd som föreslås i aktuella riktlinjer för farligt gods understigs. 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.

Copyright © AFRY

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.

Copyright © AFRY

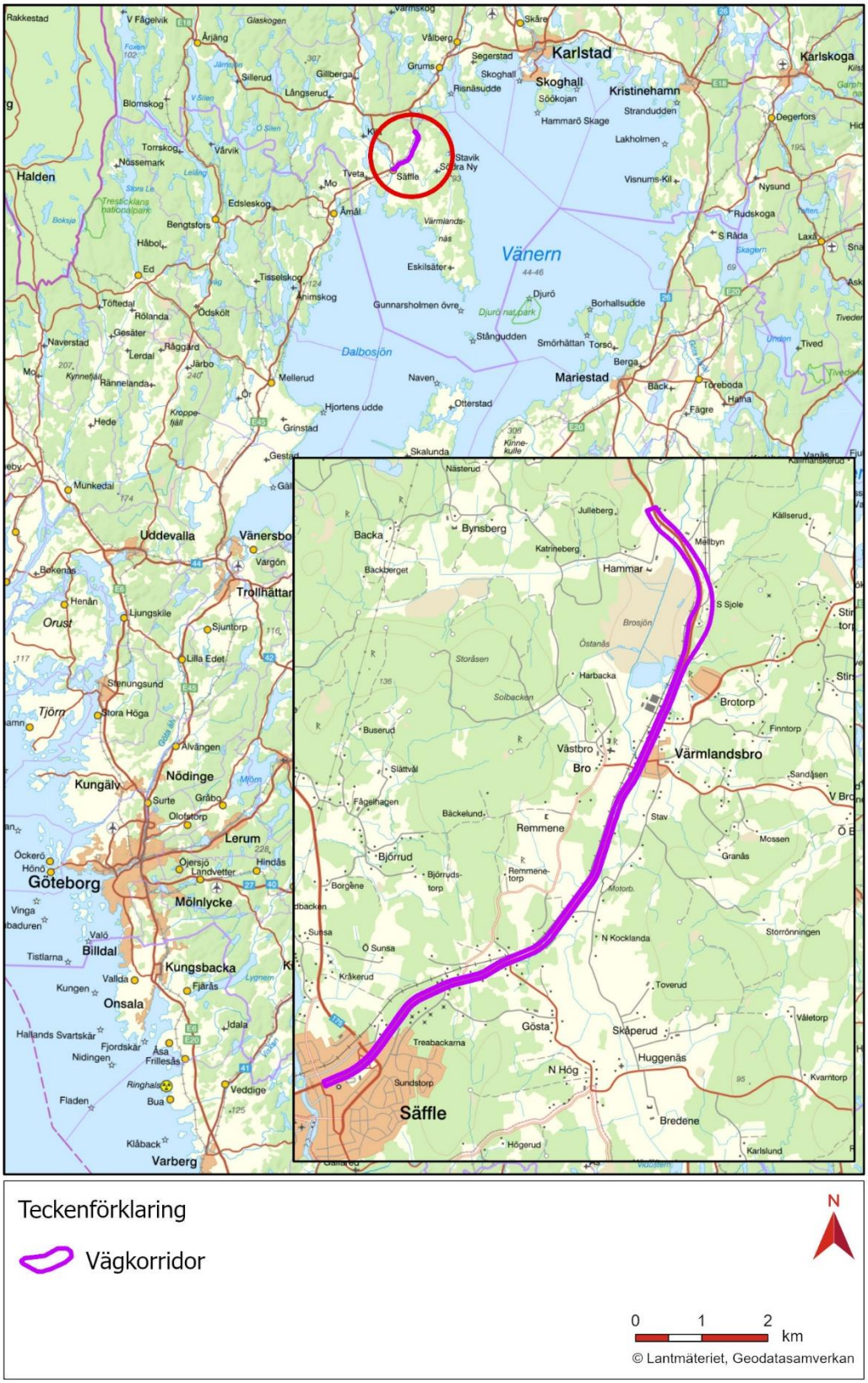
4 Beskrivning av vägsträcka och omgivning

Aktuell sträcka av E45 går mellan Säffle och Hammar i Säffle kommun, se Figur 4-1. Projektet innebär att den befintliga tvåfältsvägen ska breddas, mittsepareras där detta är möjligt och att viltolycksreducerande åtgärder implementeras.

Vägsträckan är cirka 11,5 km lång. E45 ingår i TEN-T-vägnätet och är utpekad som ett funktionellt prioriterat vägnät (FPV) vilket innebär att E45 är en av de vägar som är viktigast för nationell och regional tillgänglighet för såväl arbetspendling, turisttrafik, godstransporter och för lokala transporter.

I nedan underavsnitt presenteras skyddsvärda objekt i vägens omgivning och en beskrivning av aktuella riskobjekt, det vill säga E45 och järnvägen som löper parallellt med E45. För E45 beaktas såväl nollalternativet som utvecklingsalternativet. Nollalternativet innebär att ändringen av E45 uteblir och av vägsträckan behåller sin nuvarande utformning.

Copyright © AFRY



Teckenförklaring

Vägkorridor

N

0 1 2 km

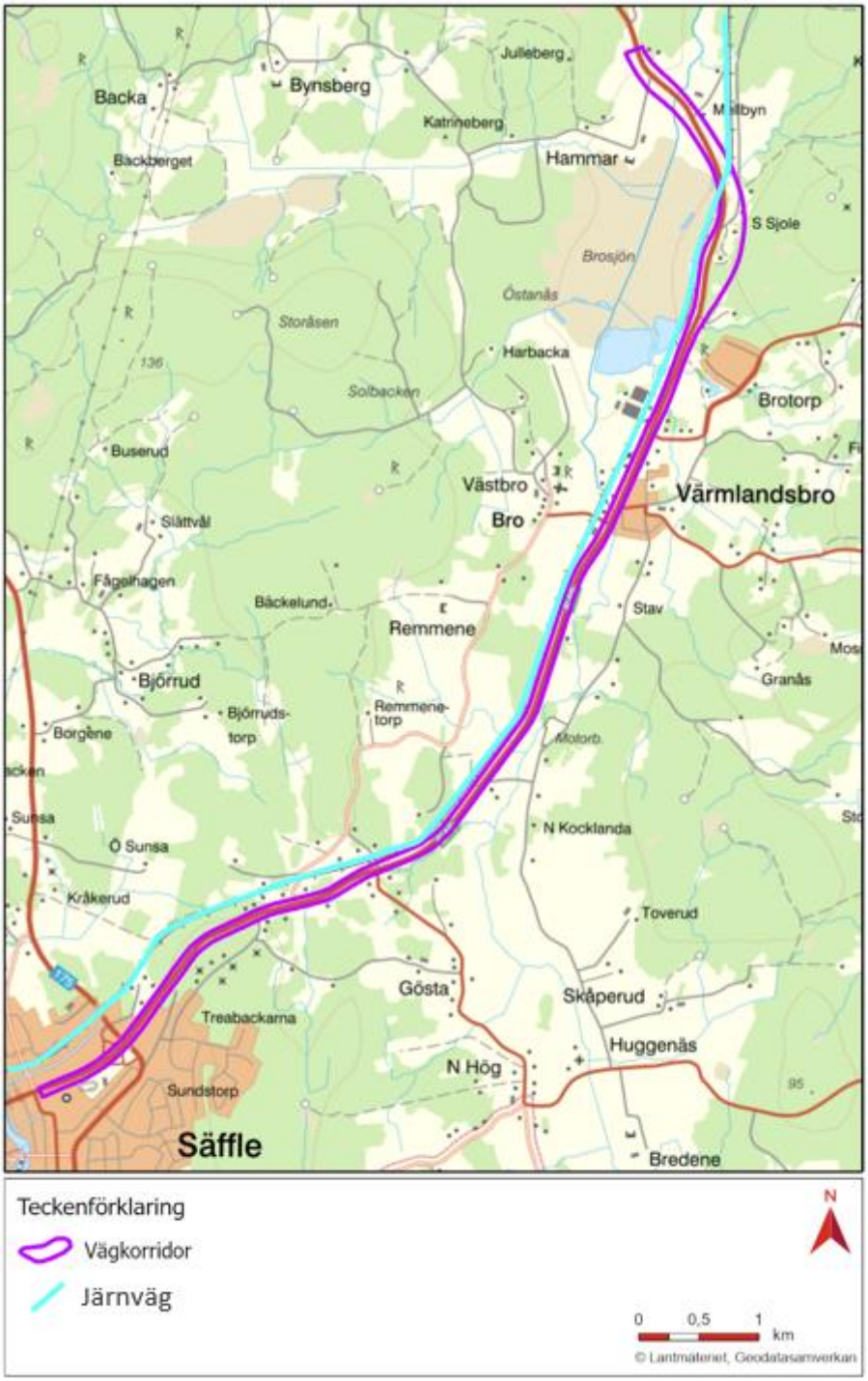
© Lantmäteriet, Geodatasamverkan

Figur 4-1. Översiktskarta [8].

Copyright © AFRY

4.1 Riskobjekt

I Figur 4-2 visas en överblick av den aktuella sträckan av E45 och Vänerbanan.



Figur 4-2. Överblick av riskobjekt.

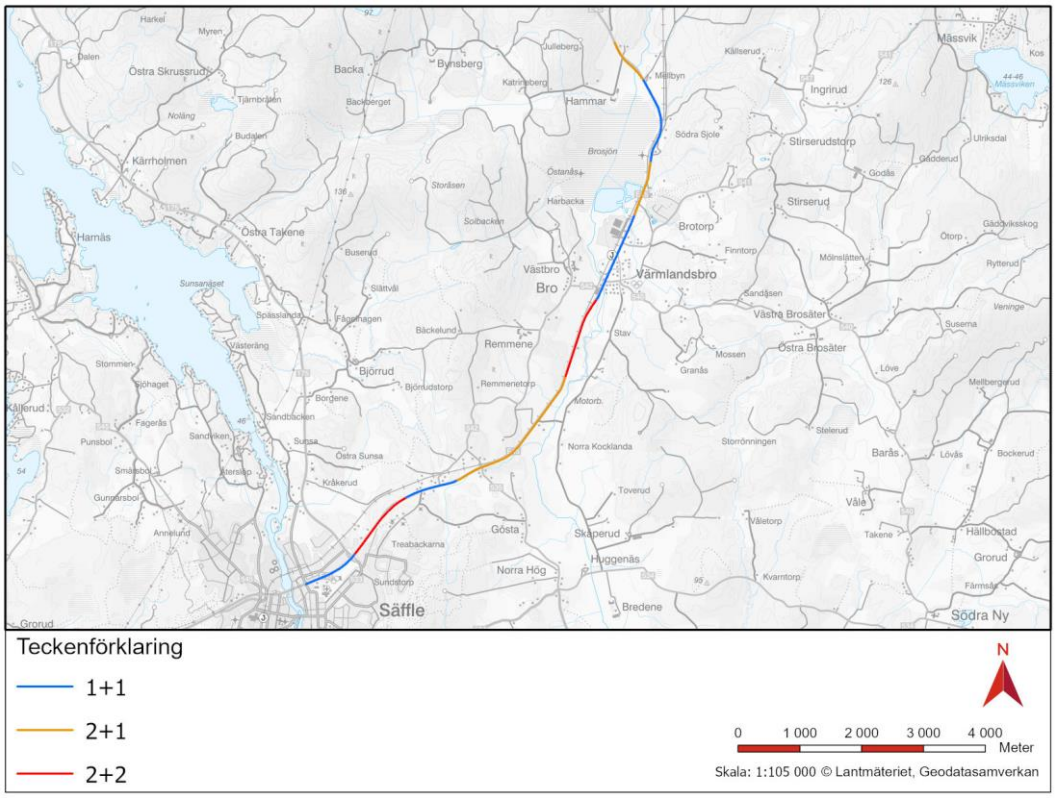
Copyright © AFRY

4.1.1 E45 Säffle-Hammar

Aktuell sträcka av E45 går mellan Säffle och Hammar, en vägsträcka som är cirka 11,5 km lång. Vägen utgör primär transportled för farligt gods.

Vägsträckan har idag flera trafiksäkerhetsbrister. E45 saknar mittseparering, delar av sträckan har låg plan- och profilstandard, begränsad sikt, otrygga omkörningsförhållanden och det finns fasta hinder inom säkerhetszonen. Aktuell sträcka saknar viltstängsel, vilket har medfört ett stort antal viltolyckor. Gång- och cykeltrafiken samsas med biltrafiken eftersom det saknas utbyggd gång- och cykelväg.

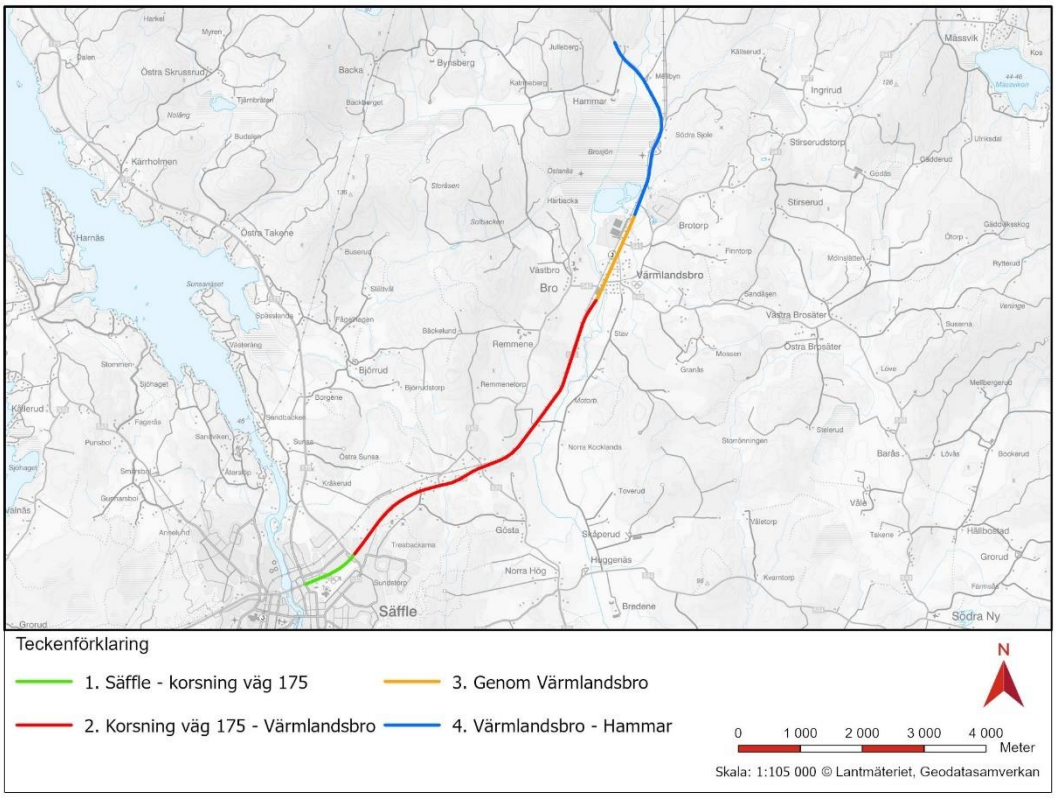
Projektet innebär att E45 breddas för att kunna utformas som mötesfri landsväg, vilket betyder att vägen mittsepareras med mitträcke och att delar av sträckan ska vara omkörningsbar. På vissa delar av sträckan kommer vägen dessutom dras om så att den förskjuts åt ett håll. Sträckan kommer att varieras med omväxlande 1+1, 2+1 och 2+2 körfält där omkörningsmöjligheterna i de olika riktningarna varieras. I nuläget varierar hastighetsgränsen på sträckan mellan 70 och 90 kilometer i timmen och vägbredden mellan 9 och 13 meter. Planerade ändringar innebär att hastigheten kommer variera mellan 70 och 100 kilometer i timmen och vägbredden mellan 10,5 och 16,5 meter. I Figur 4-3 illustreras en indelning av vägsträckan utifrån antal körfält.



Figur 4-3. Indelning av aktuell del av E45 utifrån antal körfält.

Förenklat kan vägen vidare delas in i fyra sträckor, i enlighet med Figur 4-4, utifrån huvudsaklig hastighetsgräns och trafikflöde. I Tabell 4-1 och Tabell 4-2 presenteras en överblick av vägens utformning för noll- respektive utvecklingsalternativet, utifrån den förenklade indelningen av vägen.

Copyright © AFRY



Figur 4-4. Indelning av aktuell del av E45 utifrån huvudsaklig hastighetsgräns och trafikflöde.

Tabell 4-1. Överblick av vägens utformning för nollalternativet, utifrån den förenklade indelningen av vägen. För körfält, vägbredd och hastighetsgräns anges den huvudsakliga utformningen av respektive delsträcka. Annat kan gälla på delar av delsträckorna.

Delsträcka	Körfält och vägbredd	Hastighetsgräns	Vägtyp
(1) Säffle - korsning med väg 175	1+1 13 m	70	Vanlig väg
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	1+1 9 m	90	Vanlig väg
(3) Värmlandsbro	1+1 10,5 m	70	Vanlig väg
(4) Värmlandsbro - Hammar	1+1 9 m	90	Vanlig väg

Tabell 4-2. Överblick av vägens utformning för utvecklingsalternativet, utifrån den förenklade indelningen av vägen. För körfält, vägbredd och hastighetsgräns anges den huvudsakliga utformningen av respektive delsträcka. Annat kan gälla på delar av delsträckorna.

Delsträcka	Körfält och vägbredd	Hastighetsgräns	Vägtyp
(1) Säffle - korsning med väg 175	1+1 10,5 m	70	Vanlig väg, mötesfri
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	2+2 16,5 m	100	Vanlig väg, mötesfri
(3) Värmlandsbro	1+1 10,5 m	70	Vanlig väg
(4) Värmlandsbro - Hammar	2+1 14 m	100	Vanlig väg, mötesfri

Copyright © AFRY

Breddning av vägen, och hur vägen flyttas på vissa platser, kommer ske på olika sätt beroende på vilket vägavsnitt som avses. Detta hanteras närmre i avsnitt 6.2.1 för de vägavsnitt där det finns skyddsvärda objekt i vägens närhet som utsätts för förhöjda risknivåer.

4.1.2 Vänerbanan

Vänerbanan förbinder Göteborg och Öxnered och därefter Öxnered och Kil. Längs med den aktuella sträckan av E45 är järnvägen huvudsakligen enkelspårig, bortsett från i Värmlandsbro där det är dubbelspårigt. Farligt gods-transporter förekommer på järnvägen.

4.2 Skyddsvärda objekt

I denna utredning utgörs skyddsvärda objekt av samtliga personer som vistas i närheten av aktuell vägsträcka, både i och utanför byggnader. Dessa ska skyddas så att de inte utsätts för oacceptabla risker på grund av farligt gods-transporter på E45 och Vänerbanan.

I Säffles östra delar finns industriföretag, handelsverksamhet, bilförsäljare, bensinstationer, Säffle räddningstjänst och bilprovning. Här finns också villabebyggelse, skola, idrottsanläggning och längre norrut återfinns en motorbana.

I Värmlandsbro centrum finns verkstad, matställen, bensinstation, kyrkor, idrottsanläggning och skola. Centralt ligger även en industri för byggmoduler.

Längs sträckan mellan Säffle och Värmlandsbro samt norr om Värmlandsbro finns spridd bostadsbebyggelse och gårdar. Markanvändningen i närområdet utgörs främst av jord- och skogsbruk.

Speciellt relevant är sådan markanvändning som är belägen på avstånd från vägen som understiger de rekommenderade skyddsavstånd som anges i aktuella riktlinjer och som redovisas i avsnitt 2.3.1. I Tabell 4-3 redovisas en överblick över skyddsvärda objekt som är belägna inom de rekommenderade skyddsavstånd. I avsnitt 6.2.1 redovisas en mer detaljerad tabell över skyddsvärda objekt som ligger inom avstånd där individrisknivåerna är förhöjda.

Tabell 4-3. Överblick över skyddsvärda objekt som är belägna inom de rekommenderade skyddsavstånd som anges i aktuella riktlinjer (se avsnitt 2.3.1).

Delsträcka	Zon	Markanvändning som frångår rekommenderade skyddsavstånd
(1) Säffle - korsning med väg 175	Inom 30 m	Bostäder Lekplats Lager
	Inom 70 m	Bostäder Skola Idrottsanläggning utan betydande åskådarplats
	Inom 150 m	Skola
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	Inom 30 m	Bostäder
	Inom 70 m	Bostäder
	Inom 150 m	-
(3) Värmlandsbro	Inom 30 m	Bilservice Bostäder Lager
	Inom 70 m	Bostäder
	Inom 150 m	-

Copyright © AFRY

Delsträcka	Zon	Markanvändning som frångår rekommenderade skyddsavstånd
(4) Värmlandsbro - Hammar	Inom 30 m	Bostäder
	Inom 70 m	Bostäder
	Inom 150 m	-

Copyright © AFRY

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 och järnväg kategoriseras i ADR- respektive RID-klasser, som beskriver godsets egenskaper och risker[7]:

- 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 [9] 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.

Copyright © AFRY

Utifrån statistik över bantrafik från myndigheten Trafikanalys [10] för perioden mellan 2014 och 2023, kan konstateras att ”Klass 3 – Brandfarliga vätskor” och ”Klass 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider” de vanligast förekommande klasserna på svenska järnvägar och utgör tillsammans ungefär hälften av alla transporter med farligt gods. Därefter följer ”Klass 2.1 – Brandfarliga gaser” och ”Klass 8 – Frätande ämnen”. Resterande klasser är mindre vanligt förekommande.

På både E45 och Vänerbanan 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 respektive järnvägen 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 massexplosion” som har ett konsekvensområde som är så pass utbrett 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 gasmolnsexplosion
- 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.

Copyright © AFRY

Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion
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 gasmolnsexplosion. 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 gasmolnsexplosion 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 höjdled. Beroende på hur mycket gas som läcker ut så kan riskområdet vara allt från några hundra meter upp till några kilometer.

Copyright © AFRY

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 höjdled. 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 ºC. 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 potentiellt 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.

Copyright © AFRY

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.

Copyright © AFRY

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 självuppblåsande 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:

- Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål
  - Massexplosion
- Klass 2.1 – Brandfarlig gas
  - Jetbrand
  - Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion
  - BLEVE
- Klass 2.3 – Giftig gas
  - Spridning av giftig gas
- Klass 3 – Brandfarlig vätska
  - Pölbrand
  - Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion
- Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider
  - Pölbrand
  - Massexplosion

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

Copyright © AFRY

6 Riskanalys

Detta avsnitt presenterar resultatet från riskanalysen för år 2045. I efterföljande kapitel jämförs resultatet med kriterier för riskvärdering. För detaljer med avseende på beräkningsmetodik hänvisas till riskutredningens beräkningsbilaga.

6.1 Förutsättningar för beräkningar

Individrisken beräknas med hjälp av datorprogrammet Riskcurves. För beräkningarna behövs olika indata, till exempel väderförhållanden 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 Karlstad Flygplats 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 Trafikmängd

Trafikmängden påverkar hur ofta olyckor förväntas inträffa (frekvensen) och påverkar individrisken.

6.1.2.1 E45 Säffle-Hammar

I beräkningarna används prognostiserade trafikuppgifter för år 2045 för den aktuella sträckan av E45. De trafikmängder som används i beräkningarna presenteras i Tabell 6-1. Trafikmängden avser transporter för båda riktningarna 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. Trafikuppgifterna är hämtade från planbeskrivningen [8] och bygger på data från Trafikverkets nationella vägdatabas, mätår 2019–2020[8]. Det bör nämnas att trafikflödena inte är kopplade till föreslagna ombyggnadsåtgärder och är därför samma för både noll- och utvecklingsalternativet.

[8] Under 2023 gjordes nya mätningar på de fyra delsträckorna som visade en minskning av antalet transporter, speciellt vad gäller tung trafik. I denna utredning används ändå mätdata från 2019–2020 för att likrikta mot övriga dokument för vägplanen, vilket utgör en konservativ utgångspunkt jämfört med att utgå från senare mätdata.

Copyright © AFRY

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 kilometrar 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 gods-transporter som passerar förbi området.

Tabell 6-1. Årsdygnstrafik för olika trafikslag för de fyra delsträckorna av E45 år 2045.

Delsträcka	Årsdygnstrafik		
	Total trafik	**Tung trafik**	**Farligt gods**
(1) Säffle - korsning med väg 175	11 350	1 950	73
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	10 100	1 720	64
(3) Värmlandsbro	9 230	1 730	65
(4) Värmlandsbro - Hammar	8 460	1 720	64

6.1.2.2 Vänerbanan

Olycksfrekvensen beräknas utifrån antalet godståg som trafikerar sträckan, vilket bygger på en prognos från Trafikverket för år 2045 för sträckan Skälebol-Grums [18]. De värden som används i beräkningarna presenteras i Tabell 6-2.

Myndigheten Trafikanalys presenterar statistik för transportarbete och transporterad godsmängd för dels all sorts gods, dels farligt gods. Statistiken kan användas för att beräkna hur stor andel av all godstrafik som utgörs av farligt gods. Av de två parametrarna bedöms transportarbete vara mest relevant för att uppskatta hur stor andel av förbikörande godstransporter som utgörs av farligt gods eftersom denna parameter även tar hänsyn till transportsträckan. Av allt transporterat gods på järnväg i Sverige mellan 2014 och 2023 utgjorde farligt gods i snitt 7,1 procent av totalt transportarbete. Eftersom antalet transporter av farligt gods kan variera mellan olika järnvägssträckor behöver det tas höjd för att andelen farligt gods kan vara högre på den aktuella järnvägssträckan jämfört med det nationella snittet. I beräkningarna utgås det därför från att andelen farligt gods på den aktuella järnvägssträckan är 20 procent större än det nationella snittet för perioden mellan 2014 och 2023. Detta innebär att antalet farligt gods-transporter antas utgöra 8,6 procent av antalet godsvagnar som passerar förbi området.

Att just antalet vagnar används i beräkningarna beror på att det vid en urspårning generellt enbart är några vagnar som spårar ur, och inte hela tåget. Siffror för antal farligt gods-vagnar per tåg bygger på dels Trafikverkets prognos som anger genomsnittlig längd per godståg, dels ett uppskattat värde för längd på en genomsnittlig godsvagn.

Copyright © AFRY

Tabell 6-2. Trafikuppgifter för den aktuella delen av Värmlandbanan.

Trafikuppgift	Värde
Antal godståg per dygn	20,5
Antal godsvagnar per godståg	37
Antal farligt gods-vagnar per godståg	3,2

6.1.3 Fördelning av farligt gods

För att kunna beräkna individrisken 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- respektive RID-klasserna.

6.1.3.1 E45 Säffle-Hammar

I frekvensberäkningarna för trafikolycka på väg utgås det från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys [9]. 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 kilometrar 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 kilometrar 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

6.1.3.2 Vänerbanan

I frekvensberäkningarna för urspårning på järnväg 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 och totalt transporterad godsmängd. Av dessa parametrar bedöms transportarbete vara mest relevant för att uppskatta hur stor andel av förbikörande godstransporter som utgörs av de olika klasserna. I Tabell 6-4 redovisas en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2014 och 2023, som används i beräkningarna.

Copyright © AFRY

Tabell 6-4. Fördelning av farligt gods i olika RID-klasser på järnväg. Fördelningen är baserad på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys för transportarbetet för godståg år 2014–2023.

Klass	Fördelning [%]
1	0,00042
2.1	18,66
2.2	0,66
2.3	6,24
3	17,59
4	4,06
5	31,94
6	2,15
7	0,01
8	17,97
9	0,73
Totalt	100

6.1.4 Frekvens för olycka med farligt gods

Frekvensen för olycka på väg respektive järnväg beräknas utifrån olika modeller, vilka presenteras i nedan underavsnitt.

Att det sker en olycka som involverar farligt gods betyder 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 dels på fördelningen av de olika farligt gods-klasserna i enlighet med avsnitt 6.1.3, dels på sannolikheten för en rad händelser, exempelvis läckage och antändning. Sannolikheter för sådana händelser, och frekvenser för varje specifikt olycksscenario, redovisas i beräkningsbilagan.

6.1.4.1 E45 Säffle-Hammar

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 [19]. Metoden analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden och tar hänsyn till bland annat hastighetsgräns och vägtyp. I Tabell 6-5 redovisas val av vägtyp och tillhörande olyckskvot och index för farligt gods-olycka[9].

[9] Olyckskvoten är förväntat antal fordonsolyckor per miljon fordonskilometer.
Farligt gods-index är sannolikheten att innehållet i ett farligt gods-fordon involveras i en olycka.

Copyright © AFRY

Tabell 6-5. Indataparametrar för beräkning av trafikolyckor.
** Vägtypen väljs utifrån fördefinierade kategorier i Räddningsverkets publikation [19].*

Delsträcka	Alternativ	Vägtyp*	Olyckskvot	Index för farligt gods-olycka
(1) Säffle - korsning med väg 175	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	Tätort 70 km/h Trafikled	0,80	0,11
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	Nollalternativ	Landsbygd 90 km/h 6–11 m bred	0,40	0,28
	Utvecklings-alternativ	Landsbygd 110 km/h Flerfältsväg	0,28	0,34
(3) Värmlandsbro	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	Tätort, 70 km/h Trafikled	0,80	0,11
(4) Värmlandsbro - Hammar	Nollalternativ	Landsbygd 90 km/h 6–11 m bred	0,40	0,28
	Utvecklings-alternativ	Landsbygd 110 km/h Flerfältsväg	0,28	0,34

I Tabell 6-6 redovisas frekvens och återkomsttid, per kilometer, för trafikolycka på väg som involverar farligt gods-fordon, för respektive delsträcka. Det går att se att olycksfrekvensen, enligt beräkningsmodellen, kan förväntas vara densamma för noll- och utvecklingsalternativet för delsträcka 1 och 3, vilket beror på att vägtypen som anges i Tabell 6-5 är densamma för båda alternativen. För delsträcka 2 och 4 kan olycksfrekvensen, i enlighet med beräkningsmodellen, förväntas bli lägre för utvecklingsalternativet jämfört med nollalternativet, vilket beror på att vägtypen som anges i Tabell 6-5 skiljer sig mellan alternativen.

Tabell 6-6. Frekvens och återkomsttid för trafikolycka på väg som involverar farligt gods-fordon, för respektive delsträcka.

Delsträcka	Alternativ	Frekvens (per år och kilometer)	Återkomsttid
(1) Säffle - korsning med väg 175	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	3,72E-2	27
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	Nollalternativ	1,45E-2	69
	Utvecklings-alternativ	9,84E-3	102
(3) Värmlandsbro	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	3,30E-2	30
(4) Värmlandsbro - Hammar	Nollalternativ	1,45E-2	69
	Utvecklings-alternativ	9,84E-3	102

Copyright © AFRY

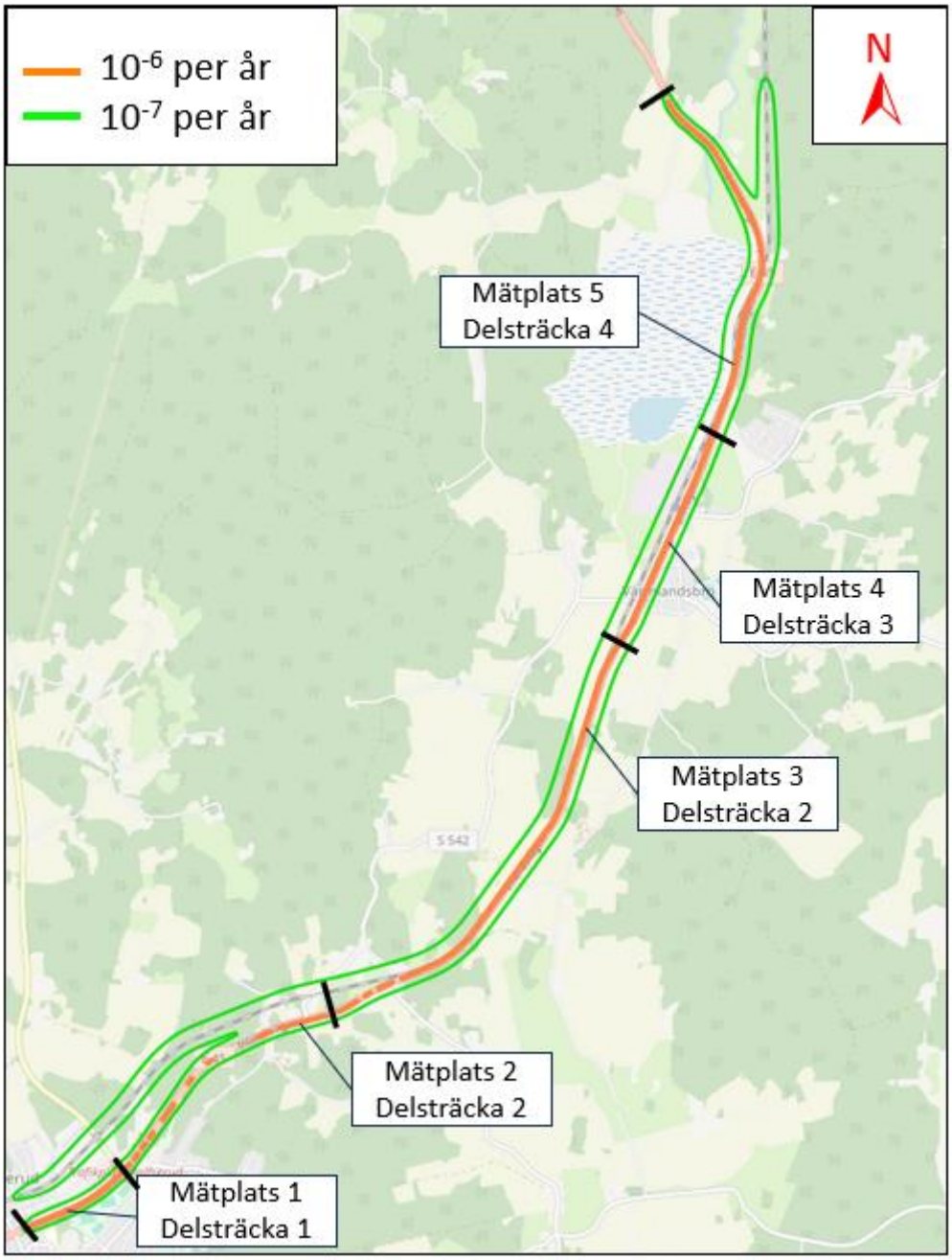
6.1.4.2 Vänerbanan

Frekvensen för urspårning med farligt gods på järnväg beräknas i enlighet med metodiken i *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* av före detta Banverket [20]. Utifrån metodiken behövs indata för ett antal parametrar, däribland spårklass, antal växlar på sträckan och genomsnittlig tåglängd. Dessa parametrar påverkar frekvensen för olika olyckstyper som kan leda till urspårning. Utifrån andelen vagnar med farligt gods av totalt antal vagnar, samt ett antagande om hur många vagnar som spårar ur vid en olycka går det att beräkna sannolikheten för att någon av de vagnar som spårar ur vid en tågolycka innehåller farligt gods. Frekvensen, per kilometer, för en tågolycka som innebär urspårning av en vagn med farligt gods är 1,14E-3 vilket motsvarar en återkomsttid på 876 år.

6.2 Individrisk

Figur 6-1 visar den sammanlagda individrisken kopplat till E45 och Värmlandbanan för utvecklingsalternativet. Det kan konstateras att oacceptabel individrisk inte uppstår som följd av farligt gods-transporter på transportlederna. Individrisk inom ALARP-området förekommer dock (område inom grön kontur). Det kan vidare noteras att individrisken inom området mellan järnvägen och vägen till största del är belägen inom ALARP-området. Individrisk inom övre ALARP-området förekommer i vägens närmsta omgivning längs med hela sträckan, vilket illustreras av orange linje. Samma slutsatser gäller för nollalternativet.

Copyright © AFRY



Figur 6-1. Individrisk från transport av farligt gods på aktuell del av E45 och Värmlandbanan. Mätplats 1-5 markerar de platser för vilka individrisken presenteras mer i detalj i Figur 6-2, Figur 6-3, Figur 6-4 och Figur 6-5 nedan. De svarta strecken markerar de områden för vilka respektive mätplats riskbild kan ses som representativt, där mätplatsen kan ses som den plats inom markerat område som är mest riskutsatt.

Individrisken 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. Förutsättningarna för den aktuella riskutredningen är att järnvägen är placerad nordväst om vägen (förutom i slutet av delsträcka 4), vilket också påverkar riskbilden på olika sidor av vägen. I Figur 6-2, Figur 6-3, Figur 6-4 och Figur 6-5 presenteras individrisken för respektive sida av vägen (nordväst och sydost) för de fyra delsträckorna. Eftersom individrisken påverkas av avståndet till järnvägen kan individrisken variera något längs med delsträckorna, eftersom avståndet mellan vägen och järnvägen

Copyright © AFRY

varierar. Mätplatser för individriskdiagrammen utgörs av platser som kan ses som representativa för varje delsträcka, där mätplatsen kan ses som den plats inom respektive sträcka som är mest riskutsatt. Motivering avseende val av mätplatser presenteras i Tabell 6-7. I Figur 6-1 ovan markeras de mätplatser för vilka individrisken presenteras i figurera nedan. För delsträcka 2 presenteras individrisken för två olika platser, eftersom avståndet mellan vägen och järnvägen skiljer sig mycket inom delsträckan. Detta är den enda delsträcka där platsen för mätningen har en betydande påverkan på individrisknivåerna. Det kan konstateras att det framför allt är avståndet till tolerabel individrisk som skiljer sig åt mellan de två mätplatserna, medan avståndet till nedre ALARP-området är relativt opåverkat. Detta kan även noteras i Figur 6-1 ovan.

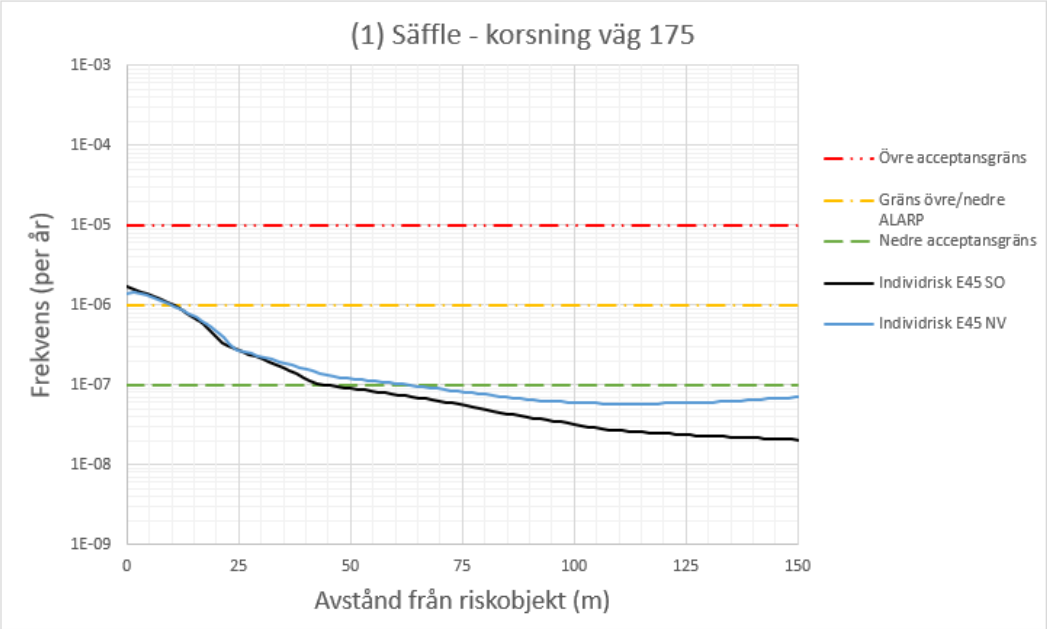
Tabell 6-7. Motivering avseende val av mätplatser.

Mätplats	Resonemang
1 (delsträcka 1)	Längs med delsträcka 1 är individrisken längs med vägen, och avståndet till gränsen för övre och nedre ALARP, mycket jämn. Detta beror på att avståndet mellan väg och järnväg är snarlikt längs hela delsträckan. Mätplats 1 är vald utifrån att det är den mest riskutsatta platsen längs delsträckan eftersom avståndet mellan väg och järnväg är som kortast där. Avståndet mellan vägen och järnvägen vid mätplats 1 är cirka 240 meter.
2 (delsträcka 2)	Längs med delsträcka 2 skiljer sig avståndet mellan vägen och järnvägen beroende på vilken del av delsträckan som avses. Mätplats 2 representerar den del av delsträcka 2 där avstånden mellan väg och järnväg varierar mellan cirka 160 och 300 meter. Mätplats 2 är vald utifrån att det är den mest riskutsatta platsen längs delsträckan eftersom avståndet mellan väg och järnväg är som kortast där. Avståndet mellan vägen och järnvägen är här cirka 160 meter.
3 (delsträcka 2)	Längs med delsträcka 2 skiljer sig avståndet mellan vägen och järnvägen beroende på vilken del av delsträckan som avses Mätplats 3 representerar den del av delsträcka 2 där avstånden mellan väg och järnväg varierar mellan cirka 10 och 160 meter. Mätplats 3 är vald utifrån att det är den mest riskutsatta platsen längs delsträckan eftersom avståndet mellan väg och järnväg är som kortast där. Avståndet mellan vägen och järnvägen är här cirka 10 meter.
4 (delsträcka 3)	Längs med delsträcka 3 är individrisken längs med vägen, och avståndet till gränsen för övre och nedre ALARP, mycket jämn. Detta beror på att avståndet mellan väg och järnväg, på de platser där det finns bebyggelse, är i princip densamma längs hela delsträckan. Hela området kan alltså ses som lika riskutsatt. Mätplats 3 är vald utifrån att den motsvarar en plats som representerar hela delsträckan, där inget annat område inom delsträckan är mer riskutsatt. Avståndet mellan vägen och järnvägen är här cirka 60 meter.
5 (delsträcka 4)	Längs med delsträcka 4 skiljer sig avståndet mellan vägen och järnvägen beroende på vilken del av delsträckan som avses. Mätplats 5 representerar den plats på delsträcka 4 där vägen och järnvägen är som närmst, förutom där vägen och järnvägen korsas. Riskbilden på båda dessa platser är likvärdiga i beräkningarna. Mätplats 5 representerar därför den mest riskutsatta platsen längs delsträckan. Avståndet mellan vägen och järnvägen är här cirka 10 meter.

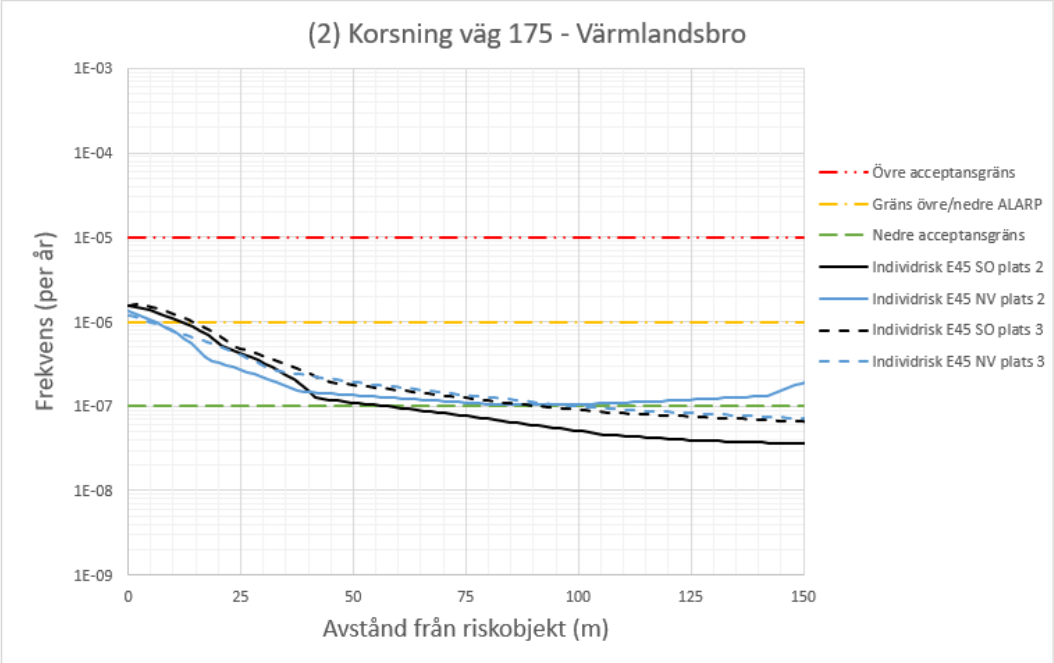
I Figur 6-2, Figur 6-3, Figur 6-4 och Figur 6-5 går det att utläsa att individrisken, längs den aktuella sträckan, generellt är högre nordväst om E45 på grund av järnvägens bidrag till risknivån. På den nordvästra sidan av vägen ökar individrisken när ett visst avstånd från

Copyright © AFRY

vägen nås, vilket beror på att individriskbidraget från järnvägen då blir större och bidrar till en högre sammanvägd individrisk. Detta syns tydligast för delsträcka 3 i Figur 6-4 där individrisken ökar vid ett avstånd om cirka 40 meter från vägen.

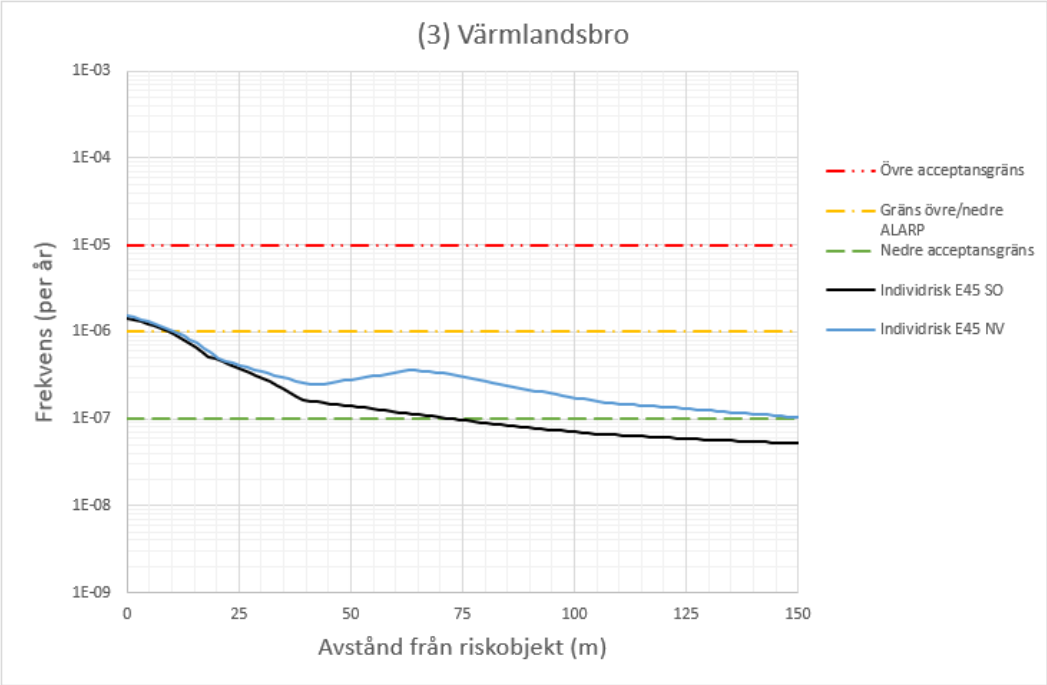


Figur 6-2. Individrisk på olika avstånd från E45 för delsträcka (1) Säffle – korsning väg 175, mätplats 1.

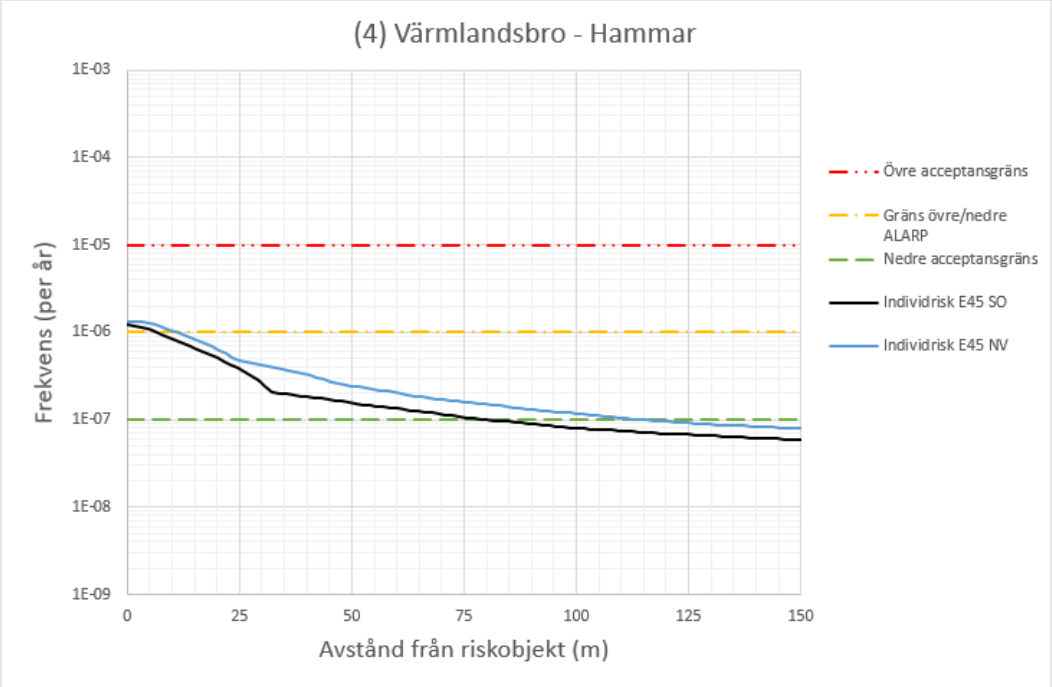


Figur 6-3. Individrisk på olika avstånd från E45 för delsträcka (2) Korsning väg 175 – Värmlandsbro, mätplats 2 och 3.

Copyright © AFRY



Figur 6-4. Individrisk på olika avstånd från E45 för delsträcka (3) Korsning väg 175 – Värmlandsbro, mätplats 4.



Figur 6-5. Individrisk på olika avstånd från E45 för delsträcka (4) Värmlandsbro – Hammar, mätplats 5.

I Tabell 6-8 sammanfattas avstånd från E45 till olika acceptansnivåer för individrisk för de fyra delsträckorna, och för noll- respektive utvecklingsalternativet. Eftersom oacceptabel individrisk inte förekommer ingår det inte i tabellen. I tabellen, likt figurerna ovan, kan det utläsas att avstånden till tolerabel individrisk är längre på den nordvästra sidan av E45 jämfört med den sydöstra. Detta beror i huvudsak på att Vänerbanan är belägen nordväst om E45. Avstånden till nedre ALARP-området är i vissa fall längre åt sydost, vilket kan bero

Copyright © AFRY

på fördelning av vindriktning. Det går även att se att individrisken är något lägre för utvecklingsalternativet för delsträckorna 2 och 4, vilket beror på den förväntade minskningen av olyckskvoten. För delsträckorna 1 och 4 är individrisken lika stor för noll- respektive utvecklingsalternativet, vilket beror på att klassificeringen av vägtyp, och därmed olyckskvoten, är densamma för båda alternativen enligt den beräkningsmodell som används.

Tabell 6-8. Sammanfattning av avstånd från E45 till olika acceptansnivåer för individrisk för de fyra delsträckorna, för noll- respektive utvecklingsalternativet.

Delsträcka	Alternativ	Riktning från väg	Övre ALARP [m]	Nedre ALARP [m]	Tolerabel risk [m]
(1) Säffle - korsning med väg 175	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	NV	0–10	10–62	>62
		SO	0–10	10–43	>43
(2) Korsning med väg 175 – Värmlandsbro Mätpunkt 2	Nollalternativ	NV	0–8	8–265	>265
		SO	0–17	17–65	>65
	Utvecklings-alternativ	NV	0–5	5–250	>250
		SO	0–12	12–56	>56
(2) Korsning med väg 175 – Värmlandsbro Mätpunkt 3	Nollalternativ	NV	0-10	10-100	>100
		SO	0-14	14-90	>90
	Utvecklings-alternativ	NV	0-6	6-100	>100
		SO	0-12	12-90	>90
(3) Värmlandsbro	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	NV	0–10	10–155	>155
		SO	0–10	10–72	>72
(4) Värmlandsbro - Hammar	Nollalternativ	NV	0–14	14–117	>117
		SO	0–9	9–83	>83
	Utvecklings-alternativ	NV	0–10	10–115	>115
		SO	0–7	7–81	>81

För att få en förståelse för hur riskerna bör hanteras studeras vilka klasser med farligt gods som bidrar mest till individrisken på olika avstånd. Pölbrand med brandfarlig vätska bidrar mest till individrisken på korta avstånd. Individriskbidraget från brandfarlig vätska avtar dock snabbt med ökat avstånd och utgör i princip ingen risk på avstånd längre än 40 meter. På avstånd längre än 40 meter bidrar i stället brandfarlig gas mest till individrisken, främst genom risken för jetbrand, gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion. Detta gäller fram till avstånd på drygt 100 meter, där riskbidraget övergår till att huvudsakligen bestå av giftiga gaser, men även av brandfarliga gaser kopplat till risken för BLEVE. Det bör nämnas att de scenarier som bidrar till individrisken på längre avstånd även bidrar till individrisken på kortare avstånd, men att bidraget då utgör en lägre andel av den totala individrisken.

6.2.1 Individrisk vid särskilda fastigheter

I enlighet med Tabell 6-8 ovan kan konstateras att individrisken är inom nedre ALARP-området för ett relativt stort geografiskt område runt E45, både för noll- och utvecklingsalternativet. För utvecklingsalternativet är individrisken generellt något lägre och avståndet till de olika acceptansnivåerna därmed något kortare. För de områden där individrisken är inom nedre ALARP-området är skillnaden i individrisk mellan noll- och utvecklingsalternativet så pass liten att den inte behöver analyseras vidare på fastighetsnivå.

Copyright © AFRY

På vissa platser kommer utvecklingsalternativet innebära att vägkanten placeras närmre omkringliggande fastigheter som redan är belägna på ett kort avstånd från vägen. Detta kan medföra att vissa fastigheter utsätts för en mer betydande ökning av individrisk, eftersom en olycka på vägen kan inträffa närmare fastigheterna. I Tabell 6-9 redovisas en sammanställning av de fastigheter som helt eller delvis är belägna inom ett område där individrisken är inom det övre ALARP-området. Enbart fastigheter där människor kan förväntas vistas stadigvarande inkluderas. I tabellen beskrivs hur vägkanten kommer förflyttas i förhållande till respektive fastighet och hur långt avståndet är mellan vägkant och fastighet respektive befintliga byggnader inom fastigheten. I tabellen anges även planerade åtgärder vid respektive fastighet och speciella omständigheter vid fastigheten som kan ha en riskreducerande effekt.

I tabellen går det att se att vägkanten kommer placeras närmre ett flertal fastigheter, vilket generellt medför en ökad individrisk inom dessa fastigheter. Ju närmre vägkanten förflyttas mot en fastighet, desto större blir ökningen av individrisk inom fastigheten. Alla fastigheter med bostäder där vägkanten förflyttas minst sex meter närmre berörs antingen av inlösen eller erbjuds förvärv. I tabellen går det att se att det även planeras för en rad andra åtgärder vid fastigheterna. De olika åtgärderna beskrivs nedan.

- Inlösen
  - Inlösen av fastighet omfattas av *Väglagen (1971:948)* 55-56 §§ och innebär att väghållaren ska lösa det område som påverkas avsevärt till följd av att en väg dras fram över en området. I slutändan innebär det att fastigheten inte längre kommer ägas och nyttjas av den befintliga ägaren.
- Förvärv
  - Förvärv av fastigheter inom denna erbjuds där kostnaden för erforderliga bullerskyddsåtgärder överstiger dess schabloniserade marknadsvärde, vilket innebär att det inte bedöms vara ekonomiskt rimligt att åtgärda dem så att samtliga villkor klaras. I dessa fall ges ett erbjudande om förvärv, det vill säga att Trafikverket erbjuder sig att köpa fastigheten, men fastighetsägaren kan välja att avböja erbjudandet.
- Bullerskyddsplank
  - Bullerskyddsplank utformas i detta fall i trästomme och tätt längs marken. Bullerskyddsplanket syftar till att reducera störningar från buller men har även vissa synergieffekter med riskreduktion. Ett bullerskyddsplank kan hindra brandfarlig vätska från att spridas bort från vägen. Det kan även begränsa värmestrålning i viss utsträckning och hindra tunga gaser från att spridas.
- Sidoräcken
  - Sidoräcken syftar till att reducera risken för avåkande fordon. Det innebär att man även minskar risken för att ett farligt gods-fordon åker av vägen och orsakar en farligt gods-olycka utanför vägområdet.
- Stödmur (gabionmur)
  - Stödmuren är i det här fallet en trådbunden korg fylld med stenar som hjälper till att möjliggöra en lodrät slänt.
- Fastighetsnära åtgärder
  - Fastighetsnära åtgärder avser erbjudande om bullerskyddsåtgärd utanför vägområde i form av fasad-/fönster-/ eller ventilåtgärd. Fastighetsnära åtgärder syftar till att minska störningarna av buller och vibrationer.
  - För de fastigheter där förvärv erbjuds kan väghållaren, om fastighetsägaren inte godtar erbjudandet om förvärv, erbjuda fastighetsnära åtgärder i begränsad omfattning.

Copyright © AFRY

- I Tabell 20 i planbeskrivningen framgår vilka fastighetsnära åtgärder som är aktuella för de fastigheter som berörs.

Tabell 6-9. Sammanställning av de fastigheter som helt eller delvis är belägna inom ett område där individrisken är inom det övre ALARP-området.

Fastighet	Mark-användning	Förflyttning av vägkant relativt fastighet	Kortaste avstånd mellan vägkant och		Planerade åtgärder eller förmildrande omständigheter
			fastighet [m]	bostad/ byggnad [m]	
(1) Säffle - Korsning med väg 175					
Säffle Fendern 1	Bostad	Oförändrad	10	22	• Bullerskyddsplank (placeras några meter upp över vägen, eftersom vägen ligger i en skärning)
Säffle Fendern 2	Bostad		10	16	
Säffle Fendern 3	Bostad		10	10	
(2) Korsning med väg 175 – Värmlandsbro					
Säffle Säffle 5:25	Bostad	Cirka 2 m närmre	0	25	• Bullerskyddsplank • Sidoräcken • Fastighetsnära åtgärder
Säffle Gösta 1:28	Bostad	Ca 6 m längre bort	0	26	• Vägen flyttas längre bort och därmed lägre risk än för nollalternativ • Bullerskyddsplank • Fastighetsnära åtgärder
Säffle Gösta 1:45	Bostad	Ca 14m närmre	0	5	• Berörs av inlösen
Säffle Gösta 1:46	Bostad	Ca 5 m närmre	4	26	• Fastigheten ligger på en höjd • Fastighetsnära åtgärder
Säffle Gösta 1:52	Bostad	Ca 5 m närmre	0	40	• Sidoräcken • Fastighetsnära åtgärder
Säffle Gösta 1:68	Bostad	Ca 1 m längre bort	0	48	• Vägen flyttas längre bort och därmed lägre risk än för nollalternativ • Sidoräcken • Fastighetsnära åtgärder
Säffle Gösta 1:36	Bostad	Oförändrad	0	60	• Fastighetsnära åtgärder
Säffle Enarsval 1:14	Bostad	Ca 5 m närmre	0	50	• Fastighetsnära åtgärder
Säffle Remmene 1:5	Bostad	Ca 5 m närmre	2	25	• Fastigheten ligger på en höjd (ca 5 m över väg)

Copyright © AFRY

Fastighet	Mark-användning	Förflyttning av vägkant relativt fastighet	Kortaste avstånd mellan vägkant och		Planerade åtgärder eller förmildrande omständigheter
			fastighet [m]	bostad/ byggnad [m]	
					• Sidoräcken • Stödmur (gabionmur) • Bullerskyddsplank (uppe på höjden) • Fastighetsnära åtgärder
(3) Värmlandsbro					
Säffle Västbro 1:32	Bostad	Ca 2 m närmre	9	22	• Berörs av inlösen
Säffle Västbro 1:9	Bostad	Ca 2 m närmre	9	40	• Erbjuds förvärv • Fastighetsnära åtgärder om förvärv inte godtas
Säffle Södra Östbro 1:14	Bostad	Ca 3 m närmre	0	18	• Sidoräcke • Bullerskyddsplank
Säffle Södra Östbro 1:7	Bostad	Ca 2 m närmre	0	15	• Erbjuds förvärv • Sidoräcke • Fastighetsnära åtgärder om förvärv inte godtas
Säffle Södra Östbro 1:30	Bostad	Ca 5 m närmre	0	35	• Erbjuds förvärv • Sidoräcke (slutar i mitten av fastigheten) • Fastighetsnära åtgärder om förvärv inte godtas
Säffle Södra Östbro 1:23	Bostad	Ca 6 m närmre	0	12	• Berörs av inlösen
Säffle Södra Östbro 1:22	Bostad	Ca 7 m närmre	0	10	• Berörs av inlösen
Säffle Norra Östbro 1:3	Bostad	Ca 7 m närmre	0	30	• Erbjuds förvärv • Sidoräcke • Fastighetsnära åtgärder om förvärv inte godtas
Säffle Norra Östbro 1:24	Restaurang	Ca 7 m närmre	0	35	• Sidoräcke • Mindre känslig markanvändning

Copyright © AFRY

Fastighet	Mark-användning	Förflyttning av vägkant relativt fastighet	Kortaste avstånd mellan vägkant och		Planerade åtgärder eller förmildrande omständigheter
			fastighet [m]	bostad/ byggnad [m]	
Säffle Östbro 17:1	Bostad	Ca 2 m längre bort	6	25	• Vägen flyttas längre bort och därmed lägre risk än för nollalternativ • Bullerskyddsplank
Säffle Östbro 14:1	Lager/ verksamhet	Ca 3 m närmre	0	10	• Ej känslig markanvändning
Säffle Östbro 12:1	Bostad	Ca 2 m närmre	4	20	• Erbjuds förvärv • Sidoräcke • Fastighetsnära åtgärder om förvärv inte godtas
Säffle Östbro 6:1	Bostad	Ca 4 m närmre	0	18	• Fastighetsnära åtgärder
Säffle Östbro 5:1	Bostad	Ca 4 m närmre	0	38	• Fastighetsnära åtgärder
Säffle Norra Östbro 1:9	Bostad Restaurang Drivmedels-försäljning	Ca 1 m närmre	2	24	• Sidoräcke (med öppning vid infart till macken) • Fastighetsnära åtgärder på bostad
(4) Värmlandsbro – Hammar					
Säffle Östbro 18:1	Bostad	Ca 8 m närmre	0	18	• Fastigheten ligger på en höjd • Sidoräcke • Stödmur (gabionmur) • Bullerskyddsplank (uppe på höjden) • Fastighetsnära åtgärder
Säffle Mellbyn 1:8	Bostad	Ca 4 m närmre	1	65	• Fastighetsnära åtgärder
Säffle Hammar 2:1	Bostad	Ca 3 m närmre	0	23	• Bullerskyddsplank (befintligt) • Fastighetsnära åtgärder

Copyright © AFRY

7 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

I detta avsnitt presenteras riskvärdering samt behov av riskreducerande åtgärder.

7.1 Riskvärdering

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

- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger som högst inom det övre ALARP-området, som längst cirka 12 meter från vägkant för utvecklingsalternativet och 17 meter för nollalternativet.
- Individrisken är belägen inom nedre ALARP-området inom ett stort geografiskt område både för noll- och utvecklingsalternativet. Speciellt mot den sida där järnvägen är belägen.
- Avståndet till gränsen för tolerabel individrisk varierar stort beroende på delsträcka och vilken sida av vägen som avses. Avståndet varierar mellan 43 och 250 meter för utvecklingsalternativet, och mellan 43 och 265 meter för nollalternativet.

Utvecklingsalternativet innebär generellt en minskad individrisk, vilket går att se i form av kortare avstånd till acceptansgränserna för delsträcka 2 och 3 i Tabell 6-8 ovan. För delsträcka 1 och 3 kan också individrisken förväntas minska, på grund av de olycksförebyggande åtgärder som planeras för hela sträckan, även om detta inte visualiseras i resultatet. Detta då beräkningsmodellens fördefinierade kategorier för vägtyp, och tillhörande olyckskvoter och index, inte skiljer på mötesfria och icke mötesfria vägar för den aktuella hastigheten. Att individrisken minskar är i linje med projektets syfte, det vill säga bland annat en ökad trafiksäkerhet och därmed färre olyckor.

Eftersom vägen är befintlig är det förändringen av risk, och framför allt ökningen av individrisk på enskilda platser, som är relevant att beakta. Inom vissa områden kan individrisken öka på grund av att vägkanten förflyttas och hamnar närmre dessa områden. Den riskökning som en närmare placerad vägkant medför kan dock i många fall förväntas kompenseras av den generella minskning av individrisk som den minskade olycksfrekvensen medför. För de platser där individrisken är inom nedre ALARP-området är förändringen av individrisk så pass liten att den inte är rimlig att ta hänsyn till. För de fastigheter som ligger nära vägkanten och utsätts för individrisk inom övre ALARP-området blir ökningen av individrisk, på grund av en närmare lagd vägkant, mer betydande och nödvändig att ta hänsyn till.

De fastigheter med bostäder där vägkanten flyttas avsevärt närmre (sex meter eller mer), och där individrisken därför blir större för utvecklingsalternativet jämfört med nollalternativet, berörs redan av inlösen eller förvärv. Vid övriga fastigheter, där vägkanten flyttas max fem meter närmre, är det planerat för andra åtgärder i olika grad.

I Tabell 7-1 presenteras bedömningar av behov av ytterligare åtgärder för respektive fastighet som är belägen helt eller delvis inom övre ALARP. Det bör påpekas att det inte finns några konkreta kriterier att utgå ifrån avseende vilka åtgärder som bör implementeras när. Bedömningen görs därför utifrån en sammanvägning av förflyttningen av vägkant i förhållande till fastigheten, redan planerade åtgärder och avstånd till bebyggelsen. För de flesta fastigheterna bedöms det att redan planerade åtgärder är tillräckliga och att ytterligare åtgärder inte kan motiveras. Vissa undantag finns dock. Av de fastigheter som listas i Tabell 7-1 bedöms det att åtgärderna vid fastigheterna Säffle Östbro 6:1 och Säffle Östbro 5:1 behöver kompletteras med ytterligare åtgärder, givet den planerade förflyttningen av vägkanten och att enbart fastighetsnära åtgärder planeras. För fastigheterna Säffle Södra Östbro 1:7, Säffle Norra Östbro 1:3 och Säffle Östbro 12:1, där

Copyright © AFRY

förvärv erbjuds, föreslås också beaktande av riskreducerande åtgärder i samband med att eventuella fastighetsnära åtgärder implementeras.

Tabell 7-1. Bedömning av behov av ytterligare åtgärder för respektive fastighet.

Fastighet	Bedömning av behov av ytterligare åtgärder
(1) Säffle - Korsning med väg 175	
Säffle Fendern 1	Vägkanten förflyttas inte i relation till fastigheterna och det planeras ett bullerskydd mellan vägen och fastigheterna. Risknivåerna gentemot fastigheterna förväntas därför bli lägre, vilket innebär att det inte är motiverat att införa ytterligare riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.
Säffle Fendern 2	
Säffle Fendern 3	
(2) Korsning med väg 175 – Värmlandsbro	
Säffle Säffle 5:25	Vägkanten förflyttas två meter närmre fastigheten och det planeras för ett sidoräcke och bullerskydd mellan vägen och fastigheten. Åtgärderna kan dels begränsa hur nära ett avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten, dels begränsa värmestrålning från en eventuell brand. Sammanfattningsvis kan risknivåerna förväntas bli lägre än i dagsläget, vilket innebär att det inte är motiverat att införa ytterligare riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.
Säffle Gösta 1:28	Vägen flyttas längre bort, vilket innebär att risknivåerna kan förväntas bli lägre än i nuläget. Därför är det inte motiverat att införa ytterligare riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.
Säffle Gösta 1:45	Fastigheten berörs av inlösen, vilket innebär att det inte är aktuellt att beakta några riskreducerande åtgärder.
Säffle Gösta 1:46	Vägkanten förflyttas fem meter närmre fastigheten och ligger på en höjd, vilket reducerar värmestrålning mot byggnaden vid en eventuell brand. Sluttningen begränsar även hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Det bedöms inte finnas ytterligare åtgärder som tillför någon betydande riskreducerande effekt än den effekt som sluttningen tillför.
Säffle Gösta 1:52	Vägkanten förflyttas fem meter närmre fastigheten och det planeras för ett sidoräcke mellan vägen och fastigheten. Sidoräcket begränsar hur nära ett avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Avståndet till byggnaden inom fastigheten gör att det inte är aktuellt med åtgärder som begränsar värmestrålningen från en eventuell brand, och därav är det inte motiverat att införa ytterligare riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.
Säffle Gösta 1:68	Vägen flyttas längre bort och det planeras för sidoräcken mellan fastigheten och vägen, vilket tillsammans innebär att risknivåerna kan förväntas bli lägre än i nuläget. Därför är det inte motiverat att införa ytterligare riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.
Säffle Gösta 1:36	Vägkanten förflyttas inte i relation till fastigheten och bebyggelsen inom fastigheten ligger 60 meter från vägen. Detta tillsammans innebär att det inte är motiverat att införa några riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.
Säffle Gösta 1:45	Fastigheten berörs av inlösen, vilket innebär att det inte är aktuellt att beakta några riskreducerande åtgärder.
Säffle Enarsval 1:14	Vägkanten förflyttas fem meter närmre fastigheten. Inga åtgärder planeras som har en riskreducerande effekt, men eftersom bebyggelsen inom fastigheten ligger 50 meter bort från vägen är det inte motiverat att införa några riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.

Copyright © AFRY

Fastighet	Bedömning av behov av ytterligare åtgärder
Säffle Remmene 1:5	Vägkanten förflyttas fem meter närmre fastigheten och ligger på en höjd, vilket tillsammans med det planerade bullerskyddsplanket reducerar värmestrålning mot byggnaden vid en eventuell brand. Sluttningen, och det planerade sidoräcket, begränsar även hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. De planerade åtgärderna bedöms vara tillräckliga.
(3) Värmlandsbro	
Säffle Västbro 1:32	Fastigheten berörs av inlösen, vilket innebär att det inte är aktuellt att beakta några riskreducerande åtgärder.
Säffle Västbro 1:9	Vägkanten förflyttas två meter närmre fastigheten och fastighetsägaren erbjuds förvärv. Eftersom bebyggelsen ligger 40 meter från vägen bedöms det inte motiverat att införa åtgärder för att reducera värmestrålning från en eventuell brand. Avståndet till bebyggelsen, tillsammans med att vägen enbart flyttas två meter närmre, motiverar inte heller implementering av sidoräcken som begränsar hur nära ett avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten.
Säffle Södra Östbro 1:14	Vägkanten förflyttas tre meter närmre fastigheten och det planeras för ett sidoräcke och bullerskydd mellan vägen och fastigheten. Åtgärderna kan dels begränsa hur nära ett avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten, dels begränsa värmestrålning från en eventuell brand. Sammanfattningsvis kan risknivåerna förväntas bli lägre än i dagsläget, vilket innebär att det inte är motiverat att införa ytterligare riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.
Säffle Södra Östbro 1:7	Vägkanten förflyttas två meter närmre fastigheten och fastighetsägaren erbjuds förvärv. De två meter som vägen förflyttas närmre fastigheten kompenseras av att det planeras ett sidoräcke som begränsar hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Eftersom bebyggelsen inom fastigheten enbart ligger 15 meter från vägen är det relevant att beakta åtgärder som kan reducera strålningen från en eventuell brand. Med hänsyn till att sidoräcket kompenserar för vägkantens förflyttning bedöms det dock inte rimligt att vidta några sådana åtgärder om det inte behöver göras ur andra perspektiv. Därför bedöms det tillräckligt att beakta detta i samband med eventuella fastighetsnära åtgärder som vidtas ur bullersynpunkt.
Säffle Södra Östbro 1:30	Vägkanten förflyttas fem meter närmre fastigheten och fastighetsägaren erbjuds förvärv. Det planeras för ett sidoräcke mellan vägen och fastigheten, som begränsar hur nära ett avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Eftersom bebyggelsen ligger 35 meter från vägen bedöms det inte motiverat att införa åtgärder för att reducera värmestrålning från en eventuell brand.
Säffle Södra Östbro 1:23	Fastigheten berörs av inlösen, vilket innebär att det inte är aktuellt att beakta några riskreducerande åtgärder.
Säffle Södra Östbro 1:22	Fastigheten berörs av inlösen, vilket innebär att det inte är aktuellt att beakta några riskreducerande åtgärder.
Säffle Norra Östbro 1:3	Vägkanten förflyttas sju meter närmre fastigheten och fastighetsägaren erbjuds förvärv. De sju meter som vägen förflyttas närmre fastigheten kompenseras delvis av att det planeras ett sidoräcke som begränsar hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Eftersom bebyggelsen inom fastigheten enbart ligger 30 meter från vägen är det relevant att beakta åtgärder som kan reducera strålningen från en eventuell brand. Med hänsyn till att sidoräcket delvis kompenserar för vägkantens förflyttning, och att få pölbränder medför konsekvensavstånd som uppgår till 30 meter, bedöms det

Copyright © AFRY

Fastighet	Bedömning av behov av ytterligare åtgärder
	dock inte rimligt att vidta några sådana åtgärder om det inte behöver göras ur andra perspektiv. Därför bedöms det tillräckligt att beakta detta i samband med eventuella fastighetsnära åtgärder som vidtas ur bullersynpunkt.
Säffle Norra Östbro 1:24	Vägkanten förflyttas sju meter närmre fastigheten. Markanvändningen inom fastigheten kan ses som mindre känslig jämfört med bostäder eftersom människor förväntas vara vakna. Vidare planeras ett sidoräcke som begränsar hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Eftersom bebyggelsen ligger 35 meter från vägen bedöms det inte motiverat att införa åtgärder för att reducera värmestrålning från en eventuell brand.
Säffle Östbro 17:1	Vägen flyttas längre bort och det planeras för ett bullerskyddsplank mellan fastigheten och vägen, vilket tillsammans innebär att risknivåerna kan förväntas bli lägre än i nuläget. Därför är det inte motiverat att införa ytterligare riskreducerande åtgärder med hänsyn till risk.
Säffle Östbro 14:1	Vägkanten förflyttas tre meter närmre fastigheten. Markanvändningen inom fastigheten är inte känslig, vilket innebär att det inte är motiverat att införa några riskreducerande åtgärder.
Säffle Östbro 12:1	Vägkanten förflyttas två meter närmre fastigheten och fastighetsägaren erbjuds förvärv. De två meter som vägen förflyttas närmre fastigheten kompenseras av att det planeras ett sidoräcke som begränsar hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Eftersom bebyggelsen inom fastigheten enbart ligger 20 meter från vägen är det relevant att beakta åtgärder som kan reducera strålningen från en eventuell brand. Med hänsyn till att sidoräcket kompenserar för vägkantens förflyttning bedöms det dock inte rimligt att vidta några sådana åtgärder om det inte behöver göras ur andra perspektiv. Därför bedöms det tillräckligt att beakta detta i samband med eventuella fastighetsnära åtgärder som vidtas ur bullersynpunkt.
Säffle Östbro 6:1	Vägkanten förflyttas fyra meter närmre fastigheten. Inga riskreducerande åtgärder planeras dock. Det bör därför införas åtgärder som kompenserar för att vägen flyttas närmre. Det bör införas åtgärder som begränsar hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Eftersom bebyggelsen inom fastigheten enbart ligger 18 meter från vägen är det även relevant att beakta åtgärder som kan reducera strålningen från en eventuell brand. Givet att ett det införs en åtgärd som förhindrar avåkande fordon, och därmed kompenserar för vägkantens förflyttning, bedöms det inte rimligt att vidta några strålningsreducerande åtgärder om det inte behöver göras ur andra perspektiv. Därför bedöms det tillräckligt att beakta detta i samband med eventuella fastighetsnära åtgärder som vidtas ur bullersynpunkt.
Säffle Östbro 5:1	Vägkanten förflyttas fyra meter närmre fastigheten. Inga riskreducerande åtgärder planeras dock. Det bör därför införas åtgärder som kompenserar för att vägen flyttas närmre. Det bör införas åtgärder som begränsar hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Eftersom bebyggelsen ligger 38 meter från vägen bedöms det inte motiverat att införa åtgärder för att reducera värmestrålning från en eventuell brand.
Säffle Norra Östbro 1:9	Vägkanten förflyttas en meter närmre fastigheten. Den meter som vägen förflyttas närmre fastigheten kompenseras av att det planeras ett sidoräcke som begränsar hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. Med hänsyn till att sidoräcket kompenserar för vägkantens förflyttning, och att ett begränsat antal pölbränder medför konsekvensavstånd som uppgår till 24 meter, bedöms det inte vara motiverat att införa ytterligare riskreducerande åtgärder som ska reducera värmestrålning från en eventuell brand.

Copyright © AFRY

Fastighet	Bedömning av behov av ytterligare åtgärder
(4) Värmlandsbro – Hammar	
Säffle Östbro 18:1	Vägkanten förflyttas åtta meter närmre fastigheten och ligger på en höjd, vilket tillsammans med det planerade bullerskyddsplanket reducerar värmestrålning mot byggnaden vid en eventuell brand. Sluttningen, och det planerade sidoräcket, begränsar även hur nära ett eventuellt avåkande fordon hamnar bebyggelsen inom fastigheten. De planerade åtgärderna bedöms vara tillräckliga.
Säffle Mellbyn 1:8	Vägkanten förflyttas fyra meter närmre fastigheten. Inga riskreducerande åtgärder planeras. Med hänsyn till att bebyggelsen inom fastigheten ligger 65 meter från vägen bedöms det dock inte vara motiverat att införa några riskreducerande åtgärder.
Säffle Hammar 2:1	Vägkanten förflyttas tre meter närmre fastigheten. Mellan vägen och fastigheten finns ett befintlig bullerskyddsplan som både skyddar mot avåkande fordon och reducerar värmestrålningen från en eventuell brand. Befintliga åtgärder bedöms vara tillräckliga utifrån den förflyttning av vägen som görs.

7.2 Riskreducerande åtgärder

En tolerabel risk innebär att risken kan accepteras utan krav på riskreducerande åtgärder. I enlighet med rimlighetsprincipen bör dock riskreducerande åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt implementeras även om risken är tolerabel.

En risk inom ALARP-området kan tolereras om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna. I den undre delen av ALARP-området är kraven på riskreduktion inte lika hårda som i den övre delen av ALARP-området.

Utifrån riskvärderingen i avsnitt 7.1 beskrivs nedan de kompletterande åtgärder som bedöms nödvändiga för Säffle Östbro 5:1, Säffle Östbro 6:1, Säffle Södra Östbro 1:7, Säffle Norra Östbro 1:3 och Säffle Östbro 12:1. Val av lämpliga åtgärder bygger på de resonemang som presenteras i Tabell 7-1 ovan.

7.2.1 Fastighetsnära åtgärder – krav på brandteknisk klass

De fasadåtgärder som eventuellt kommer att utföras bör kompletteras med krav på brandteknisk klass för de fasader som är belägna inom 30 meter från vägen, och vetter direkt mot vägen. Avståndet på 30 meter bygger på de strålningsnivåer som kan uppstå på olika avstånd vid en pölbrand och är även i linje med aktuella riktlinjer, se avsnitt 2.3.1, som beskriver att riskavstånd från brandfarlig vätska begränsas till cirka 30 meter från vägkant. Kraven ska då gälla de delar av fasaden som byts ut. Denna typ av åtgärd bedöms vara kostnadseffektiv när fasadåtgärder ändå ska göras. Om väggåtgärder blir aktuella ska berörda väggar utformas i obrännbart material alternativt lägst klass EI30. Om fönsteråtgärder blir aktuella ska berörda fönster utformas i lägst EW30.

Eftersom byggnaden inom Säffle Östbro 5:1 är belägen inom 30 meter från E45 ska de fasadåtgärder som eventuellt kommer att utföras kompletteras med krav på brandteknisk klass enligt ovan stycke. Byggnaden inom Säffle Östbro 6:1 är belägen bortom 30 meter från vägen, vilket innebär att krav på brandteknisk klass inte är motiverat.

I de fall erbjudandet om förvärv inte godtas av fastighetsägare kan eventuellt vissa fastighetsnära åtgärder ändå bli aktuella. Även i dessa fall bör de fastighetsnära åtgärderna

Copyright © AFRY

kompletteras med krav om brandteknisk klass enligt ovan om byggnaderna är belägna inom 30 meter från vägen. Detta gäller då fastigheterna Säffle Södra Östbro 1:7, Säffle Norra Östbro 1:3 och Säffle Östbro 12:1 där byggnader är belägna inom 30 meter från E45. Ingen av dessa fastigheter omfattas av eventuella väggåtgärder och därför är brandtekniskt krav på väggar inte aktuellt, utan enbart på fönster.

7.2.2 Sidoräcken

För Säffle Östbro 6:1 och Säffle Östbro 5:1 bedöms det att planerade åtgärder behöver kompletteras med åtgärder på vägområdet. Det bör kompletteras med sidoräcken längs med vägkanten för att skydda fastigheterna mot avåkande fordon. Åtgärden bedöms vara kostnadsmässigt rimlig utifrån aktuella individrisknivåer.

Copyright © AFRY

8 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.

8.1 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 av parametrar inom tre kategorier:

- antal transporter av farligt gods
- fördelning av farligt gods
- olycksfrekvens
- parametrar med påverkan på konsekvensavstånd.

8.1.1 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, 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.

8.1.2 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

Copyright © AFRY

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.

8.1.3 Olycksfrekvens

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

8.1.4 Parametrar med påverkan på konsekvensavstånd

Individriskens känslighet för variationer av parametrar som påverkar konsekvensavstånden för respektive olycksscenario bedöms som relativt stor. Ett större konsekvensområde för ett scenario leder till att människor inom ett större område kan omkomma. Detta innebär i sin tur ökade individrisknivåer på berörda avstånd.

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 parametern 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.

8.2 Osäkerhetsanalys

Osäkerheten analyseras med avseende på följande parametrar:

- antal transporter av farligt gods
- andel farligt gods och fördelning av farligt gods
- olycksfrekvens
- parametrar med påverkan på konsekvensavstånd.

8.2.1 Antal transporter av farligt gods

8.2.1.1 E45 Säffle-Hammar

Antalet transporter av farligt gods på den aktuella delen av E45 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 2019–2020. Trafikverket bedömer att denna typ av skattningar har god kvalité, men eftersom det är stickprov finns osäkerheter kopplat till statistiken. Sedan mätningarna gjordes på sträckan 2019–2020 har det gjorts nya mätningar, år 2023. Dessa nya mätningar visar på en betydande minskning av transporter på sträckan, speciellt vad gäller tung trafik. Detta kan delvis ha att göra med att skattningar gjorda av Trafikverket innan 2021 generellt sett är konservativa eftersom mätningarna felaktigt klassade vissa lätta men långa fordon som tunga. Utöver detta lade pappersbruket Nordic Paper Säffle ner sin massaproduktion under 2021, vilket kan ha bidragit till det minskade antalet tunga fordon på sträckan. De trafikflöden som används i beräkningarna kan därför antas vara väl tilltagna, och bidra till ett robust resultat för individrisken.

Copyright © AFRY

Hur antalet transporter på den aktuella delen av E45 kommer förändras över tid är svårt att förutspå och innebär osäkerheter kring resultaten. I framtagandet av antalet transporter år 2045 har trafikutvecklingstal använts 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.

8.2.1.2 Vänerbanan

Antalet godsvagnar med farligt gods på Vänerbanan som används i beräkningarna påverkas av antaganden och statistik. Antagandet om antalet farligt gods-vagnar som andel av det totala antalet godsvagnar beskrivs i nästa avsnitt. Statistik om godstågstrafiken baseras på Trafikverkets trafikprognos och trafikutvecklingstal. I beräkningarna används förväntad trafikering för år 2045 för att ta hänsyn till en framtida ökning av trafiken. Prognosen som används är uppdaterad år 2024 och är baserad på dagens transportmönster och uppgifter om nutida och framtida infrastruktur, trafikering och kostnader [21]. Den baseras även på förväntad utveckling av bland annat befolkning, ekonomisk utveckling och bränslekostnader [21]. Resultaten från riskanalysens gäller alltså utifrån denna prognosticerade utveckling. Däremot tar analysen inte höjd för större ökning än vad prognosen förutspår.

8.2.2 Andel farligt gods och fördelning av farligt gods

Beräkningarna utgår från statistik på mängden tung trafik på E45 och godståg på Vänerbanan. 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.

8.2.3 Olycksfrekvens

Olycksfrekvensen är central för riskanalyser och baseras ofta på statistik från tidigare inträffade olyckor. För olyckor på väg bestäms frekvensen för olycka med farligt gods-fordon utifrån ett antal, av Räddningsverket, fördefinierade kategorier för vägtyp, hastighetsgräns och bebyggelsemiljö som är försedda med olika olyckskvoter. Kategorierna är begränsade till fem olika hastigheter och vägtyperna är inte i linje med dagens klassificering av vägar. Räddningsverkets publikation är dessutom från 1996, vilket betyder att den data som olyckskvoterna bygger på är cirka 30 år gammal. Sammantaget finns det osäkerheter kring hur representativ statistiken är för det område som riskanalysen

Copyright © AFRY

fokuserar på. Jämfört med de fördefinierade olyckskvoterna kan det exempelvis finnas lokala förhållanden som leder till lägre eller högre olyckskvoter.

För att få en uppfattning om hur olyckskvoterna som används i beräkningarna förhåller sig till verkligheten kan de jämföras med statistik över de olyckor som faktiskt inträffat på vägsträckan de senaste åren. Enligt Transportstyrelsens olycksdatabas STRADA har det inträffat 47 olyckor med personskada under åren 2012–2021 på E45 mellan Säffle och Hammar [8], det vill säga cirka fem olyckor per år. Utifrån de olyckskvoter som används i beräkningarna förväntas det snarare cirka 19 olyckor per år på sträckan. Det kan förstås ha inträffat olyckor som inte har medfört personskada, och därmed inte ingår i statistiken, men som kan ha haft potential att medföra en farligt gods-olycka om ett sådant fordon var involverat. Det bedöms dock vara orimligt att den typen av olyckor skulle vara tre gånger så vanliga jämfört med olyckor där personer skadas. Sammantaget är bedömningen att de olyckskvoter som använts är konservativa och bidrar till ett robust resultat för individrisken.

En annan viktig fråga är om statistik baserad på redan inträffade händelser är representativ för framtida olyckor. Generellt finns 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.

8.2.4 Parametrar med påverkan på konsekvensavstånd

Händelseförlopp och konsekvensavstånd för olyckor med de olika farligt gods-klasserna 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 hålstorlek på utsläppet, något som är svårt att förutspå. Den möjliga variationen i hålstorlek hanteras genom att scenarier med olika hålstorlek 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.

Konsekvenserna påverkas också av topografi, befintlig bebyggelse och andra omgivningsparametrar. Bebyggelsen påverkar bland annat hur gaser sprids, ju större mängd bebyggelse i omgivningen desto större utspädning av gasen. I beräkningarna antas ett litet antal hinder i omgivningen, vilket är rimligt eftersom det i verkligheten finns en varierad mängd omgivande hinder längs med sträckan. En sista parameter, som har stor inverkan på konsekvensavståndet för gasmolnsexplosion, är explosionsstyrkan. Här används ett konservativt värde i beräkningarna som ger kraftigare explosioner än vad som kan förväntas vid majoriteten av gasmolnsexplosioner.

Sammantaget bedöms det att osäkerheter vad gäller de parametrar som påverkar konsekvensavstånden för olika olyckor hanteras på ett sådant sätt att riskerna inte underskattas.

Copyright © AFRY

9 Slutsatser

Följande resultat med avseende på individrisk har erhållits:

- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger som högst inom det övre ALARP-området, som längst cirka 12 meter från vägkant för utvecklingsalternativet och 17 meter för nollalternativet.
- Individrisken är belägen inom nedre ALARP-området inom ett stort geografiskt område både för noll- och utvecklingsalternativet. Speciellt mot den sida där järnvägen är belägen.
- Avståndet till gränsen för tolerabel individrisk varierar stort beroende på delsträcka och vilken sida av vägen som avses. Avståndet varierar mellan 43 och 250 meter för utvecklingsalternativet, och mellan 43 och 265 meter för nollalternativet.

Utvecklingsalternativet innebär generellt en minskad individrisk längs med E45. Att individrisken minskar är i linje med projektets syfte, det vill säga bland annat en ökad trafiksäkerhet och därmed färre olyckor. Eftersom vägen är befintlig är det förändringen av risk, och framför allt ökningen av individrisk på enskilda platser, som är relevant att beakta.

Inom vissa områden kan individrisken öka på grund av att vägkanten förflyttas och hamnar närmre dessa områden. Den riskökning som en närmare placerad vägkant medför kan dock i många fall förväntas kompenseras av den generella minskning av individrisk som den minskade olycksfrekvensen medför. För de platser där individrisken är inom nedre ALARP-området är förändringen av individrisk så pass liten att den inte är rimlig att ta hänsyn till. För de fastigheter som ligger nära vägkanten och utsätts för individrisk inom övre ALARP-området blir ökningen av individrisk, på grund av en närmare lagd vägkant, mer betydande och nödvändig att ta hänsyn till.

För de flesta fastigheterna bedöms det att redan planerade åtgärder är tillräckliga och att ytterligare åtgärder inte kan motiveras. Vissa undantag finns dock. Nedan sammanfattas de åtgärder som man bör komplettera redan planerade åtgärder med.

Säffle Östbro 6:1

- Det bör kompletteras med sidoräcken längs med vägkanten för att skydda fastigheten mot avåkande fordon.

Säffle Östbro 5:1

- Det bör kompletteras med sidoräcken längs med vägkanten för att skydda fastigheten mot avåkande fordon.
- De fasadåtgärder som eventuellt kommer utföras inom fastigheten bör kompletteras med krav på brandteknisk klass. Om väggåtgärder blir aktuella ska berörda väggar utformas i obrännbart material alternativt lägst klass EI30. Om fönsteråtgärder blir aktuella ska berörda fönster utformas i lägst EW30.

Säffle Södra Östbro 1:7, Säffle Norra Östbro 1:3 och Säffle Östbro 12:1

- I de fall erbjudandet om förvärv inte godtas av fastighetsägaren och fasadåtgärder ska vidtas, bör fasadåtgärderna kompletteras med krav om brandteknisk klass. Om fönsteråtgärder blir aktuella ska de utformas i lägst EW30.

Baserat på gällande kriterier för riskvärdering bedöms förslaget till vägplan vara acceptabelt ur risksynpunkt givet att angivna kompletterande åtgärder vidtas.

Copyright © AFRY

Referenser

[1] Länsstyrelsen i Dalarna, Farligt gods - Vägledning för planläggning intill transportleder för farligt gods, Falun: Länsstyrelsen i Dalarna, 2012.

[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 12.4.

[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] AFRY, ”Planbeskrivning E45 Säffle-Valnäs, delen Säffle-Hammar (TRV 2017/113998),” Trafikverket, 2024.

[9] Trafikanalys, *Lastbilstrafik 2014-2023,* 2024.

[10] Trafikanalys, *Bantrafik 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/transportsatt/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/transportsatt/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/transportsatt/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:

Copyright © AFRY

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

[18] Trafikverket, ”Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning,” 2024.

[19] Räddningsverket, ”Farligt gods - Riskbedömning vid transport,” 1996.

[20] S. Fredén, ”Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen,” Banverket, Borlänge, 2001.

[21] Trafikverket, ”Trafik- och transportprognoser,” 28 april 2023. [Online]. Available: https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/.

Copyright © AFRY

Kund
Trafikverket

Beräkningsbilaga till Riskutredning för E45 Säffle-Hammar

ÅF-Infrastructure AB
Frösundaleden 2 (goods 2E)
SE-169 99 Stockholm
Sweden

Tel: 010-5050000
Registered office in Solna
Corp. id: 260110
VAT: SE556185210301

afry.com

Dokumenthistorik

Version	Datum	Revidering	Handläggare	Intern kvalitets-granskning
1.0	2025-02-18	Första utgivna version.	Tove Raquette	Mario Rubil

Copyright © AFRY

Innehållsförteckning

1 Inledning 4

2 Kvantitativa riskmått 5

3 Väderdata 6

3.1 Vindhastighet 6

3.1.1 Stabilitetsklass 7

3.2 Vindriktning 8

4 Olycka med farligt gods 9

4.1 Fördelning av farligt gods 9

4.1.1 E45 Säffle-Hammar 9

4.1.2 Vänerbanan 10

4.2 Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods 11

4.2.1 E45 Säffle-Hammar 11

4.2.2 Vänerbanan 14

4.2.3 Olycksscenarier 16

4.2.4 Summering av frekvensberäkningar 27

4.3 Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods 32

4.3.1 Generella omgivningsparametrar 32

4.3.2 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål 33

4.3.3 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser 34

4.3.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser 37

4.3.5 Klass 3 – Brandfarliga vätskor 39

4.3.6 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider 41

5 Referenser 43

Copyright © AFRY

1 Inledning

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

- Riskutredning för E45 Säffle-Hammar, daterad 2025-02-18.

Beräkningsbilagan omfattar följande områden:

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

Copyright © AFRY

2 Kvantitativa riskmått

Individrisk beskrivs i huvudrapporten. Hur detta riskmått beräknas beskrivs nedan.

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

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

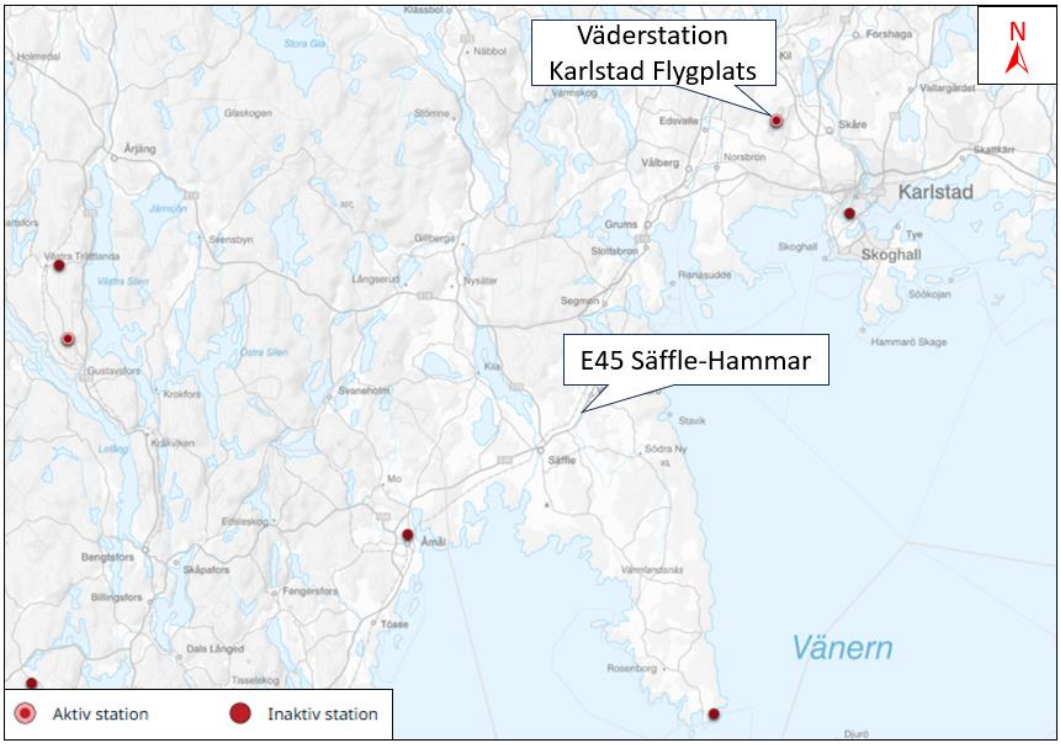
$$IR_{(x,y),i} = f_i * p_i$$

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.

Copyright © AFRY

3 Väderdata

Den närmaste mätstationen tillhörande SMHI i förhållande till planområdet benämns Karlstad Flygplats. Avståndet mellan mätstationen och planområdet är cirka 30 kilometer. Figur 3-1 visar placeringen av mätstationen i förhållande till planområdet. Data från mätstationen avseende vindhastighet och vindriktning mellan 2005 och 2025 är hämtat från SMHIs öppna databas [1].

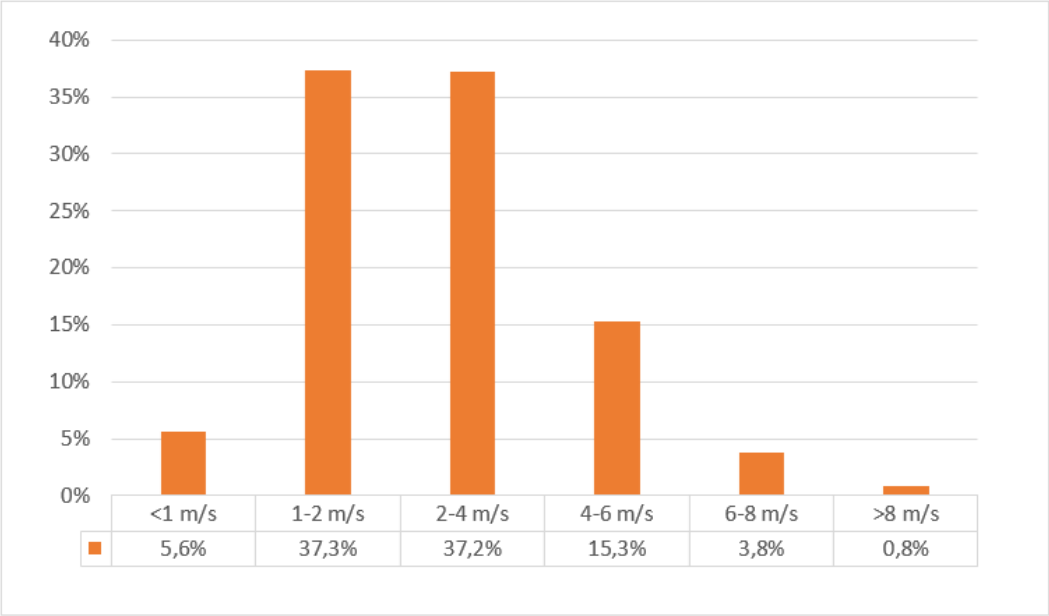


Figur 3-1. Placering av planområdet och mätstationen Karlstad Flygplats.

3.1 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 3-2 visas fördelningen av vindhastighet vid mätstationen Karlstad Flygplats från ovan nämnda data. Medelvärdet under den aktuella perioden var 3 meter per sekund och vindstilla förhållanden uppmättes under cirka 6 procent av tiden.

Copyright © AFRY



Figur 3-2. Fördelning av vindhastighet vid mätstationen Karlstad Flygplats, 2005 – 2025.

3.1.1 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 3-1.

Tabell 3-1. Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser [2, 3].

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

Copyright © AFRY

Turbulens	Beskrivning av väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter [m/s]
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.

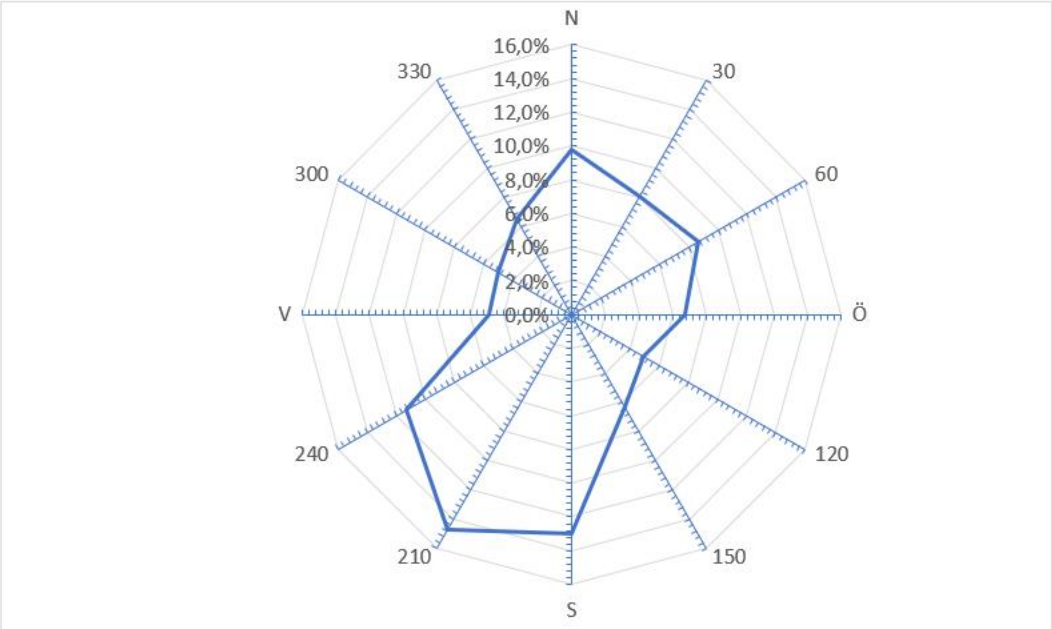
De valda väderförhållandena bedöms som representativa och rimligt konservativa. I Tabell 3-2 visas fördelning mellan de olika väderscenarierna för såväl dagtid som nattetid. Fördelningen är uppskattad utifrån dels statik för vindhastighet vid mätstationen Karlstad Flygplats, dels vanligt förekommande stabilitetsklasser vid olika vindhastigheter och tid på dygnet, i enlighet med Tabell 3-1.

Tabell 3-2. Fördelning av väderförhållanden under dagtid och nattetid.

Väderförhållande	Dag [%]	Natt [%]
2F	6	54
2D	51	18
5D	43	28
Summa	100	100

3.2 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 3-3 visas fördelningen av vindriktning vid mätstationen Karlstad Flygplats. Figur 3-3 visar att den mest förekommande vindriktningen är sydvästlig.



Figur 3-3. Fördelning av vindriktning vid mätstation Karlstad Flygplats, 2005 – 2025.

Copyright © AFRY

4 Olycka med farligt gods

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

4.1 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.

4.1.1 E45 Säffle-Hammar

I frekvensberäkningarna för trafikolycka på E45 utgås det från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik för antal körda kilometrar från myndigheten Trafikanalys. I Tabell 4-1 presenteras en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2014 och 2023, som används i beräkningarna.

Tabell 4-1. 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 [4].

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 4-2.*

Tabell 4-1 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 [5]. Fördelningen presenteras i Tabell 4-2. 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 4-2.

Copyright © AFRY

Tabell 4-2. 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

4.1.2 Vänerbanan

I frekvensberäkningarna för urspårning på Vänerbanan utgås det från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik för transportarbete från myndigheten Trafikanalys. I Tabell 4-3 presenteras en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2014 och 2023, som används i beräkningarna.

Tabell 4-3. Fördelning av farligt gods på järnväg mellan 2014 och 2023 baserat på information från Trafikanalys [6].
**Delas upp i klass 2.1, 2.2 och 2.3, se Tabell 4-4.*

Klass	Transportarbete [%]
1	0,00042
2*	25,55
3	17,59
4.1	0,39
4.2	0,04
4.3	3,63
5.1	31,48
5.2	0,46
6.1	2,15
6.2	0,00
7	0,01
8	17,97
9	0,73
Totalt	100,00

Tabell 4-3 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 [5]. Fördelningen presenteras i Tabell 4-4.

Copyright © AFRY

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

Klass	Andel av klass 2 [%]	Andel av totala antalet FG-transporter [%] (används i beräkningar)
2.1	73,02	18,66
2.2	2,56	0,66
2.3	24,42	6,24
Totalt	100,00	24,98

4.2 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.

4.2.1 E45 Säffle-Hammar

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 2045.

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* [7]. 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 [7] kan det årliga antalet fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor på en specifik vägsträcka beräknas enligt:

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

Där

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

Det förväntade antalet olyckor med samtliga fordonsslag beräknas enligt:

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

Där

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

Såväl andelen singelolyckor som olyckskvoten beror på ett antal vägparametrar såsom vägtyp och hastighetsgräns. I Räddningsverkets dokument [7] anges andelen singelolyckor och olyckskvoten för olika kombinationer av bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp. Dessa parametrar, och tillhörande värde på olyckskvot och andel singelolyckor, för respektive delsträcka av E45, och för noll- och utvecklingsalternativet, presenteras i Tabell 4-5.

Copyright © AFRY

Tabell 4-5. Indataparametrar för beräkning av trafikolyckor.
** Vägtypen väljs utifrån fördefinierade kategorier i Räddningsverkets publikation [7].*

Delsträcka	Alternativ	Vägtyp*	Olyckskvot	Andel singel-olyckor
(1) Säffle - korsning med väg 175	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	Tätort 70 km/h Trafikled	0,80	0,25
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	Nollalternativ	Landsbygd 90 km/h 6-11 m bred	0,40	0,45
	Utvecklings-alternativ	Landsbygd 110 km/h Flerfältsväg	0,28	0,50
(3) Värmlandsbro	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	Tätort, 70 km/h Trafikled	0,80	0,25
(4) Värmlandsbro - Hammar	Nollalternativ	Landsbygd 90 km/h 6-11 m bred	0,40	0,45
	Utvecklings-alternativ	Landsbygd 110 km/h Flerfältsväg	0,28	0,50

Sammanlagt antal fordonskilometer för samtliga fordonsslag beräknas enligt:

$$S_{samtliga\ fordonsslag,år} = ÅDT_{total} \cdot 365 \cdot l_{vägsträcka}$$

Där

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

Den studerade delen av aktuell vägsträcka är cirka 11,5 kilometer, men samtliga beräkningar görs per kilometer, vilket innebär att frekvenserna som erhålls i beräkningarna är per kilometer. Med ovan beräkningar erhålls frekvens för förekomst av fordon skyltat med farligt gods i trafikolyckor och återkomsttid för detta enligt Tabell 4-6.

Tabell 4-6. Frekvens och återkomsttid för trafikolycka på väg som involverar farligt gods-fordon, för respektive delsträcka.

Delsträcka	Alternativ	Frekvens (per år och kilometer)	Återkomsttid
(1) Säffle - korsning med väg 175	Nollalternativ & Utvecklingsalternativ	3,72E-2	27
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	Nollalternativ	1,45E-2	69
	Utvecklingsalternativ	9,84E-3	102
(3) Värmlandsbro	Nollalternativ & Utvecklingsalternativ	3,30E-2	30
(4) Värmlandsbro - Hammar	Nollalternativ	1,45E-2	69
	Utvecklingsalternativ	9,84E-3	102

Copyright © AFRY

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 4.1 redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på väg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för olycka enligt:

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

Där

- $F_{olycka,\ Klass\ X}$ = frekvens för olycka med farligt gods i Klass X, redovisas i Tabell 4-7
- $F_{Olycka\ FG}$ = förväntat antal olyckor med farligt gods, redovisas i Tabell 4-6
- $A_{Klass\ X}$ = andel transporter av Klass X, redovisas i avsnitt 4.1

Frekvensen för olycka med olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 4-7. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 4-7 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 4-7. Frekvens för olycka på väg med olika klasser av farligt gods.

Delsträcka	Alternativ	Olycka med transport innehållande	Frekvens (per år och kilometer)
(1) Säffle - korsning med väg 175	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	2,34E-4
		Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	2,76E-3
		Klass 2.3 – Giftiga gaser	3,72E-5
		Klass 3 – Brandfarliga vätskor	1,56E-2
		Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	1,26E-3
(2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro	Nollalternativ	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	9,14E-5
		Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	1,08E-3
		Klass 2.3 – Giftiga gaser	1,45E-5
		Klass 3 – Brandfarliga vätskor	6,10E-3
		Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	4,93E-4
	Utvecklings-alternativ	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	6,19E-5
		Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	7,30E-4
		Klass 2.3 – Giftiga gaser	9,84E-6
		Klass 3 – Brandfarliga vätskor	4,14E-3
		Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	3,34E-4
(3) Värmlandsbro	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	2,07E-4
		Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	2,45E-3
		Klass 2.3 – Giftiga gaser	3,30E-5
		Klass 3 – Brandfarliga vätskor	1,39E-2
		Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	1,12E-3

Copyright © AFRY

(4) Värmlandsbro - Hammar	Nollalternativ	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	9,13E-5
		Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	1,08E-3
		Klass 2.3 – Giftiga gaser	1,45E-5
		Klass 3 – Brandfarliga vätskor	6,10E-3
		Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	4,93E-4
	Utvecklings-alternativ	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	6,19E-5
		Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	7,30E-4
		Klass 2.3 – Giftiga gaser	9,84E-6
		Klass 3 – Brandfarliga vätskor	4,13E-3
		Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	3,34E-4

4.2.2 Vänerbanan

I det här avsnittet presenteras modellen som används för frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på Vänerbanan. Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods på järnväg gäller för år 2045. Studerad längd på transportleden är en kilometer.

En förutsättning för att kunna beräkna frekvensen för en olycka med farligt gods är att frekvensen för urspårning av tåg är känd. Frekvensen för urspårning av tåg på den aktuella sträckan beräknas genom Banverkets dokument *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [8].

För frekvensberäkningarna krävs indata för ett antal parametrar, vilka presenteras i Tabell 4-8. Aktuell spårklass är bedömd utifrån spårets utseende [8]. Antal växlar på sträckan är baserat på information från Trafikverkets nationella järnvägsdatabas [9]. Längden på en normalvagn är ett framtaget genomsnitt utifrån en överblick av *SJ Godsvagnar* där det framgår att det finns en stor variation på vagnlängden [10]. Antal vagnaxlar på vagnar med farligt gods är ansatt till fyra, då detta är helt dominerande vid sådana transporter [11]. Vad gäller vagnar utan farligt gods används ett flertal olika vagnmodeller med olika vagnaxelantal, främst två och fyra [10], varför ett genomsnittligt värde på tre vagnaxlar används.

Tabell 4-8. Indata till frekvensberäkningar för urspårning på Vänerbanan.

Parameter	Värde
Spårklass	A
Antal växlar på sträckan (per kilometer)	0,4
Genomsnittlig längd för godståg [m]	587
Längd normalvagn [m]	16
Antal vagnaxlar (icke farligt gods)	3
Antal vagnaxlar (farligt gods)	4

Urspårning av tåg på järnväg kan orsakas av en rad olika olyckstyper. Dessa olyckstyper sammanfattas i Tabell 4-9 tillsammans med felintensitet och beroendefaktor för varje enskild olyckstyp. Beroendefaktorn beskriver vilken parameter som påverkar frekvensen för urspårning för varje olyckstyp. Beroendefaktorerna presenteras i Tabell 4-10 och är beräknade utifrån information i Tabell 4-8. Den studerade delen av aktuell järnvägssträcka är cirka 11,5 kilometer, men samtliga beräkningar görs per kilometer, vilket innebär att frekvenserna som erhålls i beräkningarna är per kilometer.

Copyright © AFRY

Tabell 4-9. Felintensitet och beroendefaktor för olika olyckstyper.

Olyckstyp	Felintensitet (ξ)	Beroendefaktor
Rälsbrott	5,00E-11	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Solkurva	1,00E-05	Studerad spårlängd (km)
Vagnfel godståg	3,10E-09	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Lastförskjutning	4,00E-10	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Växel sliten, trasig	5,00E-09	Antal passager genom växel för godståg
Annan orsak	5,70E-08	Tågkilometer för godståg
Okänd orsak	1,40E-07	Tågkilometer för godståg
Spårlägesfel	4,00E-10	Vagnaxelkilometer för godsvagnar

Tabell 4-10. Beroendefaktorer för olyckstyper (per kilometer).

Beroendefaktor	Värde
Vagnaxelkilometer för godsvagnar	847 056
Studerad spårlängd [km]	1
Antal passager genom växel för godståg	2721
Tågkilometer för godståg	7483

För varje enskild olyckstyp beräknas frekvensen för urspårning på den aktuella sträckan enligt:

$$F_U = \xi \cdot bf$$

Där

- F_U = frekvens för urspårning, redovisas i Tabell 4-11
- ξ = felintensitet, redovisas i Tabell 4-9
- bf = beroendefaktor, redovisas i Tabell 4-10

Beroendefaktorerna som tillämpas gäller för ett år, vilket medför att den beräknade frekvensen för urspårning är en årlig frekvens. Frekvensen för urspårning, uppdelad på olyckstyp, på den aktuella sträckan redovisas i Tabell 4-11.

Tabell 4-11. Frekvens för urspårning av godståg, uppdelad på olyckstyp.

Olyckstyp	Frekvens (per år och kilometer)
Rälsbrott	4,24E-5
Solkurva	1,00E-5
Vagnfel godståg	2,63E-3
Lastförskjutning	3,39E-4
Växel sliten, trasig	1,36E-5
Annan orsak	4,27E-4
Okänd orsak	1,05E-3
Spårlägesfel	3,39E-4
Total frekvens för urspårning av godståg	**4,84E-3**

Copyright © AFRY

Frekvenserna i Tabell 4-11 avser urspårning för samtliga godsvagnar. För att beräkna frekvensen för urspårning av vagnar med farligt gods tas hänsyn till det genomsnittliga antalet vagnar med farligt gods per godståg och att det genomsnittliga antalet vagnar som spårar ur vid en urspårningsolycka är 3,5 vagnar enligt [11].

Tabell 4-12 redovisar sannolikhet, frekvens och återkomsttid för urspårning av godsvagnar med farligt gods på den aktuella sträckan baserat på förväntad trafikering för 2045.

Tabell 4-12. Frekvens och återkomsttid för urspårning av godsvagnar med farligt gods.

Parameter	Värde
Sannolikhet för urspårning med farligt gods, givet urspårning av godståg [%]	23,6
Frekvens för urspårning av godsvagnar med farligt gods (per år)	1,14E-3
Återkomsttid för urspårning med farligt gods [år]	876

För att beräkna frekvensen för en urspårning av en godsvagn med en viss klass av farligt gods krävs kännedom om andelen transporter som innehåller den aktuella klassen av farligt gods. Avsnitt 4.1 redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på järnväg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för urspårning enligt:

$$F_{U,Klass\ X} = F_U \cdot A_{Klass\ X}$$

Där

- $F_{U,Klass\ X}$ = frekvens för urspårning av tågvagn med farligt gods i Klass X
- $A_{Klass\ X}$ = andel transporter som utgörs av Klass X, redovisas i avsnitt 4.1

Frekvensen för urspårning av vagnar innehållande olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 4-13. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 4-13 är enbart ämnesklasserna som beaktas i beräkningarna enligt avsnitt 4.1.

Tabell 4-13. Frekvens för urspårning av vagnar innehållande olika klasser av farligt gods.

Urspårning av vagn innehållande	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	4,75E-9
Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	2,13E-4
Klass 2.3 – Giftiga gaser	7,12E-5
Klass 3 – Brandfarliga vätskor	2,01E-4
Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	3,64E-4

4.2.3 Olycksscenarier

Olika utfall av en olycka är möjliga beroende på vilken klass av farligt gods som är involverad i olyckan. I detta avsnitt redovisas händelseträd 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.

Copyright © AFRY

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.

4.2.3.1 Olycka på väg

Räddningsverket [7] 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 [7]. 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 [7]
- $I_{Olycka,FG,max}$= maximalt index för olycka med farligt gods (gäller för motorväg, landsbygd, 110 km/h), erhålls från [7]

Relevanta index för olycka med farligt gods och indexkvot sammanfattas i Tabell 4-14. Hur dessa värden används i beräkningarna beskrivs under respektive klass nedan.

Tabell 4-14. Index för olycka med farligt gods och indexkvot.
** Index 1: Index för olycka med farligt gods för aktuell vägsträcka (sannolikhet läckage av farligt gods som inte transporteras under tryck.*
Index 2: Index för olycka med farligt gods för aktuell väg, dividerat med 30 (sannolikhet läckage av farligt gods som transporteras under tryck).

Delsträcka	Alternativ	Parameter*	Värde
-	-	Maximalt index för olycka med farligt gods, max (gäller för motorväg, landsbygd, 110 km/h)	0,42
(1) Säffle - korsning med väg 175 & (3) Värmlandsbro	Nollalternativ & Utvecklings-alternativ	Index 1	0,11
		Index 2	0,0037
		Indexkvot	0,26
(2) Korsning med väg 175 – Värmlandsbro & (4)	Nollalternativ	Index 1	0,28
		Index 2	0,0093
		Indexkvot	0,67

Copyright © AFRY

Värmlandsbro - Hammar	Utvecklings-alternativ	Index 1	0,34
		Index 2	0,011
		Indexkvot	0,81

4.2.3.2 Olycka på järnväg

Transporter på järnväg sker generellt med höga hastigheter, varför antagna sannolikheter för olika delhändelser (exempelvis läckage) inte antas vara hastighetsberoende. För järnväg utgår beräkningarna därför från den maximala sannolikheten för respektive delhändelse.

4.2.3.3 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 järnväg, där hastigheten generellt är hög, antas sannolikheten för brand i fordon givet en olycka vara 1 procent. 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 4.2.3. 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 [7]. Detta innebär att sannolikheten för brand i fordon för aktuell vägsträcka beräknas enligt:

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

Där

- $P_{fordonsbrand}$ = sannolikhet för fordonsbrand vid olycka
- I_{Kvot} = indexkvot, se avsnitt 4.2.3

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

Copyright © AFRY

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 järnväg, där hastigheten generellt är hög, sätts sannolikheten för stötinitierad detonation därför till 0,2 procent. 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 4.2.3. 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 [7]. Detta innebär att sannolikheten för stötinitierad detonation vid olycka på aktuell vägsträcka beräknas enligt:

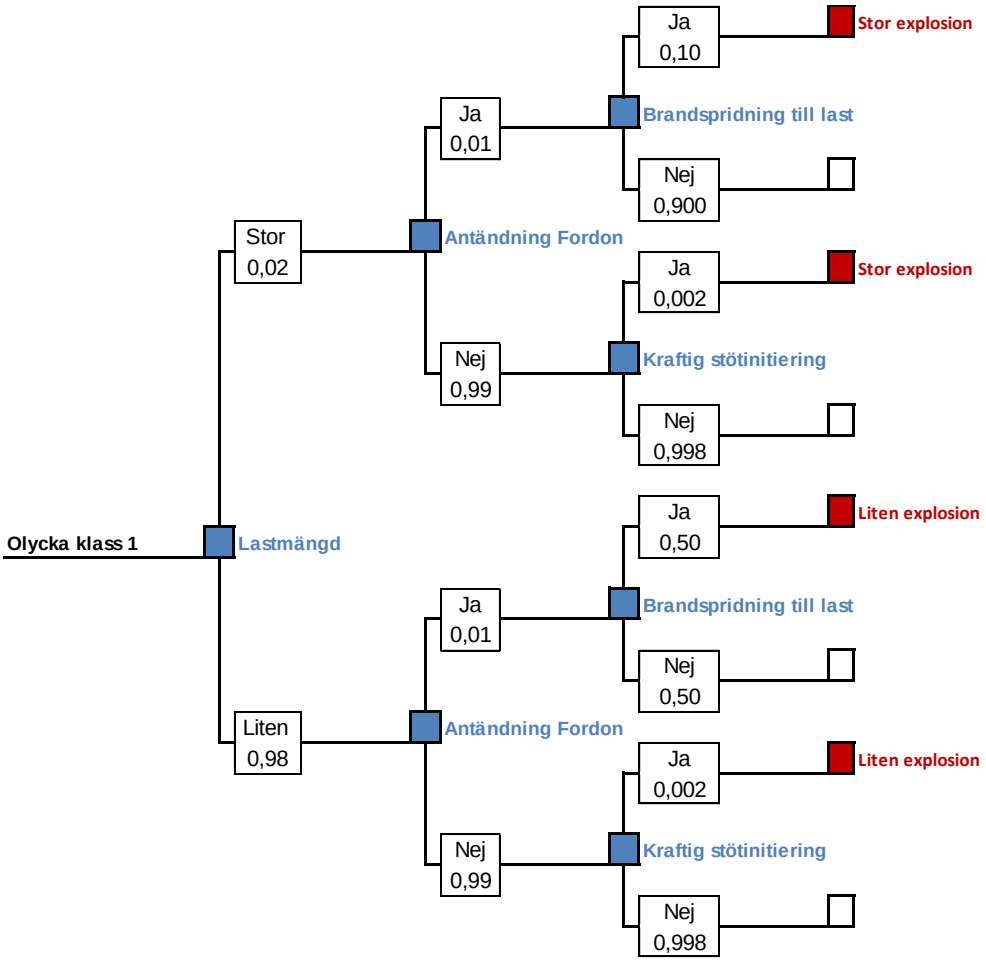
$$P_{kraftig\ stötinitiering} = 0{,}002 \cdot I_{Kvot}$$

Där

- $P_{kraftig\ stötinitiering}$ = sannolikhet för kraftig stötinitiering vid olycka
- I_{Kvot} = indexkvot, se avsnitt 4.2.3

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 4-1 som visar händelseträdet för olyckor med explosiva ämnen och föremål. Händelseträdet, med de värden som presenteras i Figur 4-1, tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. 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 4-15.



Figur 4-1. Händelseträd för olycka med explosiva ämnen och föremål.

Copyright © AFRY

Tabell 4-15. Sannolikhet för brand i fordon och stötinitierad detonation för beaktade transportleder.

Transportled	Brand i fordon [%]	Stötinitierad detonation [%]
Vänerbanan	1	0,2
E45 – Delsträcka 1 & 3 noll- och utvecklingsalternativ	0,3	0,05
E45 – Delsträcka 2 & 4 nollalternativ	0,7	0,13
E45 – Delsträcka 2 & 4 utvecklingsalternativ	0,8	0,16

4.2.3.4 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 järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för någon form av läckage 2 procent [8]. 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 4-14.

Läckagen delas upp i små läckage och stora läckage. På järnväg är sannolikheten för litet respektive stort läckage lika stort [8]. Vad gäller olyckor på väg anger Räddningsverket [7] ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage i sin metod. Därför antas att små och stora läckage utgör 50 procent vardera.

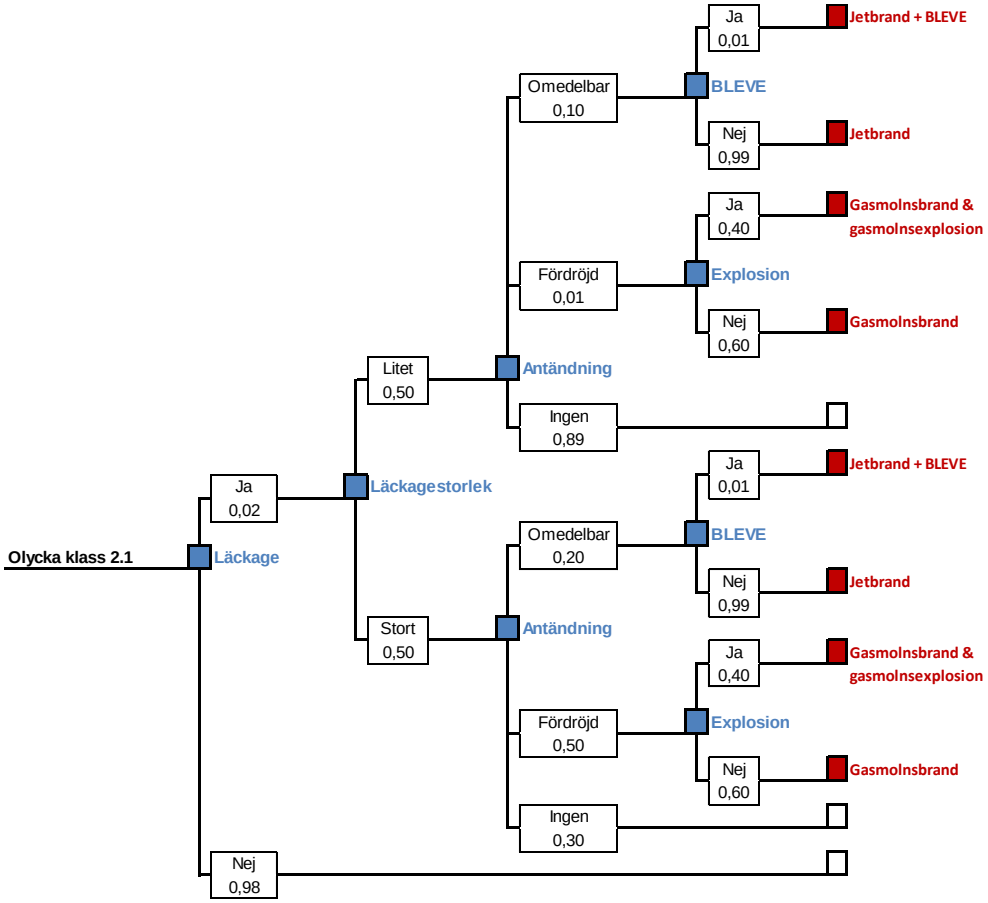
Skadeutfallet beror därefter på om det sker en omedelbar eller fördröjd antändning av gasen. Sannolikheten för omedelbar antändning beror på läckagets storlek och ansätts till 10 procent för litet läckage och 20 procent för stort läckage [13]. För att en fördröjd antändning ska ske krävs som regel ett större läckage [13] 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 [2]. 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 4-2 som visar händelseträdet för olyckor med brandfarliga gaser. Händelseträdet, med de värden som presenteras Figur 4-2, tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 4-16.

Copyright © AFRY



Figur 4-2. Händelseträd för olycka med brandfarlig gas.

Tabell 4-16. Sannolikhet för läckage av brandfarlig gas för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Vänerbanan	2
E45 – Delsträcka 1 & 3 noll- och utvecklingsalternativ	0,37
E45 – Delsträcka 2 & 4 nollalternativ	0,93
E45 – Delsträcka 2 & 4 utvecklingsalternativ	1,13

4.2.3.5 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.

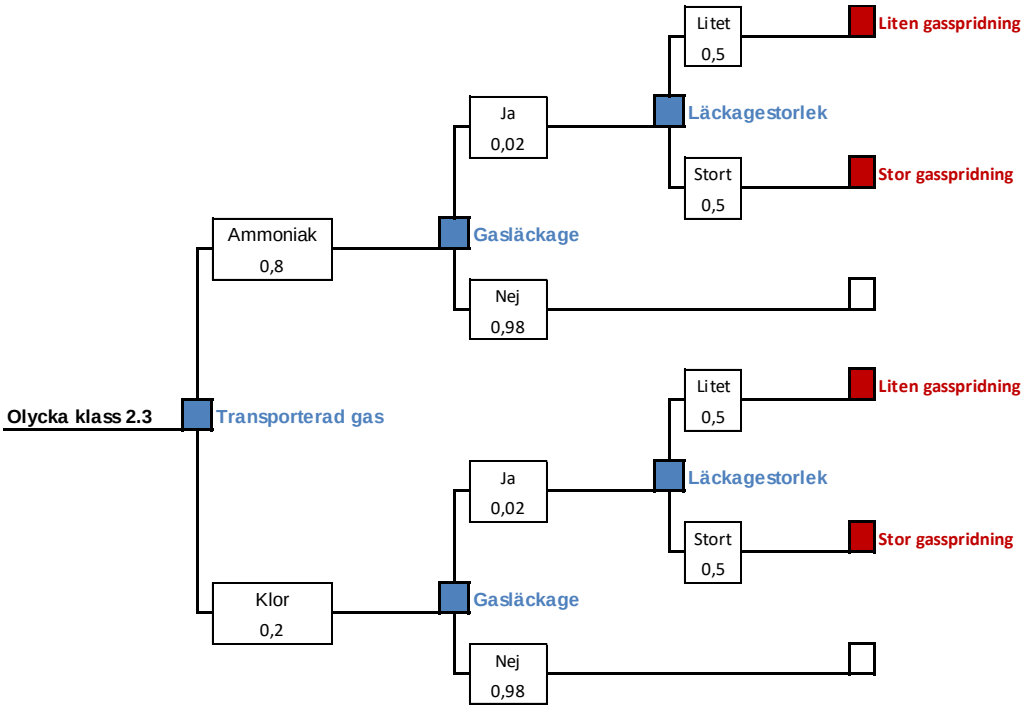
Sannolikheten för att tanken skadas och ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för någon form av läckage 2 procent [8]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage av giftig gas den sannolikhet som gäller för farligt gods som transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 4-14.

Läckagen delas upp i små läckage och stora läckage. På järnväg är sannolikheten för litet respektive stort läckage lika stort [8]. Vad gäller olyckor på väg anger Räddningsverket [7] ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage i sin metod. Därför antas att små och stora läckage utgör 50 procent vardera.

Copyright © AFRY

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 4-3 som visar händelseträdet för olyckor med giftiga gaser. Händelseträdet med de värden som presenteras Figur 4-3 tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 4-17.



Figur 4-3. Händelseträd för olycka med läckage av giftig gas.

Tabell 4-17. Sannolikhet för läckage av giftig gas för beaktade transportleder.

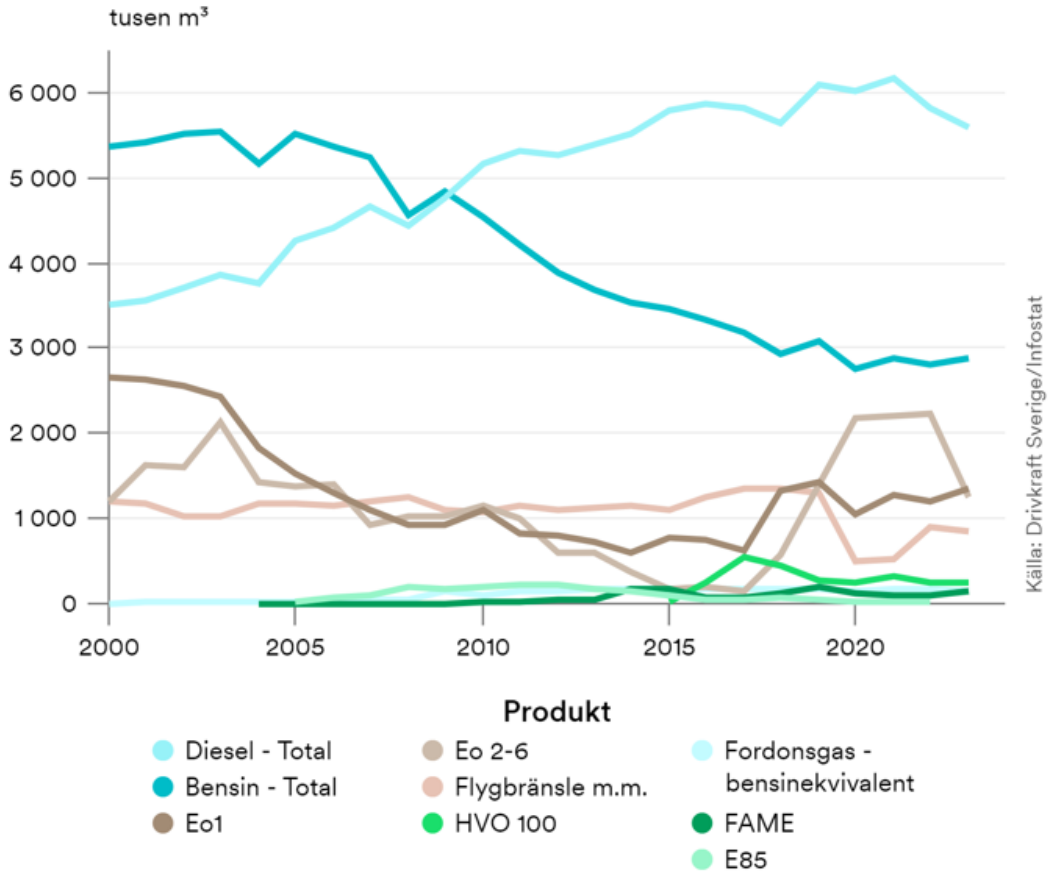
Transportled	Läckage [%]
Vänerbanan	2
E45 – Delsträcka 1 & 3 noll- och utvecklingsalternativ	0,37
E45 – Delsträcka 2 & 4 nollalternativ	0,93
E45 – Delsträcka 2 & 4 utvecklingsalternativ	1,13

4.2.3.6 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

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

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

Copyright © AFRY



Figur 4-4. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige [14].

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 järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för läckage 30 procent enligt [8]. 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 4-14.

Läckage av brandfarliga vätskor delas upp i små, medelstora och stora läckage i enlighet med *Purple Book* [2]. Utsläppsvolymerna presenteras i Tabell 4-18 tillsammans med pölstorlek och sannolikhet för varje utsläppsvolym. Informationen i Tabell 4-18 gäller för utsläpp av såväl pentan som dodekan.

Tabell 4-18. Utsläppsvolymer med tillhörande pölstorlekar och sannolikheter givet läckage.

Volym [m³]	Volymen motsvarar	Pölstorlek [m²]	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* [2] och redovisas i Tabell 4-19. För pentan finns risk för fördröjd

Copyright © AFRY

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 4.2.3.4, det vill säga att 60 procent av de fördröjda antändningarna leder till gasmolnsbrand medan resterande 40 procent leder till gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion.

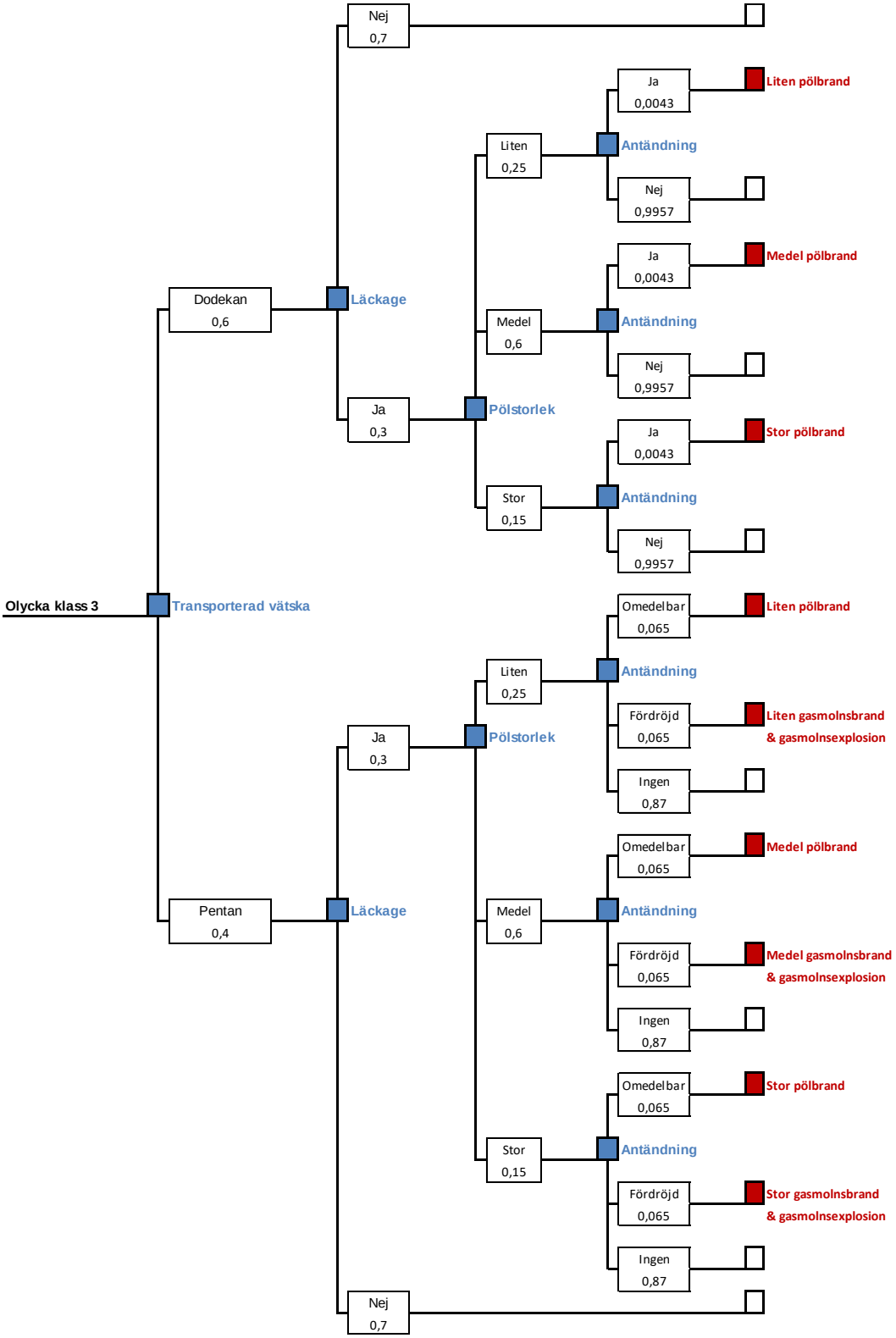
Tabell 4-19. Sannolikhet för antändning av pölbrand [2].

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

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 4-5, som visar händelseträdet för olyckor med brandfarliga vätskor. Händelseträdet, med de värden som presenteras Figur 4-5, tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i Tabell 4-20.

Copyright © AFRY



Figur 4-5. Händelseträd för olycka med brandfarlig vätska.

Copyright © AFRY

Tabell 4-20. Sannolikhet för läckage av brandfarlig vätska för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Vänerbanan	30
E45 – Delsträcka 1 & 3 noll- och utvecklingsalternativ	11
E45 – Delsträcka 2 & 4 nollalternativ	28
E45 – Delsträcka 2 & 4 utvecklingsalternativ	34

4.2.3.7 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 4.1.

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 järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för läckage 30 procent enligt [8]. 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 4-14.

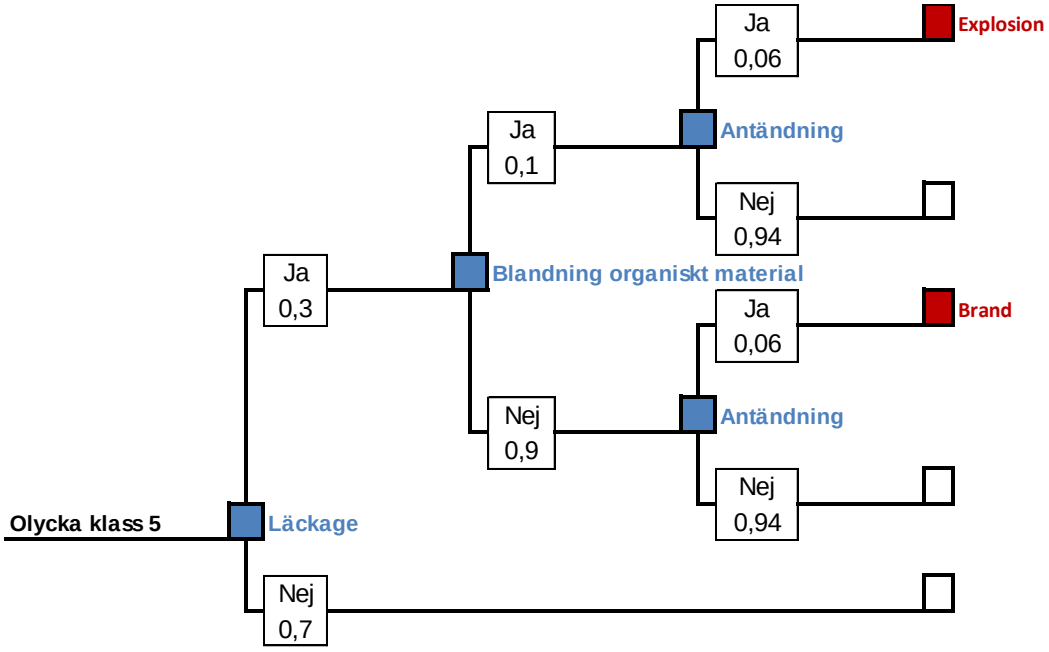
Olycksförloppet vid läckage av oxiderande ämnen beror på om ämnen blandas med organiskt material, exempelvis fordonets bränsle. Om ämnet blandas med organiskt material kan en explosion inträffa. Om ämnet inte blandas med organiskt material förväntas ingen explosion men däremot kan en brand uppstå.

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 4-6 som visar händelseträdet för olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider. Händelseträdet med de värden som presenteras Figur 4-6 tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 4-21.

Copyright © AFRY



Figur 4-6. Händelseträd för olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Tabell 4-21. Sannolikhet för läckage av oxiderande ämnen och organiska peroxider för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Vänerbanan	30
E45 – Delsträcka 1 & 3 noll- och utvecklingsalternativ	11
E45 – Delsträcka 2 & 4 nollalternativ	28
E45 – Delsträcka 2 & 4 utvecklingsalternativ	34

4.2.4 Summering av frekvensberäkningar

Nedan presenteras en summering av de frekvens som används som indata till beräkningar av individ- och samhällsrisken.

4.2.4.1 E45 Säffle – Hammar

Slutfrekvenser för olycka med farligt gods på de olika delsträckorna, och för noll- respektive utvecklingsalternativ, redovisas i Tabell 4-22, Tabell 4-23, Tabell 4-24, Tabell 4-25, Tabell 4-26 och Tabell 4-27.

Tabell 4-22. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på delsträcka (1) Säffle - Korsning med väg 175, noll- och utvecklingsalternativ.

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 1	Liten explosion	4,20E-7
	Stor explosion	3,67E-9
Klass 2.1	BLEVE	1,52E-8
	Jetbrand (litet läckage)	5,05E-7
	Jetbrand (stort läckage)	1,01E-6
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	5,05E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	2,53E-6

Copyright © AFRY

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	5,45E-8
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	5,45E-8
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,36E-8
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,36E-8
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	1,11E-6
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	2,66E-6
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	6,65E-7
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	1,12E-5
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	2,68E-5
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	6,70E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	1,12E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	2,68E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	6,70E-6
Klass 5	Explosion	8,33E-7
	Brand	7,50E-6

Tabell 4-23. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på delsträcka (2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro, nollalternativ.

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 1	Liten explosion	4,17E-7
	Stor explosion	3,64E-9
Klass 2.1	BLEVE	1,51E-8
	Jetbrand (litet läckage)	5,03E-7
	Jetbrand (stort läckage)	1,01E-6
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	5,03E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	2,51E-6
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	5,42E-8
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	5,42E-8
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,36E-8
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,36E-8
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	1,10E-6
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	2,65E-6
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	6,61E-7
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	1,11E-5
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	2,67E-5
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	6,66E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	1,11E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	2,67E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	6,66E-6
Klass 5	Explosion	8,29E-7
	Brand	7,46E-6

Copyright © AFRY

Tabell 4-24. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på delsträcka (2) Korsning med väg 175 - Värmlandsbro, utvecklingsalternativ.

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 1	Liten explosion	3,43E-7
	Stor explosion	2,99E-9
Klass 2.1	BLEVE	1,24E-8
	Jetbrand (litet läckage)	4,14E-7
	Jetbrand (stort läckage)	8,27E-7
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	4,14E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	2,07E-6
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	4,46E-8
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	4,46E-8
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,12E-8
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,12E-8
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	9,07E-7
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	2,18E-6
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	5,44E-7
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	9,14E-6
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	2,19E-5
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	5,48E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	9,14E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	2,19E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	5,48E-6
Klass 5	Explosion	6,82E-7
	Brand	6,14E-6

Tabell 4-25. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på delsträcka (3) Värmlandsbro, noll- och utvecklingsalternativ.

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 1	Liten explosion	3,72E-7
	Stor explosion	3,25E-9
Klass 2.1	BLEVE	1,34E-8
	Jetbrand (litet läckage)	4,48E-7
	Jetbrand (stort läckage)	8,97E-7
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	4,48E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	2,24E-6
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	4,84E-8
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	4,84E-8
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,21E-8
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,21E-8

Copyright © AFRY

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	9,83E-7
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	2,36E-6
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	5,90E-7
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	9,90E-6
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	2,38E-5
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	5,94E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	9,90E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	2,38E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	5,94E-6
Klass 5	Explosion	7,39E-7
	Brand	6,65E-6

Tabell 4-26. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på delsträcka (4) Värmlandsbro - Hammar, nollalternativ.

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 1	Liten explosion	4,17E-7
	Stor explosion	3,64E-9
Klass 2.1	BLEVE	1,51E-8
	Jetbrand (litet läckage)	5,03E-7
	Jetbrand (stort läckage)	1,01E-6
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	5,03E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	2,51E-6
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	5,42E-8
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	5,42E-8
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,36E-8
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,36E-8
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	1,10E-6
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	2,64E-6
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	6,61E-7
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	1,11E-5
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	2,66E-5
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	6,66E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	1,11E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	2,66E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	6,66E-6
Klass 5	Explosion	8,29E-7
	Brand	7,46E-6

Copyright © AFRY

Tabell 4-27. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på delsträcka (4) Värmlandsbro - Hammar, utvecklingsalternativ.

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 1	Liten explosion	3,43E-7
	Stor explosion	2,99E-9
Klass 2.1	BLEVE	1,24E-8
	Jetbrand (litet läckage)	4,13E-7
	Jetbrand (stort läckage)	8,27E-7
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	4,13E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	2,07E-6
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	4,46E-8
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	4,46E-8
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,11E-8
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,11E-8
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	9,06E-7
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	2,18E-6
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	5,44E-7
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	9,13E-6
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	2,19E-5
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	5,48E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	9,13E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	2,19E-5
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	5,48E-6
Klass 5	Explosion	6,82E-7
	Brand	6,14E-6

4.2.4.2 Järnväg

Slutfrekvenser för olycka med farligt gods på järnväg redovisas i Tabell 4-28.

Tabell 4-28. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på järnväg.

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 1	Liten explosion	3,25E-11
	Stor explosion	2,83E-13
Klass 2.1	BLEVE	6,39E-9
	Jetbrand (litet läckage)	2,13E-7
	Jetbrand (stort läckage)	4,26E-7
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	2,13E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	1,06E-6
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	5,70E-7
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	5,70E-7
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,42E-7
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,42E-7

Copyright © AFRY

Klass	Händelse	Frekvens (per år och kilometer)
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	3,88E-8
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	9,32E-8
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	2,33E-8
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	3,91E-7
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	9,39E-7
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	2,35E-7
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	3,91E-7
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	9,39E-7
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	2,35E-7
Klass 5	Explosion	6,56E-7
	Brand	5,90E-6

4.3 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 [15]. Beräkningarna baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves, dvs. *Purple Book* [2], *Yellow Book* [16] och *Green book* [17]. Konsekvensberäkningarna är oberoende av om en olycka inträffar på väg eller järnväg.

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.

4.3.1 Generella omgivningsparametrar

Generella omgivningsparmetrar som används i beräkningarna och påverkar konsekvensavstånden presenteras i Tabell 4-29. För omgivningsparameterar som berör vindförhållanden hänvisas till avsnitt 3.

Tabell 4-29. 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.

Copyright © AFRY

Parameter	Värde	Kommentar
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.

4.3.2 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

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

4.3.2.1 Såbarhetsparametrar

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 4-30 anges de sårbarhetsparametrar avseende explosionsövertryck som används i beräkningarna.

Tabell 4-30. Sårbarhetsparametrar 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.

4.3.2.2 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 4.2.3.2, vilket motsvarar en liten respektive stor explosion.

4.3.2.3 Konsekvensavstånd

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med explosiva ämnen och föremål presenteras i Tabell 4-31. Konsekvensavstånden skiljer sig inte åt mellan olika väderförhållanden.

Copyright © AFRY

Tabell 4-31. Konsekvensavstånd för explosion.

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

4.3.3 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för brandfarliga gaser.

4.3.3.1 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 4-32 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/m^2 under en viss tid omkommer.

Tabell 4-32. 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	$-36{,}38+2{,}56\cdot\ln(q^{4/3}\cdot t)$ [17]	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.

Copyright © AFRY

4.3.3.2 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 [15] för att simulera konsekvensområden för jetbrand, antänt gasmoln och BLEVE är:

- volym på tank: 40 m^3
    - För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande. För transporter på järnväg bedöms det vara ett rimligt antagande.
- tankfyllnadsgrad: 80 %
- lagringstemperatur: 9 °C
- lagringstryck: 6,2 bar (absolut tryck motsvarande ångtrycket)
- utströmningskoefficient (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 [18]. 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 [18, 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

Copyright © AFRY

explosionsfenomenet [16]. I beräkningarna antas det att 8 procent av gasmolnet bidrar till explosionsfenomenet, vilket föreslås i *Purple book* [2]. 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].

4.3.3.3 Konsekvensavstånd

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med brandfarlig gas presenteras i Tabell 4-33, Tabell 4-34 och Figur 4-7. Tabell 4-33 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 4-34 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 4-7 visas hur dödligheten vid jetbrand varierar med avståndet från utsläppspunkten enligt probitberäkningar. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för värmestrålning, dvs. 20 sekunder.

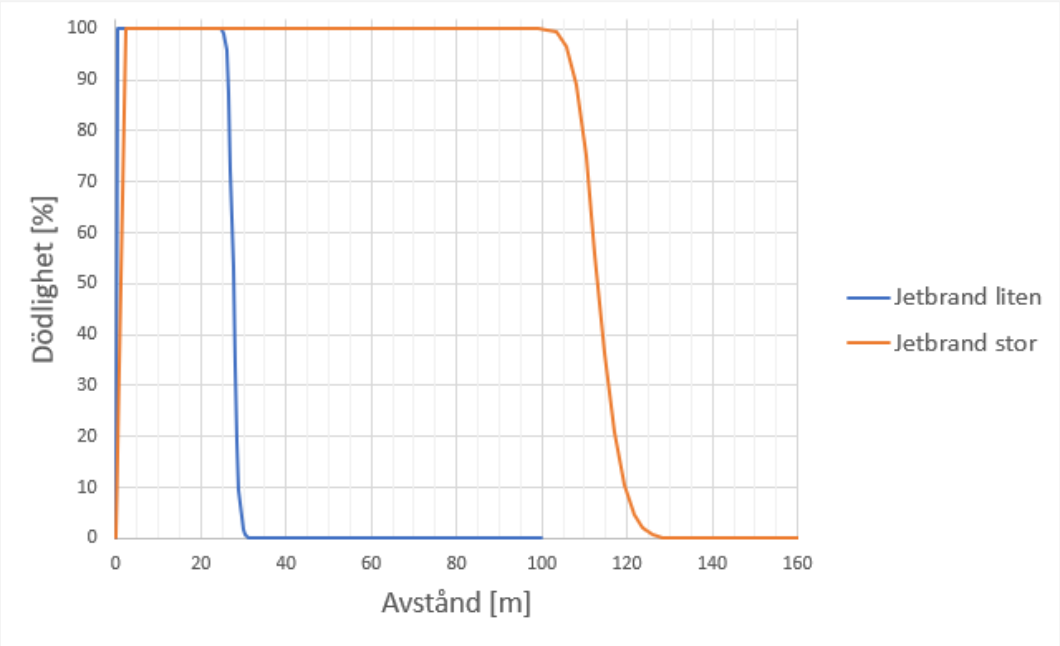
Tabell 4-33. Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet och stort läckage av brandfarlig gas.

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

Copyright © AFRY

Tabell 4-34. Konsekvensavstånd för olycksscenariot BLEVE.

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



Figur 4-7. 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.

4.3.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för giftiga gaser.

4.3.4.1 Sårbarhetsparametrar

En olycka med giftig gas kan medföra skador på människor på grund av den toxiska effekten gasen har på kroppen. I Tabell 4-35 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 [2].

Tabell 4-35. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med giftiga gaser som används i beräkningar.

Parameter	Värde	Kommentar
Probitfunktion för toxisk exponering för ammoniak	$7{,}9367+1\cdot\ln(c^{2}\cdot t)$ [17]	c = koncentration t = exponeringstid
Probitfunktion för toxisk exponering för klor	$10{,}599+0{,}5\cdot\ln(c^{2{,}75}\cdot t)$ [17]	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

Copyright © AFRY

Parameter	Värde	Kommentar
Korrektionsfaktor för inomhusvistelses skydd mot toxisk exponering	0,1 [2]	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

4.3.4.2 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 4.2.3.5 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.

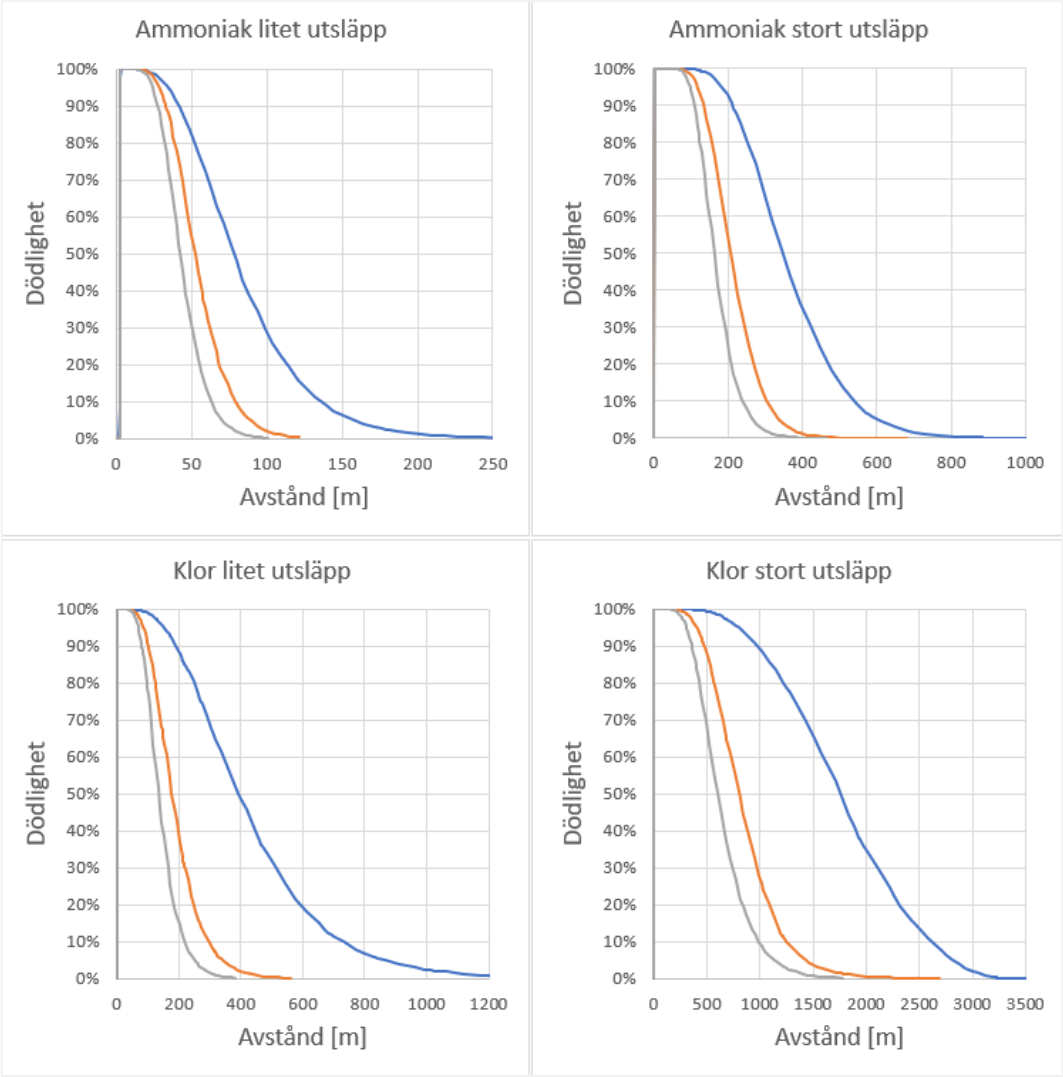
De indata som används i beräkningsprogrammet [15] för att simulera konsekvensområden för läckage av giftig gas är:

- tankvolym: 40 m^3
    - För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande. För transporter på järnväg bedöms det vara ett rimligt antagande.
- tankfyllnadsgrad: 80 %
- lagringstemperatur: 9 °C
- lagringstryck klor: 10 bar (absolut tryck)
- lagringstryck ammoniak: 10 bar (absolut tryck)
- utströmningskoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- tanklängd (horisontell cylinder): 7 m.

4.3.4.3 Konsekvensavstånd

Avstånd till olika skadeutfall i samband med olyckor med giftig gas presenteras i Figur 4-8. 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.

Copyright © AFRY



Figur 4-8. 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.

4.3.5 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för brandfarliga vätskor.

4.3.5.1 Sårbarhetsparametrar

En olycka med brandfarlig vätska och efterföljande antändning kan medföra skador på människor på grund av den värmestrålning som uppstår. Vid en eventuell gasmolnsexplosion från förångad vätska kan människor dessutom skadas av explosionsövertryck. I Tabell 4-36 anges de sårbarhetsparametrar som används i beräkningarna för brandfarlig vätska. Förutom att värmestrålning som överstiger 35 kW/m^2 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/m^2 under en viss tid omkommer.

Copyright © AFRY

Tabell 4-36. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med brandfarlig vätska som används i beräkningar.

Värmeexponering		
Värmestrålning (dödlighet)	35 kW/m^2	Värmestrålningsnivå med 100 % dödlighet
Probitfunktion för värmestrålning	$-36{,}38+2{,}56\cdot\ln(q^{4/3}\cdot t)$ [17]	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.

4.3.5.2 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].

4.3.5.3 Konsekvensavstånd

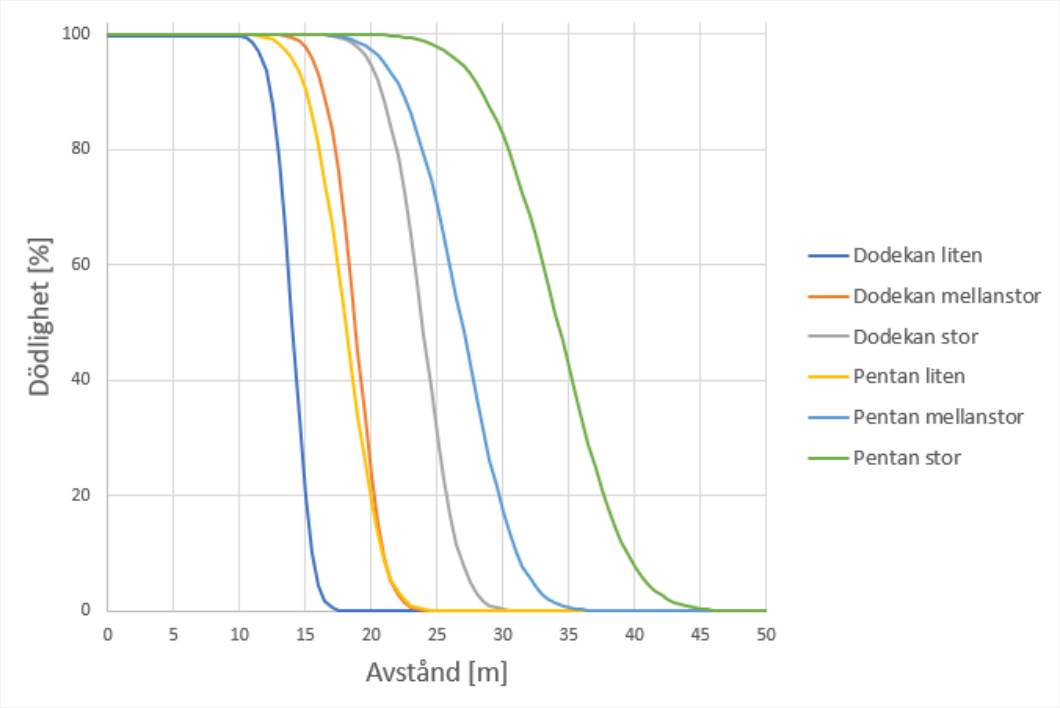
I Tabell 4-37 redovisas avstånd till värmestrålningsnivå, som medför 100 procent dödlighet, för väderförhållande D5 för de studerade olycksscenarierna. Variationerna mellan olika väderscenarier är inte betydande och därför presenteras enbart avstånd för väderförhållande D5. I Figur 4-9 visas hur dödligheten vid pölbrand varierar med avståndet från utsläppspunkten enligt probitberäkningar. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för värmestrålning, dvs. 20 sekunder.

Tabell 4-38 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.

Copyright © AFRY

Tabell 4-37. Avstånd till värmestrålningsnivåer för väderförhållande D5.

Konsekvens	Olycksscenario		Avstånd (vid väderförhållande D5) [m]
35 kW/m² värmestrålning	Pentan	Litet läckage	15
		Medelstort läckage	20
		Stort läckage	25
	Dodekan	Litet läckage	11
		Medelstort läckage	15
		Stort läckage	19



Figur 4-9. Dödlighet på olika avstånd från utsläppspunkten vid pölbrand (vindförhållande D5).

Tabell 4-38. 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

4.3.6 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I avsnitt 4.2.3.7 beskrivs att oxiderande ämnen (klass 5.1) antas utgöra samtliga transporter av ämnen i klass 5. I samma avsnitt beskrivs att explosionsscenarier eller brandscenarier kan uppstå i samband med en olycka med oxiderande ämnen.

Copyright © AFRY

Explosionsscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten explosion av explosiva ämnen och föremål. Konsekvenserna för explosionsscenarierna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten explosion. Se avsnitt 4.3.1 för mer information om konsekvensberäkningar för små explosioner.

Brandscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten pölbrand av brandfarliga vätskor. Konsekvenserna för brandscenarierna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten pölbrand. Brandscenarierna fördelas lika mellan små pölbränder av dodekan och pentan. Se avsnitt 4.3.5 för mer information om konsekvensberäkningar för små pölbränder.

Copyright © AFRY

5 Referenser

[1] SMHI, ”Ladda ner meteorologiska observationer,” [Online]. Available: https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/.

[2] 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/.

[3] FOI, ”Osäkerheter i observationer och beräkningar,” Totalförsvarets forskningsinstitut., FOI-R--3764--SE, 2013.

[4] Trafikanalys, ”Lastbilstrafik 2014-2023,” 2015-2024.

[5] Räddningsverket, ”Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006,” 2006.

[6] Trafikanalys, ”Bantrafik 2023 (Statistik 2024:21),” 2024.

[7] Räddningsverket, ”Farligt gods - Riskbedömning vid transport,” 1996.

[8] S. Fredén, ”Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen,” Banverket, Borlänge, 2001.

[9] Trafikverket, ”NJDB på webb,” [Online]. Available: https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket.

[10] SJ, ”SJ Godsvagnar,” 1991.

[11] VTI, ”Riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg - Projektsammanfattning, VTI-rapport 387:1,” Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.

[12] HMSO, ”Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances,” Advisory Commitee on Dangerous Substances Health & Safety, London, 1991.

[13] G. Purdy, ”Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail,” Elseiver Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.

[14] Drivkraft Sverige, ”Volymer,” 20 06 2024. [Online]. Available: https://drivkraftsverige.se/statistik/volymer/.

[15] TNO Riskcurves, RISKCURVES 12.4.

[16] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.

[17] TNO Green Book, ”Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book",” 1992.

[18] FOA, ”Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker,” 1998.

Copyright © AFRY

Copyright © AFRY