



Riskutredning avseende skyddsavstånd till transportled för farligt gods



Utredning i samband med detaljplanearbetet för Hässelorp 2.1
i Skogstorp, Eskilstuna kommun

2023-07-07



Projektinformation

<i>Projektnamn:</i>	Riskutredning farligt gods
<i>Ärende:</i>	Underlag till detaljplan
<i>Fastighet:</i>	Hässeltorp 2.1
<i>Aktuell transportled:</i>	Sala-Oxelösund
<i>Område:</i>	Skogstorp
<i>Kommun:</i>	Eskilstuna kommun
<i>Uppdragsgivare:</i>	LINKAB Bygg AB
<i>Kontaktperson:</i>	Chia Kakai info@linkabbygg.se 0704-54 02 70
<i>Uppdragsansvarig:</i>	David Winberg david.winberg@briab.se 0731-44 21 06
<i>Handläggare:</i>	Håkan Niva hakan.niva@briab.se 0704-31 11 01
<i>Kvalitetskontrollant:</i>	Fredrik Nystedt fredrik.nystedt@briab.se 0709-14 01 03

Datum	Typ av handling	Upprättad av	Kontrollerad av
2023-07-07	Version 1.2	Håkan Niva	Håkan Niva
2021-10-26	Version 1.1	Håkan Niva	Håkan Niva
2021-09-28	Version 1	Håkan Niva	Fredrik Nystedt



Innehållsförteckning

1 Inledning	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Syfte och mål	3
1.3 Omfattning	3
1.4 Metod	3
1.5 Avgränsningar	4
1.6 Underlag	4
1.7 Kvalitetssystem	4
1.8 Revideringar	4
2 Riskhänsyn vid fysisk planering	5
2.1 Fysisk planering	5
2.2 Risk	5
2.3 Regelverk och styrande dokument	5
2.4 Metodik, principer och kriterier för riskvärdering	6
3 Planområdets förutsättningar	11
3.1 Planområdet och planförslaget	11
3.2 Järnvägstrafik förbi planområdet	12
3.3 Befolkning	13
4 Övergripande riskanalys	15
4.1 Riskkällor	15
4.2 Olyckor i samband med transport av farligt gods	15
4.3 Mekanisk skada vid urspårning	18
5 Riskbedömning	20
5.1 Risknivåer till följd av transport av farligt gods	20
5.2 Konsekvensbeskrivning	22
5.3 Riskvärdering	24
6 Slutsats och rekommendationer	27
6.1 Allmänt	27
6.2 Riskvärdering	27
6.3 Rekommendationer	27
7 Referenser	28
Bilageförteckning	30



1 Inledning

1.1 Bakgrund

Briab har på uppdrag av LINKAB Bygg AB att utreda den riskbild som är förknippad med exploatering av Hässelorp 2:1 i Skogstorp, Eskilstuna. Utredningen görs utifrån plan- och bygglagens (2010:900) krav på att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, och risken för olyckor.

Syftet med detaljplanen är att pröva lämpligheten för bostäder och eventuellt verksamheter och lokaler. Bostäderna utgörs av friliggande småhus, radhus och parhus.

Planområdet angränsar till en del av järnvägsstråket Sala-Oxelösund mellan Eskilstuna-Flens Ö, där transporter av farligt gods förekommer. Vidare kan mindre mängder farligt gods förekomma på Rosenforsvägen norr om planområdet, detta beskrivs mer i avsnitt 4.2.3.

1.2 Syfte och mål

Syftet med riskutredningen är att bedöma riskbilden som är förknippad med planerad markanvändning inom planområdet. Målet med utredningen är att ta fram ett underlag för aktuell detaljplaneprocess. Riskutredningen ska utreda möjligheten att etablera ny bebyggelse 50 meter från järnvägen, och om detta medför begränsningar i markanvändningen eller ett behov av andra säkerhetshöjande åtgärder.

1.3 Omfattning

Denna riskutredning omfattar följande riskkällor:

- ♦ Transport av farligt gods
- ♦ Mekanisk påverkan vid urspårning

Riskanalysen besvarar följande centrala frågeställningar.

- ♦ Hur kan riskhänsyn visas och finns det ett behov av åtgärder eller begränsningar för att möjliggöra föreslagen utveckling av planområdet?

1.4 Metod

Följande metodik används i denna riskutredning:

1. Riskidentifiering. Utredningen avgränsas till risker som härstammar från olyckor vid järnvägstrafik och transport av farligt gods utmed Hässelorp 2:1. Trafikmängder, transportmängder samt potentiella konsekvenser kartläggs och utgör grund för den fördjupade riskanalysen.

2. Fördjupad analys. Olyckshändelser som väntas ge upphov till förändrad risknivå för området analyseras ingående genom att frekvenser och konsekvenser studeras via logiska argument och via kvantitativa, probabilistiska metoder för att uppskatta risknivån.

Analysen arbetar efter följande frågeschema:

- ♦ Vad kan hända?
- ♦ Hur ofta kan det hända?
- ♦ Vilka blir konsekvenserna?



- ♦ Hur stor är risken?

3. Riskvärdering. Uppskattade risknivåer ställs samman och en riskvärdering genomförs. Eventuella säkerhetshöjande åtgärder med koppling till markanvändning och funktion identifieras och därefter verifieras att de ger avsedd effekt på risknivån, det vill säga att den sjunker till en acceptabel nivå. Säkerhetshöjande åtgärder kan exempelvis vara att rekommendera mindre känslig verksamhet, verksamhet där människor inte uppehåller sig längre stunder, skyddsavstånd eller tekniska lösningar och funktionskrav.

1.5 Avgränsningar

Med risk avses i dessa sammanhang en sammanvägning av frekvensen för en olycka och dess konsekvens. Rapporten behandlar akuta risker för människors liv, så kallade olycksrisker vilka är relaterade till transport av farligt gods och omkringliggande farliga verksamheter. Följande risker behandlas ej:

- ♦ Risker för egendom, arbetsmiljö och påverkan på miljön.
- ♦ Risker förknippade med långsamma och negativa hälsoeffekter, så som buller, vibrationer, radioaktiv strålning, elektromagnetiska fält och luftföroreningar.
- ♦ Risker relaterade till trafiksäkerhet som påkörning av personer och elsäkerhet vid järnvägen.

Tidshorisont för utredningen är vald till 2040 med tanke på trafiktal. För persontäthet har det skett viss extrapolering från historiska data i kombination med information från Eskilstunas översiktsplan 2030.

1.6 Underlag

Underlag till riskutredningen utgörs av:

- ♦ Kravspecifikation från Eskilstuna kommun (via Karolina Ehrén Norconsult, plankonsult åt Eskilstuna kommun, 2021-04-27) och räddningstjänsten Eskilstuna.
- ♦ E-post från Chia Kakai, LINKAB Bygg AB.
- ♦ Situationsplan från Svea Ingenjörbyrå (2023-03-13).

1.7 Kvalitetssystem

Handlingen omfattas av kontroll enligt anvisningarna i Briabs ledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001. Handläggaren, uppdragsansvarig samt en särskild utsedd kontrollant inom Briab kontrollerar att relevanta krav och råd tillgodoses. Kvalitetskontrollant (version 1) har varit Fredrik Nystedt, brandingenjör och tekn. lic.

1.8 Revideringar

Från föregående version (version 1.1) har avsnitt 3.1 kompletterats med en situationsplan, därmed har tidigare stycken i avsnitt 1.6 och 6.1 som redogjorde för att handlingen framtagits utan sådant underlag tagits bort. Vidare beskrivs ett annat pågående planarbete i områdets närhet i avsnitt 3.1. Till följd av enklare revideringar har handlingen endast genomgått kontroll av handläggare.

Stycken som reviderats i betydande omfattning markeras med kantlinje i marginalen.



2 Riskhänsyn vid fysisk planering

2.1 Fysisk planering

Fysisk planering regleras av plan- och bygglagen och miljöbalken och är en delprocess i samhällsplaneringen. Den fysiska planeringen reglerar användningen av mark- och vattenområden i tid och rum. Den fysiska planeringen tar oftast sin form i översiktsplaner och detaljplaner, som båda tas fram av kommunen som är självbestämmande i dessa frågor. Länsstyrelsen har i processen en rådgivande och granskande roll. Länsstyrelsens uppgift är att företräda och samordna statens intressen samt bevaka särskilda frågor kopplat till bland annat riksintressen och frågor som rör hälsa och säkerhet.

2.2 Risk

Begreppet *risk* kan tolkas på olika sätt. I denna utredning tolkas risk som en oönskad händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. I utredningen kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med *individrisk*, eller platsspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individrisken är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer [1].

Samhällsrisk, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [1].

2.2.1 Riskhänsyn

Kommunernas planer prövas alltid av länsstyrelsen med avseende på miljö, hälsa och risken för olyckor. Riskhänsyn i fysisk planering är därför högst relevant, och viktigt att ta med i planeringsprocessens tidiga skeden för att minska sårbarhet och öka planområdets robusthet [2].

Alla verksamheter är förknippade med risker som människor till viss grad accepterar, och nytta i en aspekt balanseras med en riskkostnad i densamma. I planprocessen innebär en alltför strikt riskhänsyn mycket stora skyddsavstånd från transportleder och verksamheter, vilket i sin tur kan innebära dålig stadsuppbyggnad och ineffektiv markanvändning. En riskanalys i en planprocess syftar därför till att optimera markanvändningsnytta till en låg riskkostnad.

2.3 Regelverk och styrande dokument

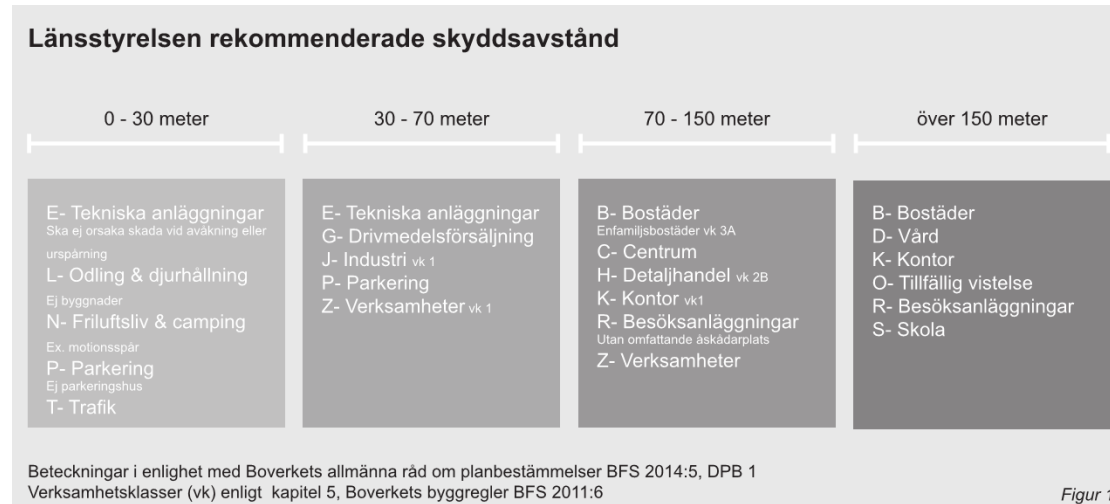
2.3.1 Plan- och bygglagen (2010:900)

Plan- och bygglagen (2010:900) anger att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bland annat människors hälsa och säkerhet. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som ger lämpligt skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.



2.3.2 Vägledning från Länsstyrelsen i Södermanlands län

Länsstyrelsen i Södermanlands län upprättade 2015 en vägledning med rekommendationer för hur hänsyn bör tas till transport av farligt gods i den fysiska planeringen [3]. I vägledningen redovisas bland annat en uppdelning av bebyggelse baserat på rekommenderade skyddsavstånd, se Figur 1. Skyddsavstånden utgår från att det inte finns lokala förutsättningar som påverkar riskbilden. För den planerade bostadsbebyggelsen (B) skulle ett skyddsavstånd på 70 meter vara aktuellt. Beroende på vilka typer av verksamheter (Z) och lokaler som planeras kan de rekommenderade skyddsavstånden variera.



Figur 1. Länsstyrelsen i Södermanlands läns rekommenderade skyddsavstånd för bebyggelse med avseende på transport av farligt gods [3].

Det framkommer inte vilka kriterier för värdering av risk som rekommenderas vid avsteg från de rekommenderade skyddsavstånden. I stället hänvisas det till fyra principer för riskvärdering, se avsnitt 2.4.3. Valda kriterier för denna utredning redovisas i avsnitt 2.4.5.

2.4 Metodik, principer och kriterier för riskvärdering

I detta avsnitt redovisas principer och kriterier för riskvärdering.

2.4.1 Metodik för riskhantering

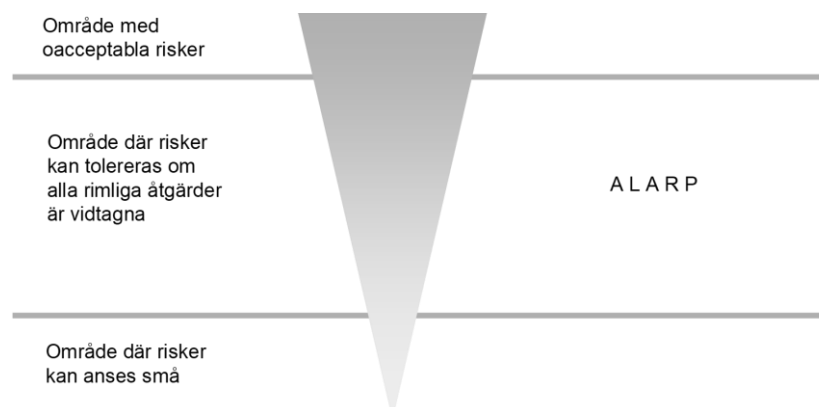
Riskhanteringsprocessen utgör ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att kontrollera eller minska olycksrisker. Hanteringen kan delas in i tre delar: riskanalys, riskvärdering och riskreduktion. Dessa behandlar allt från identifiering av riskkällor och potentiella olyckshändelser till beslut om och genomförande av säkerhetshöjande åtgärder samt uppföljning av att besluten ger avsedd påverkan på riskbilden. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 2.



Figur 2. Metodik för riskhantering [4].

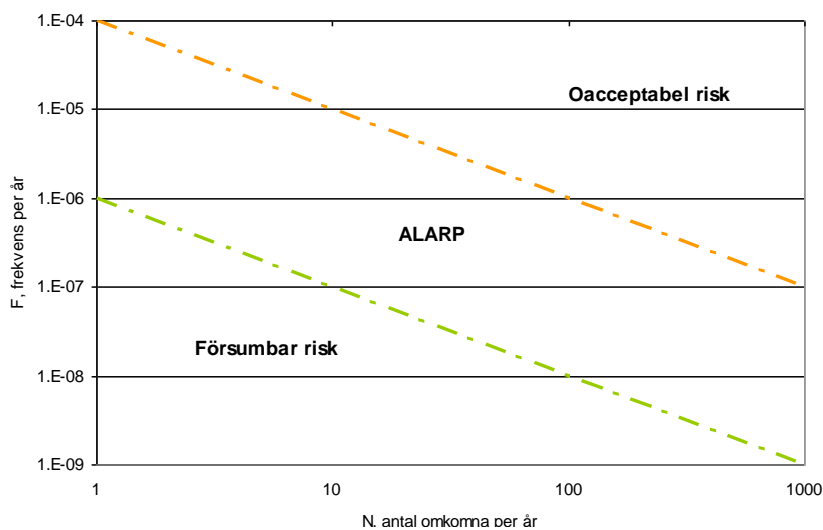
2.4.2 Allmänt om kriterier för riskvärdering

Kriterier för riskvärdering kommer att användas för att avgöra om risknivån är acceptabel eller inte. Acceptanskriterierna uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med en given konsekvens skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 3 beskriver principen för riskvärdering [1].



Figur 3. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier [1].

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att risknivån är i ett område som vanligtvis benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonably Practicable". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som möjligt utifrån ett samhällsekonomiskt och praktiskt perspektiv. Konkret kan det efter en avvägning avseende kostnad och riskreduktion innebära en kombination av olika säkerhetshöjande åtgärder som till exempel separering (avstånd till transportleden), differentierad bebyggelse, hastighetsbegränsning och utformning av området närmast transportleden. I Figur 4 visas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått.



Figur 4. Illustration av ALARP-zonen för riskmättet samhällsrisk med exempel på riskvärderingskriterier [1].

2.4.3 Räddningsverkets (MBS:s) fyra principer för riskvärdering

För risker förknippade med människors hälsa och säkerhet bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB [1]:

- ♦ **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- ♦ **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- ♦ **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- ♦ **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserats bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Proportionalitets- och fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls vid värdering med de kvantitativa värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk. Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [1].

2.4.4 Risker för tredje man

När riskvärdering och kriterier för risktolerans diskuteras ska graden av frivillighet att utsätta sig för den aktuella risken tas med, och därför skiljs det på personer som har anknytning till den aktuella riskkällan, och personer ur allmänheten, så kallat "tredje man". Denna uppdelning grundar sig i fördelningsprincipen som menar att enskilda grupper inte ska utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till den nytta som den riskfyllda verksamheten genererar för dem, se avsnitt 2.4.3. Tredje man är alltså för verksamheten utomstående individer som inte är direkt inblandade i verksamhetens riskbild men som ändå kan löpa skada vid en olycka.

När det gäller transport av farligt gods eller andra risker i den fysiska planeringen räknas exempelvis boende, personer som befinner sig på offentliga platser eller i affärer som tredje man. Risknivåtoleransen för tredje man bör vara mycket låg, eftersom dessa personer endast har liten eller ingen nytta av att verksamheten bedrivs. För att risknivån ska anses tolerabel



för tredje man kan säkerhetshöjande åtgärder bli nödvändiga, och markanvändning kan behöva regleras genom att planera för exploatering avsedd för låg persontäthet.

2.4.5 DNV:s föreslagna kriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk [1]. Dessa kommer nyttjas i denna riskutredning.

För *individrisk* föreslog DNV följande kriterier:

- ♦ Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år.
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år.

För *samhällsrisk* föreslog DNV följande kriterier:

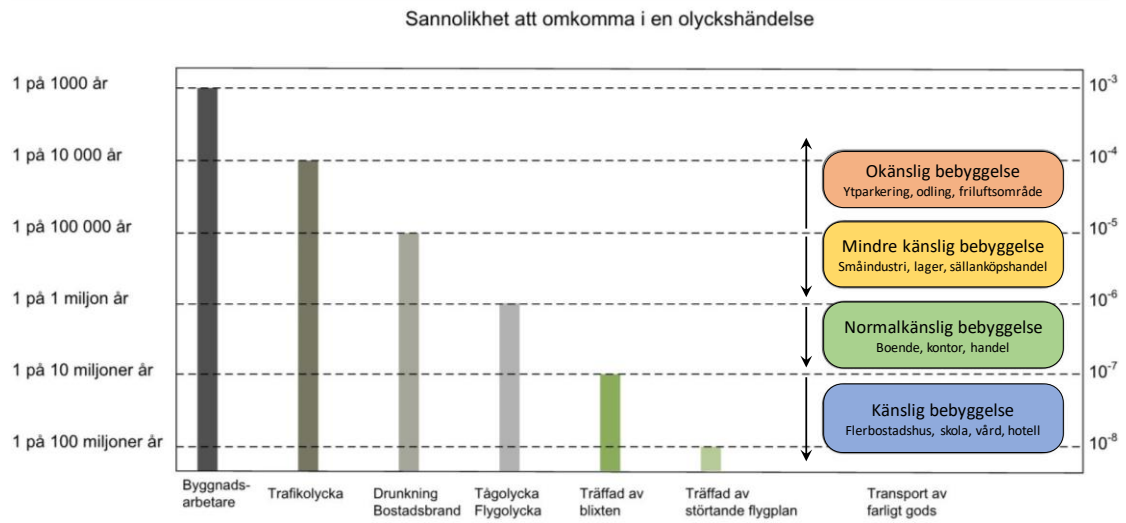
- ♦ Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1.
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1.

Samhällsrisk avser 1 km^2 med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled.

2.4.6 Jämförelser med andra olycksrisker i samhället

Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS) har i sin publikation *Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter* sammanställt sannolikheten att omkomma av olika olycksrisker. Risken att omkomma under en livstid är 100 %, vilket kan uttryckas som att sannolikheten att dö är 1 för varje människa. Om risken att omkomma skulle fördelas jämnt över en livstid (100 år) blir den genomsnittliga sannolikheten att omkomma $1/100$ per år, det vill säga 1 %. Men, sannolikheten att omkomma är inte jämnt fördelad. Under en livstid är sannolikheten lägst vid 7 års ålder och uppgår till cirka 0,0001 per år, vilket kan skrivas som 10^{-4} per år.

Vidare visar statistiken att risken att omkomma genom olyckshändelse i Sverige är $4 \cdot 10^{-4}$ per år för män och $3 \cdot 10^{-4}$ per år för kvinnor. Risken att omkomma i arbetsolycka i Sverige är $2 \cdot 10^{-5}$ per år för män och $2 \cdot 10^{-6}$ per år för kvinnor. Risken att omkomma i byggnadsbränder är också i storleksordningen $2 \cdot 10^{-5}$ per år och sannolikheten att omkomma på grund av blixtnedslag är cirka $4 \cdot 10^{-7}$ per år [5]. I Figur 5 görs en jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods efter bebyggelseindelning och föreslagna kriterier enligt tidigare avsnitt.



Figur 5. Jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods.



3 Planområdets förutsättningar

3.1 Planområdet och planförslaget

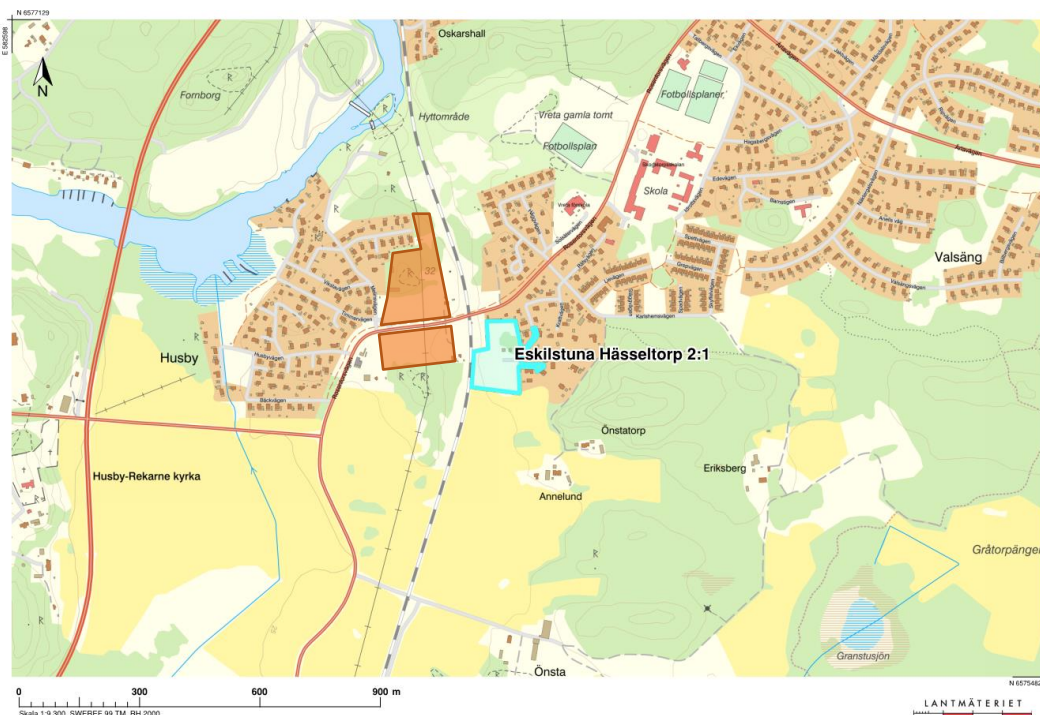
Planområdet under utredning är beläget i Skogstorp cirka 5 km söder om Eskilstuna, utmed järnvägsstråket Sala-Oxelösund, se Figur 6. Järnvägen är utpekad som riksintresse för kommunikation. För en anläggning eller ett område som klassats som riksintresse får funktionens värde eller betydelse inte påtagligt skadas av annan tillståndspliktig verksamhet. Vid konflikt mellan olika intressen väger alltid riksintresset tyngre än ett eventuellt motstridigt lokalt allmänintresse och riksintressen skall alltid prioriteras i den fysiska planeringen [6].

Området är ej detaljplanlagt och är i dagsläget i stor del obebyggt. Planområdets gräns är som minst cirka 4 meter från spårmit. Planområdet är relativt flackt utan betydande höjder.

Syftet med detaljplanen är att pröva lämpligheten för bostäder och eventuellt verksamheter och lokaler. Bostäderna utgörs av friliggande småhus, radhus och parhus.

Planområdet tillhör stadsbygden enligt Eskilstunas *Översiktsplan 2030*, som var ute på granskning under 2020. I översiktsplanen är delar av fastigheten Hässelorp 2:1 markerade som "Befintlig bostadsbebyggelse" [7]. Åt norr/nordost finns en nyligen antagen detaljplan (laga kraft 2021-03-13) för Husby Vreta 1:75 som innefattar skola, bostäder och äldreboende [8]. I övrigt har inga övriga pågående detaljplanarbeten identifierats i närheten [9].

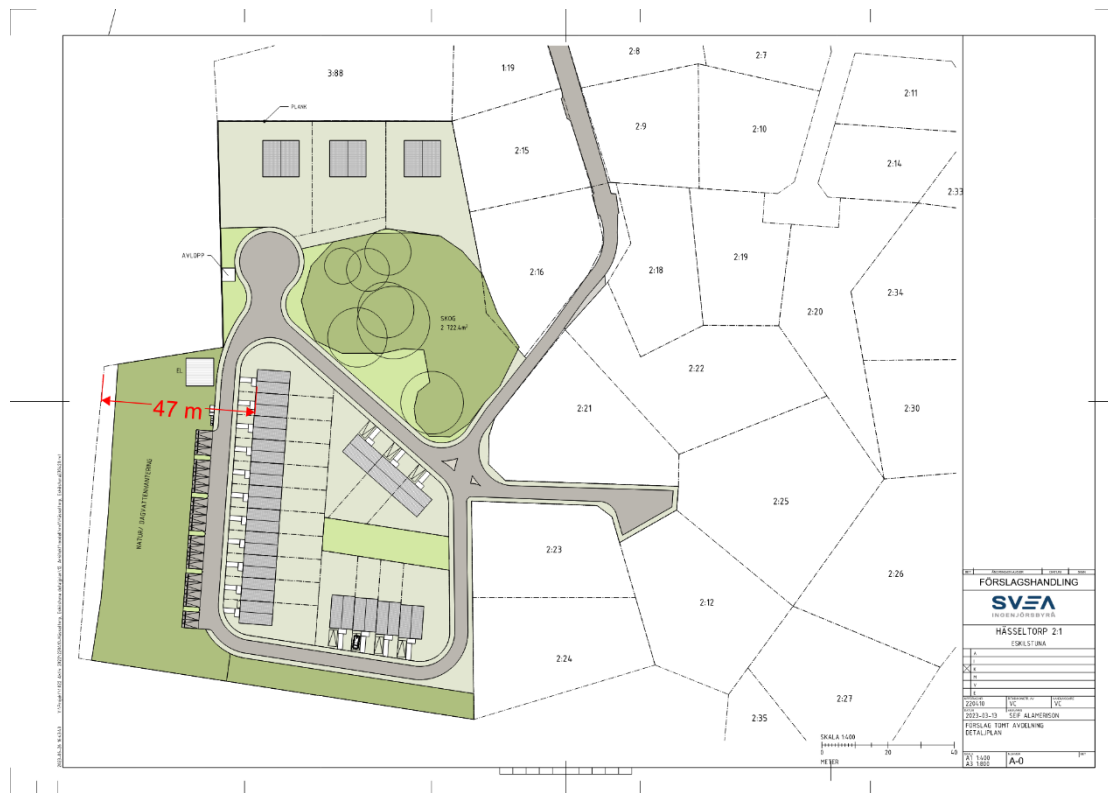
I öster och nordost angränsar planområdet till befintlig småhusbebyggelse. I norr passerar Rosenforsvägen, och norr om vägen finns mindre mängd småhusbebyggelse. Mellan nordväst och sydväst finns närmast planområdet öppna fält, mindre skog och ett fåtal småhus. Söderut (och längre åt sydväst) finns jordbruksmark. I väst och nordväst pågår även planarbete för del av Husby Rekarne 3:441 (SBN/2022:584), där avsikten är att pröva möjligheten för ny bostadsbebyggelse (cirka 50 bostäder). Detta område visas med orange markering i figuren.



Figur 6. Lokalisering av planområdet markerat i ljusblått. Pågående planarbete för del av Husby Rekarne 3:441 (SBN/2022:584) markerat i orange. © Lantmäteriet, redigerad av Briab.



I Figur 7 visas en situationsplan över planområdet. Det planeras för cirka 50 meters avstånd mellan fastighetsgränsen i väster och närmaste bostad. Mellan fastighetsgränsen och spårmitt är avståndet cirka 5 meter.



Figur 7. Situationsplan för Hässeltorp 2:1. Upprättad av SVEA Ingenjörbyrå, Daterad 2023-03-13. Redigerad av Briab (mått mellan fastighetsgräns och bostad).

3.2 Järnvägstrafik förbi planområdet

Järnvägsstråket Sala-Oxelösund passerar utmed planområdet. Aktuell linjedel är Eskilstuna-Flens Ö. Järnvägen ansluter till Västra Stambanan i Flen och Svealandsbanan i Eskilstuna. Aktuell sträcka är enkelspårig och trafikeras av resande- och godståg. Vid planområdets nordvästra del finns en plankorsning mellan järnvägen och Rosenforsvägen. I plankorsningen finns bommar.

Järnvägen går i stort på samma höjd som planområdet, och det finns inte förutsättningar på plats som kan betraktas medföra skydd mot urspårning. Antal resande- och godståg som används vid beräkning av risknivåer baseras på Trafikverkets basprognos för 2040, se Tabell 1 [10].



Tabell 1. Nyttjade trafiksiffror vid beräkning av risknivåer, hämtade från Trafikverkets Basprognos T21 för 2040 [10].

Tågtyp	Antal per dygn (ÅDT)
Resandetåg	46
Godståg	9

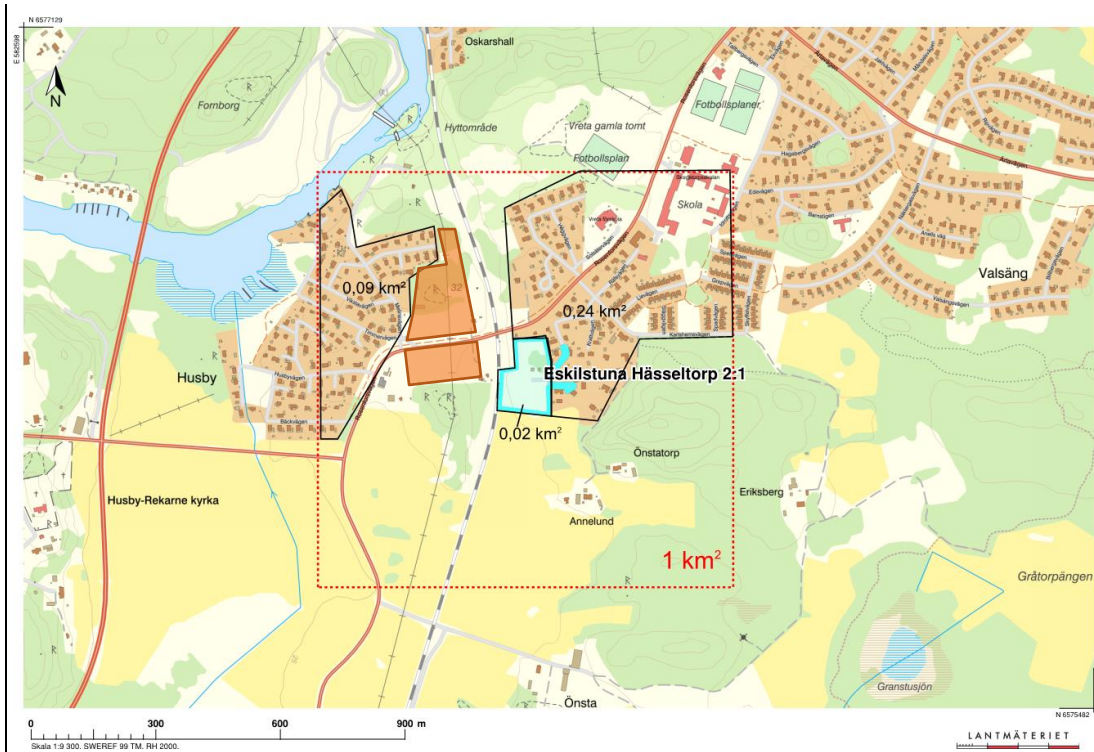
3.3 Befolkning

Persontäthet är avgörande för samhällsrisksberäkningar. Det bodde enligt SCB cirka 2 900 personer i Skogstorp år 2010 [11]. Skogstorp ingår sedan 2015 i tätorten Eskilstuna varpå detaljerad statistik efter denna tidsperiod inte hittats. Med en area på drygt 265 hektar medför 2010 års befolkning en persontäthet på cirka 1 100 personer/km². I Eskilstunas befolkningsprognos ses en ökning från cirka 107 000 personer år 2019 till drygt 121 000 år 2040 [12]. Detta motsvarar en genomsnittlig årlig tillväxt med ungefär 0,6 %. Motsvarande värde för Skogstorp har inte tagits fram. En konservativ ökning på 1 % per år, för att inkludera förtätningar, till år 2040 medför cirka 3 900 personer, motsvarande 1 500 personer/km². Etableringen av drygt 20 bostäder inom planområdet förväntas ha en liten inverkan på persontätheten.

Vid beräkning av samhällsrisik används 1 500 personer/km² enligt ovan, vilket är en något högre persontäthet än vad som kan tänkas gälla, även om hänsyn tas till en befolkningstillväxt sedan 2010. Det bedöms dock motiverat då Skogstorp delvis ingår i utbyggnadsområden enligt översiktsplanen. I det aktuella området på 1 km² utgörs cirka en tredjedel av bebyggelse, vilket gör att antagandet ovan är konservativt.

Det finns ett relativt stort bebyggelsefritt avstånd utmed järnvägen i det studerade området. Enstaka byggnader finns mellan 20-30 meter från spårmit, men en uteslutande majoritet av bebyggelsen är belägen bortom 50 meter. I Figur 8 redovisas planområdet och området på 1 km² som beaktats.

Det pågående planarbetet för del av Husby Rekarne 3:441 upptar cirka 5 ha (0,05 km²) och visas med orange markering i figuren. Tillkommande bebyggelse bedöms ingå i den antagna förtätningen.



Figur 8. Område på 1 km² omkring planområdet utmed 1 km av järnvägen som beaktas vid beräkning av samhällsrisk. © Lantmäteriet, redigerad av Briab.



4 Övergripande riskanalys

4.1 Riskkällor

Följande riskkällor har identifierats för planområdet:

- ♦ Olyckor på järnväg i samband med transport av farligt gods.
- ♦ Mekanisk skada vid påkörning.

Riskkällorna och dess respektive olycksscenarior beskrivs närmare i avsnitten nedan.

4.2 Olyckor i samband med transport av farligt gods

Med farligt gods avses varor eller ämnen som har sådana egenskaper att de kan vara skadliga för människor, miljö och egendom om de inte hanteras rätt under transport [13]. Med transportleder för farligt gods avses sådana leder som är utpekade där det sannolikt kan gå farligt gods-transporter. Transporter med farligt gods delas in i nio olika klasser för ämnen med liknande risker vid transport. Klassificeringen benämns ofta RID¹-klasser efter ett europeiskt regelverk för transport av farligt gods.

Huvuddelen av olyckorna med farligt gods inblandat är i grunden trafikolyckor och åtgärder för att förbättra trafiksäkerheten medverkar därför också till att minska risken för en olycka med farligt gods. Det finns andra händelser än trafikolyckor som kan ge ett utsläpp av farligt gods, till exempel fordonsbränder och handhavandefel vid lastning. En brittisk studie visar att andelen sådana händelser är i storleksordningen 5 % och det antas därmed att dessa händelser inryms i de konservativa skattningar av olycksfrekvenserna som rapporten bygger på [14].

4.2.1 Transportklasser (RID) och representativa scenarier

Transport av farligt gods på järnväg regleras i RID. Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar, och i RID delas farligt gods in i klasser beroende på vilka farliga egenskaper som ämnet har. I Tabell 2 beskrivs klasserna och karakteristiska konsekvenser för respektive klass.

Tabell 2. Kortfattad beskrivning av respektive RID-klass.

Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplösiva ämnen ger skadeområde med 100 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplösiva ämnen ger enbart lokala konsekvenser.
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över hundratals meter. Omkomna både inomhus och utomhus.

¹ RID är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på järnväg. I Sverige används den nationella anpassningen RID-S (MSBFS 2022:4).



Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 20 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på områdets utformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen. Organiska peroxider	Natriumklorat, väte-peroxider, kaliumklorat, ammoniumnitrat, etc.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp vid kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 100 m.
6	Giftiga ämnen. Smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut).	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

I tabellen ovan kan fyra olika typer av konsekvenser härledas:

- ◆ Brand
- ◆ Explosion
- ◆ Utsläpp av giftiga kemikalier
- ◆ Utsläpp av frätande kemikalier

Dessa konsekvenser kan härledas till olyckor med farligt gods i RID-klass 1, 2, 3, 6 och 8. Brandfarliga fasta ämnen i klass 4, oxiderande ämnen och organiska peroxider i klass 5, radioaktiva ämnen i klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Det finns naturligtvis undantag, till exempel kan oxiderande organiska peroxider (klass 5) som blandas med brandfarliga vätskor (klass 3) orsaka explosioner. Föroreningar i en tank med väteperoxid (klass 5) kan orsaka ett skenande sönderfall med en tanksprängning som följd.

4.2.2 Val av olycksscenarioer

Nedanstående olycksförlopp utgör de dimensionerande olycksscenarioerna som utgör underlag till beräkning av individ- och samhällsriskenivåer (se även Tabell 3):

- ◆ Detonation av massexplosiva ämnen som orsakar tryckskador och brännskador.
- ◆ Detonation till följd av blandning av oxiderande ämne med brandfarlig vätska.



- ◆ Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas som kan ge upphov till BLEVE, gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall även tryckskador.
- ◆ Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor vilka orsakar pölbrand med efterföljande brännskador.
- ◆ Utsläpp av kondenserad giftig gas som orsakar förgiftning vid inandning.
- ◆ Utsläpp av giftiga brandfarliga vätskor vilka orsakar förgiftning vid inandning när de driver i väg som gasmoln.
- ◆ Utsläpp av giftiga vätskor som orsakar förgiftning vid inandning när de driver i väg som gasmoln.
- ◆ Utsläpp av frätande vätskor vilka orsakar frätskador vid hudkontakt.

Tabell 3. Sammanfattning av dimensionerande olycksscenarioer vid transport av farligt gods.

Ämne	Primär händelse	Sekundär händelse	Skadeverkan
Massexplosiva ämnen	Detonation vid olycka och/eller transport.	Brand	Brännskador Tryckskador
Tryckkondenserade gaser	Förångas vid utsläpp och övergår i gasform som driver i väg med vinden.	Brand och explosion vid antändning av gasmoln på längre avstånd från utsläppskällan (UVCE ²). Jetflamma vid antändning av utströmmande gas. Explosion vid kraftig upphettning av tryckkondenserad gas som kokar och släpps ut momentant från en bristande tank (BLEVE ³).	Brännskador Tryckskador Förgiftningsskador vid inandning
Brandfarliga, giftiga och frätande vätskor	Breder ut sig på marken och bildar pölar som avdunstar. Giftiga ångor driver i väg med vinden.	Pölbrand vid antändning av vätskepöl. Explosion vid antändning av avdunstade ångor, eller vid blandning med oxiderande organiska peroxider.	Brännskador Tryckskador Förgiftningsskador vid inandning Frätskador vid hudkontakt

4.2.3 Farligt gods

Transporterna av farligt gods delas in i respektive RID-klass i Tabell 4. Indelningen baseras på nationell statistik från förvaltningsmyndigheten Trafikanalys och avser transporterade godsmängder för perioden 2018-2019. På grund av förändrade insamlings- och bearbetningsmetoder är statistik från och med 2018 inte jämförbar med tidigare år, och skattas till högre nivåer än tidigare [15]. På totalnivå finns det enligt Trafikanalys indikationer på en faktisk ökning av transportarbetet mellan 2017 och 2018 [15].

Trafikanalys har i sitt PM 2021:4 *Transporter och resande i en postpandemisk värld – trender och mottrender* fört diskussioner om effekter på bland annat tågtrafiken till följd av coronapandemin [16]. De kommande 2-5 åren kan komma att se en minskad trafikering för resande (arbets-, tjänste- samt fritidsresor), men en något ökad godstrafik för att sänka kostnader och minska risk för störningar i leveranskedjor [17]. Då denna riskutredning har

² Unconfined Vapour Cloud Explosion.

³ Boiling Liquid Expanding Vapour Cloud Explosion.



prognosår 2040 kommer dock statistik avseende andel farligt gods och uppdelning av farligt gods från innan pandemin nyttjas, det vill säga innan 2020.

Andelen farligt gods av den totala godsmängden på nationell nivå var cirka 5 % mellan 2018-2019 [15]. För beräkning av risknivåer används värdet 5,5 %. Trafikanalys redovisar inga transporter av klass 1 (explosiva ämnen och föremål). För att ta hänsyn till de konsekvenser som kan uppstå vid olyckor med dessa ämnen uppskattas klass 1 utgöra 0,5 % av mängden farligt gods som transporteras. Indelningen i RID-klasser i Tabell 4 redovisas utan och med denna justering. I övrigt utgör klass 2 (gaser) och klass 3 (brandfarliga vätskor) vardera cirka 32 % av de transporterade mängderna, följt av klass 8 (frätande ämnen) och klass 5 (oxiderande ämnen och organiska peroxider) på 18 % respektive 14 %.

Tabell 4. Indelning av transporterat farligt gods i respektive RID-klass.

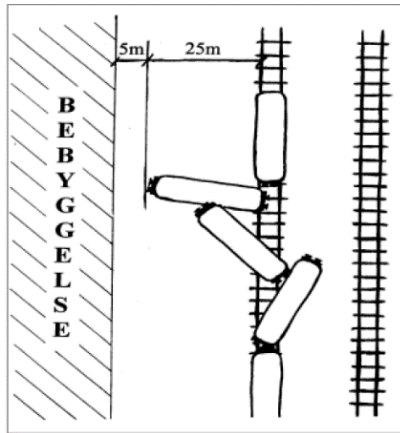
RID-klass	Trafikanalys	Trafikanalys
	Järnväg 2018-2019 utan RID-klass 1	Järnväg 2018-2019 med 0,5 % RID-klass 1
Klass 1	0,0 %	0,5 %
Klass 2	32,1 %	31,9 %
Klass 3	31,8 %	31,7 %
Klass 4	2,2 %	2,2 %
Klass 5	14,1 %	14,1 %
Klass 6	1,4 %	1,4 %
Klass 7	0,0 %	0,0 %
Klass 8	18,1 %	18,0 %
Klass 9	0,1 %	0,1 %
Summa	100 %	100 %

Den nationella statistiken från Trafikanalys är i jämförelse med Räddningsverkets kartläggning från 2006 att betrakta som konservativ. I Räddningsverkets kartläggning förekom endast klass 2.2 (icke brandfarliga och icke giftiga gaser) och klass 9 (övriga farliga ämnen och föremål) på järnvägssträckan utmed planområdet [18]. Ämnen i dessa klasser har begränsad påverkan på omgivningen vid en olycka.

Rosenforsvägen är inte klassificerad som en transportled för farligt gods, och det förväntas endast förekomma enstaka transporter av vätgas, gasol och acetylen till Skogstorpsskolan [19]. Med anledning av de små kvantiteter det förväntas röra sig om bedöms bidraget till planområdets risknivå vara försumbart.

4.3 Mekanisk skada vid urspårning

I samband med en urspårning finns en risk att urspårade vagnar orsakar mekanisk skada på intilliggande byggnader. Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. Vanligen hamnar urspårade vagnar i omedelbar anslutning till spåret, men det är också möjligt att de når avstånd upp till 25-30 meter från spåret, se Figur 9. Bebyggelse planeras på minst 50 meters avstånd varvid påverkan vid urspårning är försumbar.



Figur 9. Urspårningsolycka på järnväg [20].



5 Riskbedömning

5.1 Risknivåer till följd av transport av farligt gods

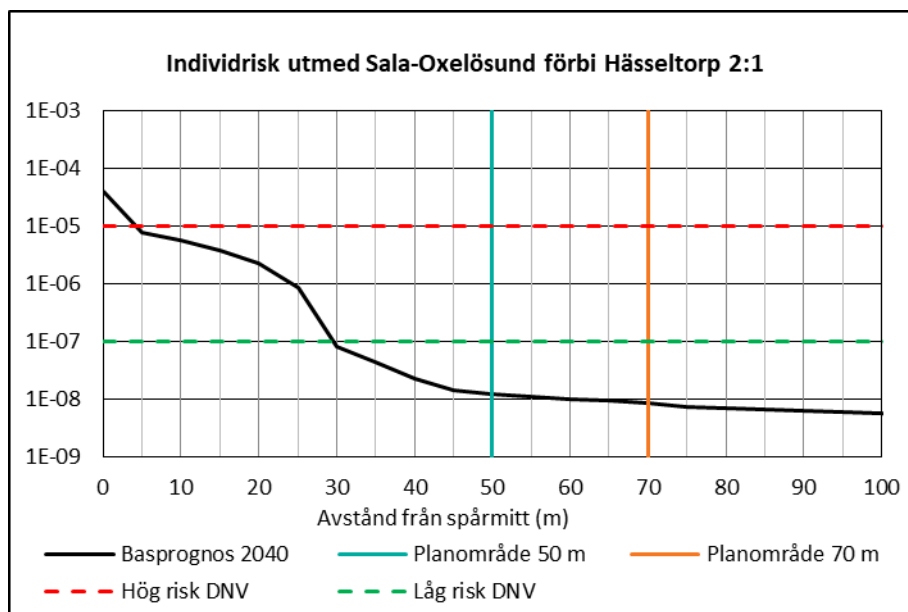
I följande avsnitt redovisas individ- och samhällsrisk för järnvägsbanan Sala-Oxelösund där den passerar förbi planområdet. Risknivåerna är beräknade med utgångspunkt i dimensionerande järnvägstrafik för år 2040. Se bilagorna för beskrivning av beräkningarna och metodik.

5.1.1 Individrisk

I Figur 10 redovisas individrisken längs med Sala-Oxelösund förbi planområdet. Beräkningarnas precision medför att rekommenderade avstånd anges i intervall om 5 meter, där avrundning sker till närmaste övre avstånd om individrisken inte understigit relevant värde på det studerade avståndet. De vertikala linjerna redovisar placering av bebyggelse på 50 och 70 meters avstånd från spårmittpunkt.

Individrisken understiger 10^{-7} per år 30 meter från järnvägen och är därefter enligt DNV:s kriterier låg. Inom 30 meter är den inom ALARP-området fram till enstaka meter från järnvägen.

Både med skyddsavstånd på 50 respektive 70 meter är individrisken låg, och cirka tio gånger lägre än kriteriet för detta. Effekten från 20 meter utökat skyddsavstånd utläses vara mycket liten.

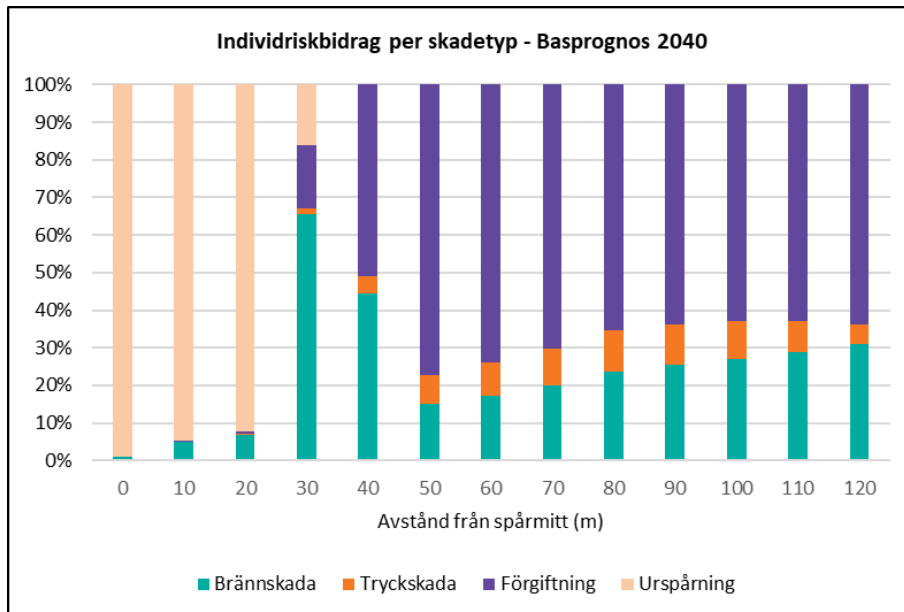


Figur 10. Individrisk längs med Sala-Oxelösund förbi Hässelstorp 2:1. De vertikala linjerna visar kortaste avstånd till planerad bebyggelse som utreds.

Förutom individrisknivån redogörs fördelningen över skadetyper som bidrar till individrisken på olika avstånd från järnvägen, se Figur 11. Närmast järnvägen utgör urspårningsrisken det största bidraget till individrisken. Vid 30 meter är bidraget från brännskador störst. Efter 30 meter avtar bidraget från brännskador, men det är lika stort som bidraget från förgiftningsskador vid 40 meter. Bortom 40 meter är förgiftningsskador det största bidraget till individrisken.



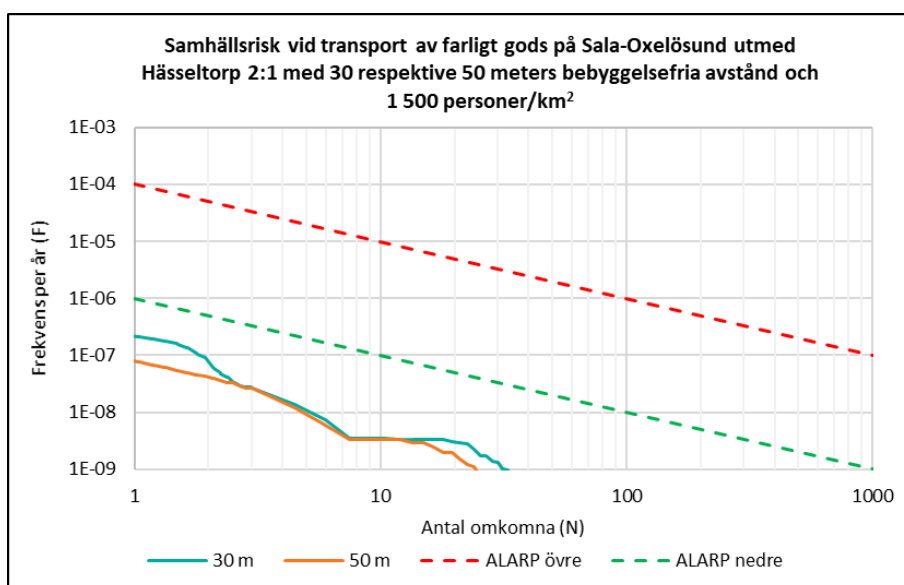
På större avstånd (50 meter och längre) kan det ses att bidraget från tryckskador och brännskador ökar något. Anledningen till detta är att scenarier med större konsekvensavstånd men mycket låga frekvenser utgör relativt större andelar av riskbidraget. Exempel på dessa scenarier är jetflammor, gas- och massexplosioner samt BLEVE.



Figur 11. Individeriskbidrag från olika skadetyper utmed järnvägsbanan Sala-Oxelösund utmed Hässeltorp 2:1. Urspårning dominerar fram till 30 meter, varefter brännskador och förgiftningsskador utgör majoriteten av individrisken. Tryckskador står för någon procent av skadorna.

5.1.2 Samhällsrisk

I Figur 12 redovisas samhällsriskens längs med järnvägen för det 1 km² stora området som studerats omkring planområdet. Beräkningarna utgår från en persontäthet på 1 500 personer/km². Resultat visas för bebyggelsefria avstånd på 30 och 50 meter. Enligt DNV:s förslag på riskvärderingskriterier är samhällsriskens under den nedre gränsen för ALARP och kan därmed ses som låg.



Figur 12. Samhällsrisk längs med järnvägsbanan Sala-Oxelösund.



5.2 Konsekvensbeskrivning

Som en del i riskanalysarbetet för Hässeltorp 2:1 ska dels scenariot motsvarande "worst case" (värsta scenariot) beskrivas, dels det mest troliga scenariot. I stället för det värsta scenariot och det mest troliga har dock två "värsta troliga" och tre troliga scenarier valts ut. För att bestämma ett värsta scenario finns svårigheter med att dra en tydlig gräns, då det alltid kan tillkomma faktorer som gör scenariot "värre". Scenarierna som valts ut som "troliga" kan kategoriseras inom två grupper som vardera har jämförbara frekvenser, vilket motiverat att de tagits med. I Tabell 5 redovisas beräknade frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods förbi planområdet. De tre mest förekommande har markerats, som tillsammans utgör nästan 99 % av olyckorna.

Tabell 5. Frekvenser för olyckor med farligt gods per år, uppdelat på olika scenarier. De tre scenarierna med högst frekvenser har markerats.

Scenario	Basprognos 2040	Basprognos 2040 (andel)
Klass 1 detonation	6,0E-09	< 0,1 %
Klass 2 BLEVE	1,1E-09	< 0,1 %
Klass 2 jetflamma	1,4E-08	< 0,1 %
Klass 2 UVCE	1,4E-08	< 0,1 %
Klass 2 giftmoln	4,1E-08	0,23 %
Klass 3 pölbrand (direkt)	5,5E-06	30,6 %
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	2,8E-06	15,3 %
Klass 3 giftmoln	1,1E-07	0,63 %
Klass 5 detonation	3,7E-09	< 0,1 %
Klass 6 giftmoln	6,6E-08	0,4 %
Klass 8 frätskada	9,5E-06	52,6 %
Summa:	1,8E-05	100 %

Scenarier som leder till frätskador vid utsläpp av ämnen i klass 8 begränsas enligt Tabell 6 till vagnens närområde, och förväntas därmed inte påverka personer eller bebyggelse inom planområdet. Pölbränder uppstår antingen genom direkt antändning av ett utsläpp, eller vid en fördröjd antändning. Riskområdet för dessa scenarier är i 95 % av fallen mindre än 30 meter (direkt antändning) respektive 40 meter (fördröjd antändning). Pölbränder ger upphov till värmestrålning som kan leda till brandspridning och brännskador. Spridning av brandrök har inte inkluderats i konsekvensanalysen. Risk för brandspridning från en pölbrand till fasad kan enligt bilaga H förekomma inom 15 meter från kanten till en dimensionerande pölbrand med bensin på 200 m².

Tabell 6. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.

Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	40	80
Klass 2 BLEVE → brännskada	300	330
Klass 2 jetflamma → brännskada	5	60

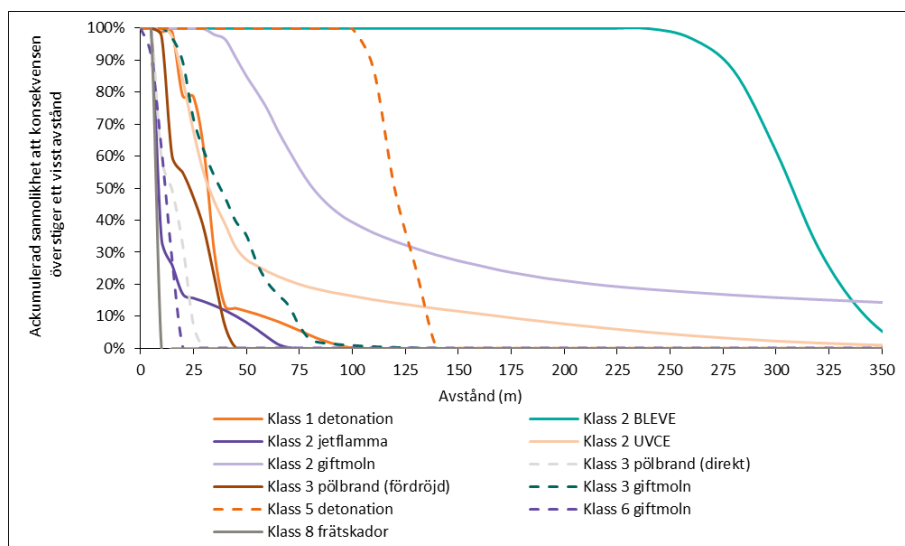


Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 2 UVCE → brännskada	30	240
Klass 2 giftmoln → förgiftning	90	1 000
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	10	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	20	40
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	90
Klass 5 detonation → tryck	30	50
Klass 6 giftmoln → förgiftning	5	10
Klass 8 → frätskada	5	10

Ett värsta troliga scenario utgörs av en BLEVE intill planområdet. Riskområdet är för sådana händelser över 240 meter, och omkring 300 meter för 50 % av scenarierna, se Figur 13 och Tabell 6. Inom detta område kan dödsfall till följd av brännskador uppkomma. Frekvensen för BLEVE är på en sådan låg nivå att dess bidrag till risknivåerna är försumbart.

Ett annat värsta troliga scenario utgörs av ett större utsläpp av giftig gas, då riskområdet vid ett sådant scenario kan bli mycket stort. Påverkan inom riskområdet beror bland annat på vilket ämne som släpps ut, hur det släpps ut och i vilka mängder, de lokala meteorologiska förhållandena och om personer befinner sig inom riskområdet.

I Figur 13 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd. Informationen i Figur 13 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar, vilka är värdena som redovisas i Tabell 6. Bakgrund och metodik för beräkning av frekvenserna redovisas i bilagorna.



Figur 13. Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar en fördelning av konsekvensområdet vid olyckor av en viss typ. Exempelvis ger en BLEVE alltid ett skadefall som överstiger 240 meter och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE när 340 meter eller längre.



5.3 Riskvärdering

Individ- och samhällsrisknivåerna som beräknats utmed järnvägen har visats understiga DNV:s föreslagna kriterier för när risknivåer kan anses vara acceptabelt låga. De acceptabelt låga risknivåerna ställer därmed inte krav på ytterligare åtgärder för att möjliggöra planerad markanvändning.

Det rekommenderade skyddsavståndet på 70 meter för bostadsbebyggelsen har i jämförelse med 50 meters skyddsavstånd en mycket liten effekt på risknivån. Skyddsavståndet på 70 meter återges även i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer *RIKTSAM*, och där anges att individrisken för denna typ av bebyggelse bör understiga 10^{-6} per år [21]. De beräknade individrisknivåer är därmed drygt tjugo gånger lägre än denna nivå. Att uppföra bebyggelsen på 50 meter kan baserat på de låga risknivåerna anses vara acceptabelt. Det behöver dock ha i åtanke att olyckor med farligt gods kan få stora konsekvenser om sådana skulle inträffa i närheten, även vid mycket låga risknivåer.

Verksamheter, som enligt Länsstyrelsen i Södermanlands län rekommenderas uppföras med ett skyddsavstånd på 70 meter kan enligt bedömningen ovan också uppföras 50 meter från järnvägen. För övriga verksamheter (exempelvis Vk 1) är det rekommenderade skyddsavståndet på minst 30 meter lämpligt.

För vissa olyckor av särskilt allvarlig karaktär förutsätts att personer i byggnaderna vidtar vissa säkerhetsåtgärder för att kunna kvarstanna inomhus under olycksförloppet. Exempelvis är det betydelsefullt att stänga fönster, dörrar och ventilation i händelse av utsläpp av giftig gas, med vind mot planområdet. Utsläpp av giftig gas har ett stort påverkansområde och behovet av att stanna inomhus med stängda fönster, dörrar och ventilation kan sträcka sig långt bortom planområdet. Ett liknande agerande förväntas i samband med byggnads- eller fordonsbränder i närheten då brandgaser också har ett giftigt innehåll. Vid sådana händelser kan VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) användas för att informera och varna via radio, SMS och TV om att en händelse inträffat som kan påverka liv, hälsa, egendom eller miljö.

Eftersom bebyggelsens placering kan innebära avsteg från Länsstyrelsen i Södermanlands vägledning avseende skyddsavstånd bör rimliga och kostnadseffektiva åtgärder för byggnader och planområdet övervägas om de kan bidra med en säkerhetshöjande effekt. I avsnittet nedan presenteras åtgärder som kan bidra med en säkerhetshöjande effekt. Dessa åtgärder är ej nödvändiga för att möjliggöra bebyggelsen men kan vara kostnadseffektiva, och kan beaktas utifrån kostnad och teknisk möjlighet att implementera vid fortsatt projektering. Åtgärderna kan vid behov regleras med planbestämmelser eller anges som information i planbeskrivningen.

5.3.1 Bedömning av lämpliga säkerhetshöjande åtgärder

Det finns flera exempel på åtgärder som skyddar mot olyckor och ett sätt att kategorisera dem finns i Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [22].

De säkerhetshöjande åtgärder som belyses är ventilationsåtgärder, disponering av byggnader och området samt skydd mot brandspridning. Ventilationsåtgärderna har valts att undersöka då de är lämpliga för att skydda mot förgiftningsskador till följd av utsläpp av giftiga ämnen, som är den skadetyper som står för det största bidraget till individrisken inom planområdet. Disponering av byggnader och området kan minska sannolikheten för att en olycka förvärras till följd av närområdets utformning samt begränsa konsekvenserna inom planområdet. Då det inte är känt hur planområdet planeras utformas bedöms det rimligt att beskriva relevanta åtgärder för att beakta brandspridning om bebyggelse uppförs nära järnvägen.



5.3.1.1 Ventilationsåtgärder för att skydda mot giftiga ämnen

Förgiftningsskador utgör det största bidraget till individrisken för planområdet. Även vid en mycket låg risknivå kan olyckor med farligt gods få stora konsekvenser om sådana skulle träffa i närheten. Konsekvensberäkningarna i bilaga D visar att flertalet olycksscenarier kan påverka byggnader på stora avstånd.

Giftiga gaser är ofta tyngre än omgivande luft, vilket innebär att de rör sig längs med marken. Placeringen av friskluftsintag högt uppe kan minska risken att giftiga gaser kommer in i byggnaderna. Effekten blir större ju närmre utsläppspunkten som byggnaden är placerad och ju högre luftintaget är placerat. Lokala väder- och vindförhållanden har dock fortfarande betydelse för koncentrationen, men åtgärden kan minska koncentrationen med mellan 20 % och över 90 % beroende på höjden och avståndet från utsläppspunkten, se bilaga H för mer information. En placering av friskluftsintag på högre än 8 meter ovan mark minskar påtagligt koncentrationen av giftiga gaser inomhus. Denna åtgärd kan vara tekniskt svår att tillämpa för den planerade bebyggelsen som utgörs av småhus, och är mer lämplig för exempelvis flerbostadshus, centrum och handelsbebyggelse. Den skadebegränsande effekten på risknivån är även lägre för småhus jämfört med de andra typerna, både genom att det är lägre persontäthet och för att friskluftsintag inte kan placeras lika högt och få samma skadebegränsande effekt. Därmed är det inte en rimlig åtgärd att införa som planbestämmelse för småhusbebyggelsen. Om övrig planerad bebyggelse inte uppgår till denna höjd är det inte heller lämpligt att reglera för den bebyggelsen.

Ett alternativ till högt placerade friskluftsintag är att placera dem på byggnaders oexponerade sidor. Detta är något som bland annat förekommer i riktlinjerna från Länsstyrelsen i Stockholm vid bebyggelse i närhet till transportleder för farligt gods [23]. I Boverkets och Räddningsverkets vägledningsrapport redovisas effekten⁴ av att placera friskluftsintag på byggnaders oexponerade sidor [22]:

- + Åtgärden minskar konsekvensen av utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser genom att gasens inträngning i byggnaden minskar.
- + Åtgärden minskar sannolikheten för explosion i en byggnad vid utsläpp av brandfarlig gas utomhus.
- + Underhållsbehovet är lågt och åtgärden förväntas fungera väl över tiden.
- Det kan bildas högre gaskoncentrationer i lä för vinden på den ej exponerade sidan.
- Effekten minskar om det finns öppningar, såsom fönster och dörrar, på den exponerade fasaden.

I vägledningsrapporten anges det även att effekten kan vara tveksam men att det kan vara en lämplig åtgärd när detaljplanen är projektanpassad. För planerad bebyggelse i form av småhus bedöms det inte vara lämpligt att reglera detta med planbestämmelse, till följd av tveksam effekt och genomförbarhet. För övrig bebyggelse är det en lämplig åtgärd att beakta.

5.3.1.2 Disponering av byggnader och område

När en olycka inträffar på järnvägen och räddningstjänsten beslutar om evakuering av intilliggande fastigheter är det viktigt att detta kan ske så säkert som möjligt. För att uppnå tillfredsställande evakuering är det vanligt att byggnader där personer vistas stadigvarande och är lokaliserade nära en transportled för farligt gods ska vara möjliga att evakuera på säkert

⁴ Positiv säkerhetseffekt markeras med "+" och negativ markeras med "-".



sätt, vilket ofta konkretiseras med utrymningsvägar i riktning bort från riskkällan. Denna typ av åtgärd är likt ventilationsåtgärderna mer riktad mot annan typ av bebyggelse än vad som planeras. För småhus behöver det inte nödvändigtvis regleras i planbestämmelser, utan det kan ofta lösas genom utformningen av området och byggnader i projekteringskedan.

Området närmast transportleden, 0-30 meter enligt Länsstyrelsen i Södermanlands vägledning, ska inte uppmuntra till stadigvarande utomhusvistelse eller utformas så det förvärrar ett olycksförlopp [3]. Exempel på lämplig användning av detta område är parkeringar eller motionsspår. Utmed järnvägen erfordras även ett bebyggelsefritt avstånd för att exempelvis möjliggöra för räddningsinsatser samt spårarbeten (underhåll, reparation och liknande) samt för att ta hänsyn till att järnvägen är ett utpekat riksintresse.

Om det avses uppföras byggnader inom detta område bör åtgärder som skyddar mot urspårning utredas.

5.3.1.3 Skydd mot brandspridning

Om det avses göras avsteg från det rekommenderade skyddsavståndet på 30 meter för verksamheter (Z) utmed järnvägen bör risk för brandspridning beaktas för dessa byggnader. Med hänsyn till en ogynnsam utbredning av ett utsläpp med brandfarlig vätska bör byggnader inom 30 meter från transportleden skyddas mot brandspridning, se bilaga H. Skydd mot brandspridning kan erhållas genom exempelvis fasad och yttervägg brandteknisk klass. En brandteknisk klass är dock ingen garanti för att fasaden inte antänds och att brandspridning därmed sker till exempelvis vinden. Av denna orsak kan krav på lägst brandteknisk klass i vissa fall behöva kompletteras med krav på svårantändlighet om andra material i fasadbeklädnader än murverk eller betong godtas. En fasad i obrännbart material, utan ventilationsöppningar, varken i fasad eller i takfot, försedd med fönster i brandteknisk klass, som inte kan öppnas utan särskilda verktyg, uppfyller normalt de krav som behöver ställas vad gäller brandskydd och brandmotstånd hos en fasad.

Brandskyddad fasad är ofta svår att ordna i byggnader där ventilationssystemet utformas med tilluftsöppningar i fasad.



6 Slutsats och rekommendationer

6.1 Allmänt

Riskbedömningen görs med hänsyn till både olyckors frekvenser och skador de kan orsaka. Konkret innebär detta att en bebyggelse kan tillåtas på ett visst avstånd i huvudsak för att frekvensen för en olycka är mycket liten. Vid en olycka i samband med transport av farligt gods kan därmed skador på människor och egendom inträffa även om rekommenderade skyddsavstånd appliceras för området.

6.2 Riskvärdering

Småhusbebyggelse och verksamheter (exklusive Vk 1) kan uppföras med ett skyddsavstånd på 50 meter i stället för 70 meter från järnvägsstråket Sala-Oxelösund utmed planområdet utan att det medför betydande inverkan på risknivån. På 50 meters avstånd visar beräkningarna på mycket låga risknivåer som underskrider DNV:s föreslagna kriterier för acceptabelt låga risker. Detta härstammar från begränsad godstrafik på sträckan tillsammans med skyddsavståndet. Det ska noteras att nationell statistik över farligt gods nyttjats för sträckan, vilket inkluderar flera typer av farligt gods som kan ge upphov till flertalet scenarier med påverkan på omgivningen. Vidare har en hög persontäthet använts för området omkring planområdet jämfört med statistik för Skogstorp.

I aktuell situationsplan blir minsta avståndet mellan spårmittpunkt och bebyggelse i storleksordningen 50 meter, vilket innebär att risknivån föreslås betraktas som acceptabelt låg.

6.3 Rekommendationer

Riskutredningen kan konstatera att följande rekommendationer behöver beaktas vid det fortsatta arbetet:

- ♦ Bostadsbebyggelse och verksamheter (exklusive Vk 1) inom planområdet uppförs med ett minsta skyddsavstånd på 50 meter till järnvägens spårmittpunkt.
- ♦ Verksamheter (Vk 1) inom planområdet uppförs med ett minsta skyddsavstånd på 30 meter till järnvägens spårmittpunkt.
- ♦ Området inom 30 meter från järnvägens spårmittpunkt uppmuntrar ej till stadigvarande utomhusvistelse eller utformas så det förvärrar ett olycksförlopp. Exempel på lämplig markanvändning är parkering, motionsspår och odling. Om bebyggelse ska uppföras inom 30 meter från järnvägens spårmittpunkt ska byggnadernas fasader utföras med skydd mot brandspridning, och lämpliga åtgärder för att skydda mot urspårning behöver utredas.
- ♦ Friskluftsintag till lokaler och verksamheter placeras på fasader som inte vetter mot järnvägen.



7 Referenser

- [1] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [2] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Riskhänsyn i fysisk planering," [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/samhallsplanering/riskhansyn-i-fysisk-planering/>.
- [3] Länsstyrelsen Södermanlands län, "Farligt gods - hur man kan planera med hänsyn till risk för olyckor intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods," Nyköping, 2015.
- [4] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [5] F. Nystedt, "Deaths in Residential Fires - an Analysis of Appropriate Fire Safety Measures," Department of Fire Safety engineering, Lund University, Lund, 2003.
- [6] Trafikverket, "Riksintresse," 23 03 2021. [Online]. Available: <http://www.trafikverket.se/riksintressen/>. [Använd 21 09 2021].
- [7] Eskilstuna kommun, "Översiktsplan 2030 (samrådshandling 2019)," 2019.
- [8] Eskilstuna kommun, "Detaljplan för Husby Vreta 1:75, Eskilstuna kommun (2017:179-1)," Stadsbyggnadsförvaltningen, Planavdelningen, Eskilstuna, 2021-03-13.
- [9] Eskilstuna kommun, "Gällande detaljplaner, planprogram och områdsbestämmelser," 21 06 2021. [Online]. Available: <https://www.eskilstuna.se/bygga-bo-och-miljo/bygga-och-planera/planera/stadsplanering/gallande-detaljplaner>. [Använd 22 09 2021].
- [10] Trafikverket, "Trafikuppgifter järnväg T21 och bullerprognos 2040 (exclfil)," 09 04 2021. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/>. [Använd 10 09 2021].
- [11] Statistiska Centralbyrån (SCB), "Tätorter 2010 (MI 38 SM 1101)," SCB, 2010.
- [12] KPMG, "Finansiell planering - Revisionsrapport, Eskilstuna kommun," KPMG AB, 2020.
- [13] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Transport av farligt gods," 2020. [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/farligt-gods/>.
- [14] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - report and appandice," Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.
- [15] Trafikanalys, SCB, Trafikverket, "Statistik 2020:19 - Bantrafik 2019," 2020.
- [16] Trafikanalys, "Transporter och resande i en postpandemisk värld – trender och mottrender. PM 2021:4," 2021.
- [17] Trafikanalys, "Coronapandemins påverkan på trender i transportsektorn," 02 03 2021. [Online]. Available: <https://www.trafa.se/etiketter/transportovergripande/coronapandemins-paverkan-pa-trender-i-transportsektorn-12080/>. [Använd 21 09 2021].
- [18] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt godstransporter september 2006," 2006.



-
- [19] Briab, "Husby-Vreta 1:75, del av Skogstorp, Eskilstuna - Riskutredning för planområde," 2020.
- [20] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," Räddnings- och säkerhetsavdelningen, Stockholm, 2000.
- [21] Länsstyrelsen i Skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM) - bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Rapport "Skåne i utveckling" 2007:06, 2007.
- [22] Räddningsverket och Boverket, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner," 2006.
- [23] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Fakta 2016:4 Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.



Bilageförteckning

Nedan följer en översikt över innehållet i bilagorna i PDF-paketet.

- A Sannolikhets- och statistikteori
- B Trafikflöden
- C Frekvenser för olycka med farligt gods
- D Konsekvenser av olyckor med farligt gods
- E Frekvenser och konsekvenser för mekanisk skada vid urspårning
- F Risknivåer utmed transportleder för farligt gods
- G Känslighetsanalys
- H Säkerhetshöjande åtgärder



Riskutredning avseende skyddsavstånd till transportled för farligt gods



Utredning i samband med detaljplanearbetet för Hässelorp 2.1
i Skogstorp, Eskilstuna kommun

2023-07-07



Projektinformation

<i>Projektnamn:</i>	Riskutredning farligt gods
<i>Ärende:</i>	Underlag till detaljplan
<i>Fastighet:</i>	Hässeltorp 2.1
<i>Aktuell transportled:</i>	Sala-Oxelösund
<i>Område:</i>	Skogstorp
<i>Kommun:</i>	Eskilstuna kommun
<i>Uppdragsgivare:</i>	LINKAB Bygg AB
<i>Kontaktperson:</i>	Chia Kakai info@linkabbygg.se 0704-54 02 70
<i>Uppdragsansvarig:</i>	David Winberg david.winberg@briab.se 0731-44 21 06
<i>Handläggare:</i>	Håkan Niva hakan.niva@briab.se 0704-31 11 01
<i>Kvalitetskontrollant:</i>	Fredrik Nystedt fredrik.nystedt@briab.se 0709-14 01 03

Datum	Typ av handling	Upprättad av	Kontrollerad av
2023-07-07	Version 1.2	Håkan Niva	Håkan Niva
2021-10-26	Version 1.1	Håkan Niva	Håkan Niva
2021-09-28	Version 1	Håkan Niva	Fredrik Nystedt



Innehållsförteckning

1 Inledning	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Syfte och mål	3
1.3 Omfattning	3
1.4 Metod	3
1.5 Avgränsningar	4
1.6 Underlag	4
1.7 Kvalitetssystem	4
1.8 Revideringar	4
2 Riskhänsyn vid fysisk planering	5
2.1 Fysisk planering	5
2.2 Risk	5
2.3 Regelverk och styrande dokument	5
2.4 Metodik, principer och kriterier för riskvärdering	6
3 Planområdets förutsättningar	11
3.1 Planområdet och planförslaget	11
3.2 Järnvägstrafik förbi planområdet	12
3.3 Befolkning	13
4 Övergripande riskanalys	15
4.1 Riskkällor	15
4.2 Olyckor i samband med transport av farligt gods	15
4.3 Mekanisk skada vid urspårning	18
5 Riskbedömning	20
5.1 Risknivåer till följd av transport av farligt gods	20
5.2 Konsekvensbeskrivning	22
5.3 Riskvärdering	24
6 Slutsats och rekommendationer	27
6.1 Allmänt	27
6.2 Riskvärdering	27
6.3 Rekommendationer	27
7 Referenser	28
Bilageförteckning	30



1 Inledning

1.1 Bakgrund

Briab har på uppdrag av LINKAB Bygg AB att utreda den riskbild som är förknippad med exploatering av Hässelorp 2:1 i Skogstorp, Eskilstuna. Utredningen görs utifrån plan- och bygglagens (2010:900) krav på att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, och risken för olyckor.

Syftet med detaljplanen är att pröva lämpligheten för bostäder och eventuellt verksamheter och lokaler. Bostäderna utgörs av friliggande småhus, radhus och parhus.

Planområdet angränsar till en del av järnvägsstråket Sala-Oxelösund mellan Eskilstuna-Flens Ö, där transporter av farligt gods förekommer. Vidare kan mindre mängder farligt gods förekomma på Rosenforsvägen norr om planområdet, detta beskrivs mer i avsnitt 4.2.3.

1.2 Syfte och mål

Syftet med riskutredningen är att bedöma riskbilden som är förknippad med planerad markanvändning inom planområdet. Målet med utredningen är att ta fram ett underlag för aktuell detaljplaneprocess. Riskutredningen ska utreda möjligheten att etablera ny bebyggelse 50 meter från järnvägen, och om detta medför begränsningar i markanvändningen eller ett behov av andra säkerhetshöjande åtgärder.

1.3 Omfattning

Denna riskutredning omfattar följande riskkällor:

- ◆ Transport av farligt gods
- ◆ Mekanisk påverkan vid urspårning

Riskanalysen besvarar följande centrala frågeställningar.

- ◆ Hur kan riskhänsyn visas och finns det ett behov av åtgärder eller begränsningar för att möjliggöra föreslagen utveckling av planområdet?

1.4 Metod

Följande metodik används i denna riskutredning:

1. Riskidentifiering. Utredningen avgränsas till risker som härstammar från olyckor vid järnvägstrafik och transport av farligt gods utmed Hässelorp 2:1. Trafikmängder, transportmängder samt potentiella konsekvenser kartläggs och utgör grund för den fördjupade riskanalysen.

2. Fördjupad analys. Olyckshändelser som väntas ge upphov till förändrad risknivå för området analyseras ingående genom att frekvenser och konsekvenser studeras via logiska argument och via kvantitativa, probabilistiska metoder för att uppskatta risknivån.

Analysen arbetar efter följande frågeschema:

- ◆ Vad kan hända?
- ◆ Hur ofta kan det hända?
- ◆ Vilka blir konsekvenserna?



- ♦ Hur stor är risken?

3. Riskvärdering. Uppskattade risknivåer ställs samman och en riskvärdering genomförs. Eventuella säkerhetshöjande åtgärder med koppling till markanvändning och funktion identifieras och därefter verifieras att de ger avsedd effekt på risknivån, det vill säga att den sjunker till en acceptabel nivå. Säkerhetshöjande åtgärder kan exempelvis vara att rekommendera mindre känslig verksamhet, verksamhet där människor inte uppehåller sig längre stunder, skyddsavstånd eller tekniska lösningar och funktionskrav.

1.5 Avgränsningar

Med risk avses i dessa sammanhang en sammanvägning av frekvensen för en olycka och dess konsekvens. Rapporten behandlar akuta risker för människors liv, så kallade olycksrisker vilka är relaterade till transport av farligt gods och omkringliggande farliga verksamheter. Följande risker behandlas ej:

- ♦ Risker för egendom, arbetsmiljö och påverkan på miljön.
- ♦ Risker förknippade med långsamma och negativa hälsoeffekter, så som buller, vibrationer, radioaktiv strålning, elektromagnetiska fält och luftföroreningar.
- ♦ Risker relaterade till trafiksäkerhet som påkörning av personer och elsäkerhet vid järnvägen.

Tidshorisont för utredningen är vald till 2040 med tanke på trafiktal. För persontäthet har det skett viss extrapolering från historiska data i kombination med information från Eskilstunas översiktsplan 2030.

1.6 Underlag

Underlag till riskutredningen utgörs av:

- ♦ Kravspecifikation från Eskilstuna kommun (via Karolina Ehrén Norconsult, plankonsult åt Eskilstuna kommun, 2021-04-27) och räddningstjänsten Eskilstuna.
- ♦ E-post från Chia Kakai, LINKAB Bygg AB.
- ♦ Situationsplan från Svea Ingenjörbyrå (2023-03-13).

1.7 Kvalitetssystem

Handlingen omfattas av kontroll enligt anvisningarna i Briabs ledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001. Handläggaren, uppdragsansvarig samt en särskild utsedd kontrollant inom Briab kontrollerar att relevanta krav och råd tillgodoses. Kvalitetskontrollant (version 1) har varit Fredrik Nystedt, brandingenjör och tekn. lic.

1.8 Revideringar

Från föregående version (version 1.1) har avsnitt 3.1 kompletterats med en situationsplan, därmed har tidigare stycken i avsnitt 1.6 och 6.1 som redogjorde för att handlingen framtagits utan sådant underlag tagits bort. Vidare beskrivs ett annat pågående planarbete i områdets närhet i avsnitt 3.1. Till följd av enklare revideringar har handlingen endast genomgått kontroll av handläggare.

Stycken som reviderats i betydande omfattning markeras med kantlinje i marginalen.



2 Riskhänsyn vid fysisk planering

2.1 Fysisk planering

Fysisk planering regleras av plan- och bygglagen och miljöbalken och är en delprocess i samhällsplaneringen. Den fysiska planeringen reglerar användningen av mark- och vattenområden i tid och rum. Den fysiska planeringen tar oftast sin form i översiktsplaner och detaljplaner, som båda tas fram av kommunen som är självbestämmande i dessa frågor. Länsstyrelsen har i processen en rådgivande och granskande roll. Länsstyrelsens uppgift är att företräda och samordna statens intressen samt bevaka särskilda frågor kopplat till bland annat riksintressen och frågor som rör hälsa och säkerhet.

2.2 Risk

Begreppet *risk* kan tolkas på olika sätt. I denna utredning tolkas risk som en oönskad händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. I utredningen kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med *individrisk*, eller platsspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individrisken är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer [1].

Samhällsrisk, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [1].

2.2.1 Riskhänsyn

Kommunernas planer prövas alltid av länsstyrelsen med avseende på miljö, hälsa och risken för olyckor. Riskhänsyn i fysisk planering är därför högst relevant, och viktigt att ta med i planeringsprocessens tidiga skeden för att minska sårbarhet och öka planområdets robusthet [2].

Alla verksamheter är förknippade med risker som människor till viss grad accepterar, och nytta i en aspekt balanseras med en riskkostnad i densamma. I planprocessen innebär en alltför strikt riskhänsyn mycket stora skyddsavstånd från transportleder och verksamheter, vilket i sin tur kan innebära dålig stadsuppbyggnad och ineffektiv markanvändning. En riskanalys i en planprocess syftar därför till att optimera markanvändningsnytta till en låg riskkostnad.

2.3 Regelverk och styrande dokument

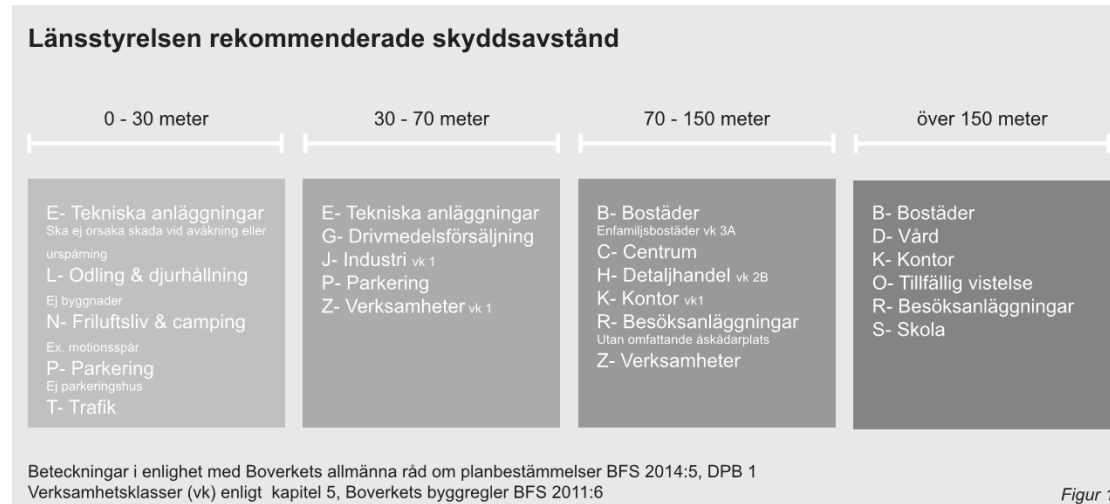
2.3.1 Plan- och bygglagen (2010:900)

Plan- och bygglagen (2010:900) anger att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bland annat människors hälsa och säkerhet. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som ger lämpligt skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.



2.3.2 Vägledning från Länsstyrelsen i Södermanlands län

Länsstyrelsen i Södermanlands län upprättade 2015 en vägledning med rekommendationer för hur hänsyn bör tas till transport av farligt gods i den fysiska planeringen [3]. I vägledningen redovisas bland annat en uppdelning av bebyggelse baserat på rekommenderade skyddsavstånd, se Figur 1. Skyddsavstånden utgår från att det inte finns lokala förutsättningar som påverkar riskbilden. För den planerade bostadsbebyggelsen (B) skulle ett skyddsavstånd på 70 meter vara aktuellt. Beroende på vilka typer av verksamheter (Z) och lokaler som planeras kan de rekommenderade skyddsavstånden variera.



Figur 1. Länsstyrelsen i Södermanlands läns rekommenderade skyddsavstånd för bebyggelse med avseende på transport av farligt gods [3].

Det framkommer inte vilka kriterier för värdering av risk som rekommenderas vid avsteg från de rekommenderade skyddsavstånden. I stället hänvisas det till fyra principer för riskvärdering, se avsnitt 2.4.3. Valda kriterier för denna utredning redovisas i avsnitt 2.4.5.

2.4 Metodik, principer och kriterier för riskvärdering

I detta avsnitt redovisas principer och kriterier för riskvärdering.

2.4.1 Metodik för riskhantering

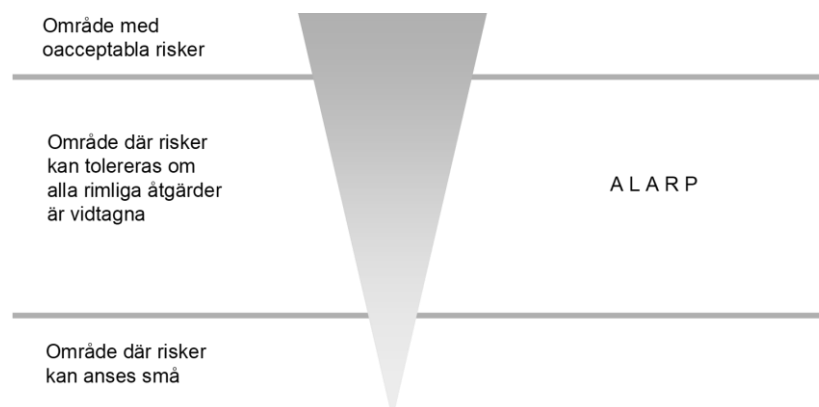
Riskhanteringsprocessen utgör ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att kontrollera eller minska olycksrisker. Hanteringen kan delas in i tre delar: riskanalys, riskvärdering och riskreduktion. Dessa behandlar allt från identifiering av riskkällor och potentiella olyckshändelser till beslut om och genomförande av säkerhetshöjande åtgärder samt uppföljning av att besluten ger avsedd påverkan på riskbilden. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 2.



Figur 2. Metodik för riskhantering [4].

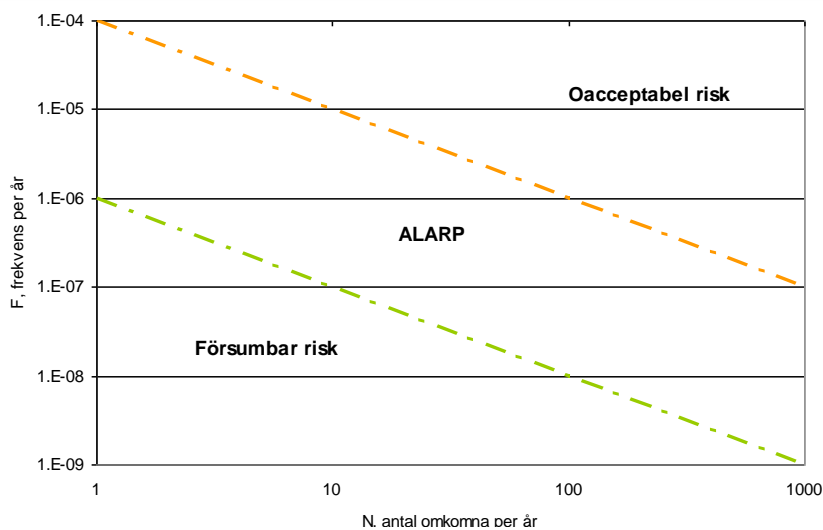
2.4.2 Allmänt om kriterier för riskvärdering

Kriterier för riskvärdering kommer att användas för att avgöra om risknivån är acceptabel eller inte. Acceptanskriterierna uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med en given konsekvens skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 3 beskriver principen för riskvärdering [1].



Figur 3. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier [1].

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att risknivån är i ett område som vanligtvis benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonably Practicable". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som möjligt utifrån ett samhällsekonomiskt och praktiskt perspektiv. Konkret kan det efter en avvägning avseende kostnad och riskreduktion innebära en kombination av olika säkerhetshöjande åtgärder som till exempel separering (avstånd till transportleden), differentierad bebyggelse, hastighetsbegränsning och utformning av området närmast transportleden. I Figur 4 visas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått.



Figur 4. Illustration av ALARP-zonen för riskmättet samhällsrisk med exempel på riskvärderingskriterier [1].

2.4.3 Räddningsverkets (MBS:s) fyra principer för riskvärdering

För risker förknippade med människors hälsa och säkerhet bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB [1]:

- ♦ **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- ♦ **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- ♦ **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- ♦ **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Proportionalitets- och fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls vid värdering med de kvantitativa värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk. Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [1].

2.4.4 Risker för tredje man

När riskvärdering och kriterier för risktolerans diskuteras ska graden av frivillighet att utsätta sig för den aktuella risken tas med, och därför skiljs det på personer som har anknytning till den aktuella riskkällan, och personer ur allmänheten, så kallat "tredje man". Denna uppdelning grundar sig i fördelningsprincipen som menar att enskilda grupper inte ska utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till den nytta som den riskfyllda verksamheten genererar för dem, se avsnitt 2.4.3. Tredje man är alltså för verksamheten utomstående individer som inte är direkt inblandade i verksamhetens riskbild men som ändå kan löpa skada vid en olycka.

När det gäller transport av farligt gods eller andra risker i den fysiska planeringen räknas exempelvis boende, personer som befinner sig på offentliga platser eller i affärer som tredje man. Risknivåtoleransen för tredje man bör vara mycket låg, eftersom dessa personer endast har liten eller ingen nytta av att verksamheten bedrivs. För att risknivån ska anses tolerabel



för tredje man kan säkerhetshöjande åtgärder bli nödvändiga, och markanvändning kan behöva regleras genom att planera för exploatering avsedd för låg persontäthet.

2.4.5 DNV:s föreslagna kriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk [1]. Dessa kommer nyttjas i denna riskutredning.

För *individrisk* föreslog DNV följande kriterier:

- ♦ Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år.
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år.

För *samhällsrisk* föreslog DNV följande kriterier:

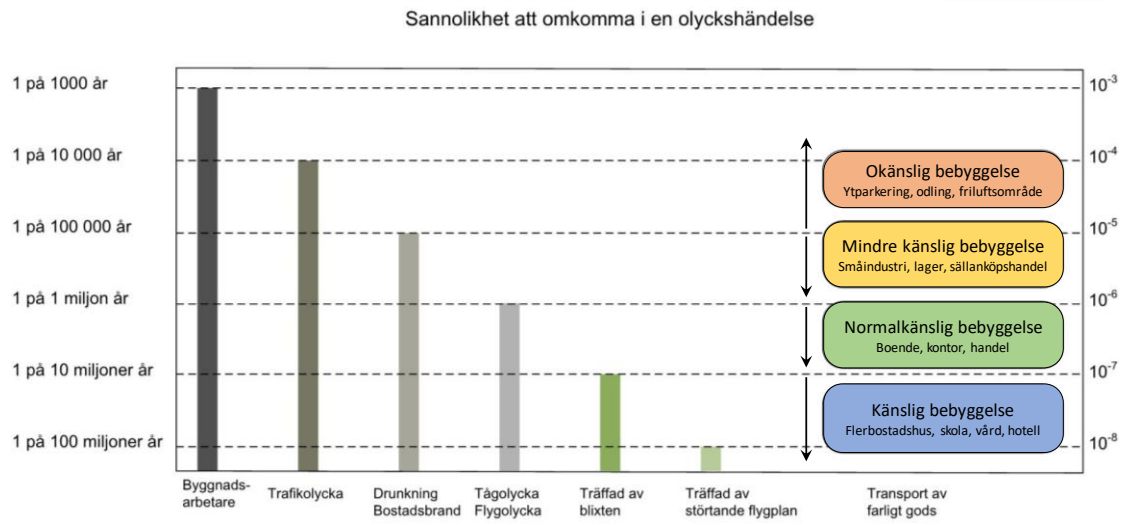
- ♦ Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1.
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1.

Samhällsrisk avser 1 km^2 med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled.

2.4.6 Jämförelser med andra olycksrisker i samhället

Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS) har i sin publikation *Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter* sammanställt sannolikheten att omkomma av olika olycksrisker. Risken att omkomma under en livstid är 100 %, vilket kan uttryckas som att sannolikheten att dö är 1 för varje människa. Om risken att omkomma skulle fördelas jämnt över en livstid (100 år) blir den genomsnittliga sannolikheten att omkomma $1/100$ per år, det vill säga 1 %. Men, sannolikheten att omkomma är inte jämnt fördelad. Under en livstid är sannolikheten lägst vid 7 års ålder och uppgår till cirka 0,0001 per år, vilket kan skrivas som 10^{-4} per år.

Vidare visar statistiken att risken att omkomma genom olyckshändelse i Sverige är $4 \cdot 10^{-4}$ per år för män och $3 \cdot 10^{-4}$ per år för kvinnor. Risken att omkomma i arbetsolycka i Sverige är $2 \cdot 10^{-5}$ per år för män och $2 \cdot 10^{-6}$ per år för kvinnor. Risken att omkomma i byggnadsbränder är också i storleksordningen $2 \cdot 10^{-5}$ per år och sannolikheten att omkomma på grund av blixtnedslag är cirka $4 \cdot 10^{-7}$ per år [5]. I Figur 5 görs en jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods efter bebyggelseindelning och föreslagna kriterier enligt tidigare avsnitt.



Figur 5. Jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods.



3 Planområdets förutsättningar

3.1 Planområdet och planförslaget

Planområdet under utredning är beläget i Skogstorp cirka 5 km söder om Eskilstuna, utmed järnvägsstråket Sala-Oxelösund, se Figur 6. Järnvägen är utpekad som riksintresse för kommunikation. För en anläggning eller ett område som klassats som riksintresse får funktionens värde eller betydelse inte påtagligt skadas av annan tillståndspliktig verksamhet. Vid konflikt mellan olika intressen väger alltid riksintresset tyngre än ett eventuellt motstridigt lokalt allmänintresse och riksintressen skall alltid prioriteras i den fysiska planeringen [6].

Området är ej detaljplanlagt och är i dagsläget i stor del obebyggt. Planområdets gräns är som minst cirka 4 meter från spårmit. Planområdet är relativt flackt utan betydande höjder.

Syftet med detaljplanen är att pröva lämpligheten för bostäder och eventuellt verksamheter och lokaler. Bostäderna utgörs av friliggande småhus, radhus och parhus.

Planområdet tillhör stadsbygden enligt Eskilstunas *Översiktsplan 2030*, som var ute på granskning under 2020. I översiktsplanen är delar av fastigheten Hässelorp 2:1 markerade som "Befintlig bostadsbebyggelse" [7]. Åt norr/nordost finns en nyligen antagen detaljplan (laga kraft 2021-03-13) för Husby Vreta 1:75 som innefattar skola, bostäder och äldreboende [8]. I övrigt har inga övriga pågående detaljplanarbeten identifierats i närheten [9].

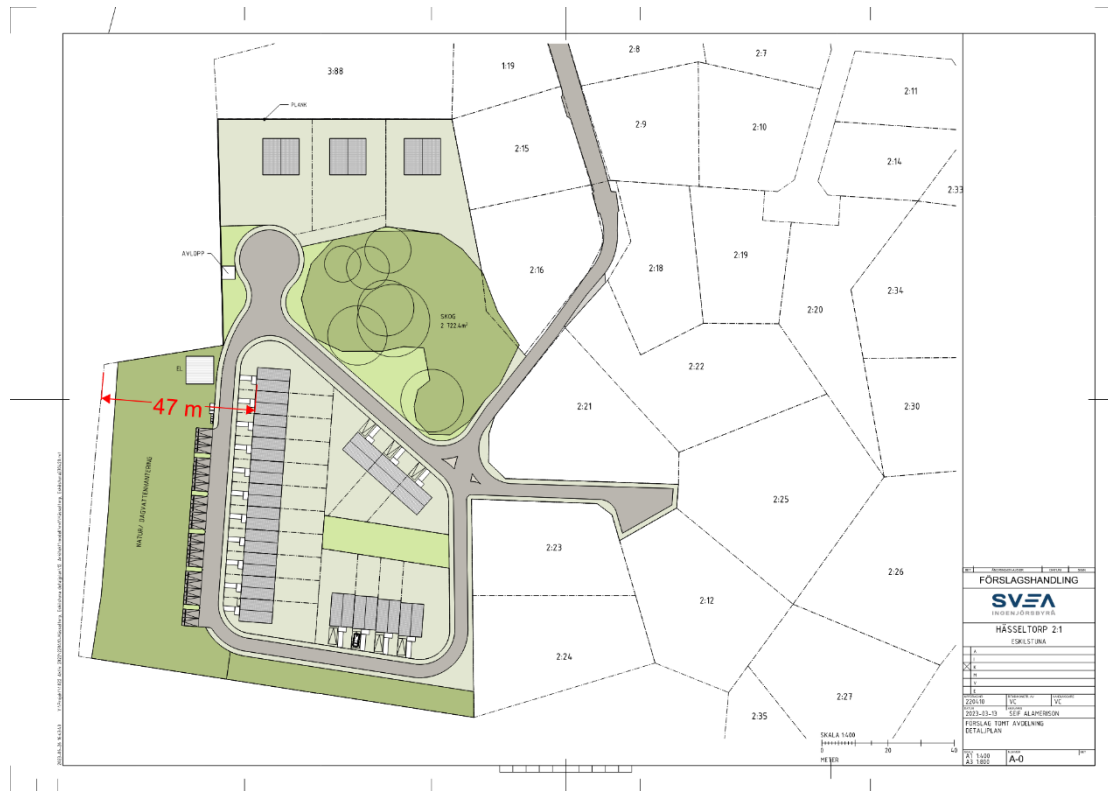
I öster och nordost angränsar planområdet till befintlig småhusbebyggelse. I norr passerar Rosenforsvägen, och norr om vägen finns mindre mängd småhusbebyggelse. Mellan nordväst och sydväst finns närmast planområdet öppna fält, mindre skog och ett fåtal småhus. Söderut (och längre åt sydväst) finns jordbruksmark. I väst och nordväst pågår även planarbete för del av Husby Rekarne 3:441 (SBN/2022:584), där avsikten är att pröva möjligheten för ny bostadsbebyggelse (cirka 50 bostäder). Detta område visas med orange markering i figuren.



Figur 6. Lokalisering av planområdet markerat i ljusblått. Pågående planarbete för del av Husby Rekarne 3:441 (SBN/2022:584) markerat i orange. © Lantmäteriet, redigerad av Briab.



I Figur 7 visas en situationsplan över planområdet. Det planeras för cirka 50 meters avstånd mellan fastighetsgränsen i väster och närmaste bostad. Mellan fastighetsgränsen och spårmitt är avståndet cirka 5 meter.



Figur 7. Situationsplan för Hässeltorp 2:1. Upprättad av SVEA Ingenjörbyrå, Daterad 2023-03-13. Redigerad av Briab (mått mellan fastighetsgräns och bostad).

3.2 Järnvägstrafik förbi planområdet

Järnvägsstråket Sala-Oxelösund passerar utmed planområdet. Aktuell linjedel är Eskilstuna-Flens Ö. Järnvägen ansluter till Västra Stambanan i Flen och Svealandsbanan i Eskilstuna. Aktuell sträcka är enkelspårig och trafikeras av resande- och godståg. Vid planområdets nordvästra del finns en plankorsning mellan järnvägen och Rosenforsvägen. I plankorsningen finns bommar.

Järnvägen går i stort på samma höjd som planområdet, och det finns inte förutsättningar på plats som kan betraktas medföra skydd mot urspårning. Antal resande- och godståg som används vid beräkning av risknivåer baseras på Trafikverkets basprognos för 2040, se Tabell 1 [10].



Tabell 1. Nyttjade trafiksiffror vid beräkning av risknivåer, hämtade från Trafikverkets Basprognos T21 för 2040 [10].

Tågtyp	Antal per dygn (ÅDT)
Resandetåg	46
Godståg	9

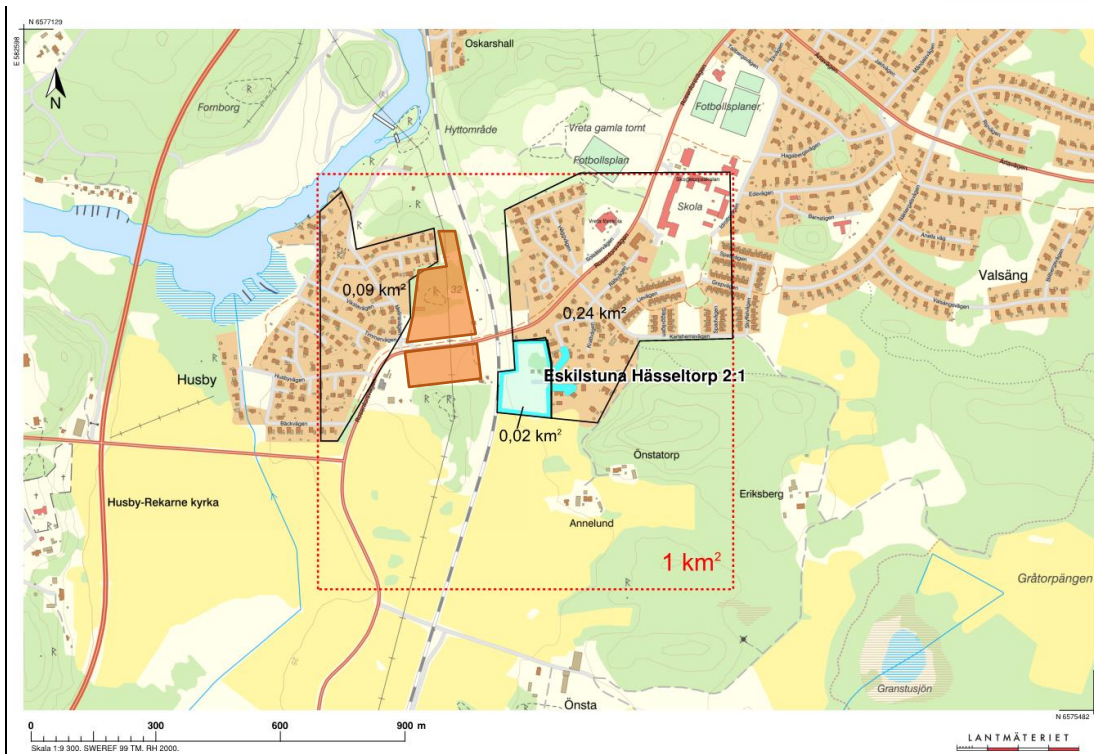
3.3 Befolkning

Persontäthet är avgörande för samhällsrisksberäkningar. Det bodde enligt SCB cirka 2 900 personer i Skogstorp år 2010 [11]. Skogstorp ingår sedan 2015 i tätorten Eskilstuna varpå detaljerad statistik efter denna tidsperiod inte hittats. Med en area på drygt 265 hektar medför 2010 års befolkning en persontäthet på cirka 1 100 personer/km². I Eskilstunas befolkningsprognos ses en ökning från cirka 107 000 personer år 2019 till drygt 121 000 år 2040 [12]. Detta motsvarar en genomsnittlig årlig tillväxt med ungefär 0,6 %. Motsvarande värde för Skogstorp har inte tagits fram. En konservativ ökning på 1 % per år, för att inkludera förtätningar, till år 2040 medför cirka 3 900 personer, motsvarande 1 500 personer/km². Etableringen av drygt 20 bostäder inom planområdet förväntas ha en liten inverkan på persontätheten.

Vid beräkning av samhällsrisik används 1 500 personer/km² enligt ovan, vilket är en något högre persontäthet än vad som kan tänkas gälla, även om hänsyn tas till en befolkningstillväxt sedan 2010. Det bedöms dock motiverat då Skogstorp delvis ingår i utbyggnadsområden enligt översiktsplanen. I det aktuella området på 1 km² utgörs cirka en tredjedel av bebyggelse, vilket gör att antagandet ovan är konservativt.

Det finns ett relativt stort bebyggelsefritt avstånd utmed järnvägen i det studerade området. Enstaka byggnader finns mellan 20-30 meter från spårmit, men en uteslutande majoritet av bebyggelsen är belägen bortom 50 meter. I Figur 8 redovisas planområdet och området på 1 km² som beaktats.

Det pågående planarbetet för del av Husby Rekarne 3:441 upptar cirka 5 ha (0,05 km²) och visas med orange markering i figuren. Tillkommande bebyggelse bedöms ingå i den antagna förtätningen.



Figur 8. Område på 1 km² omkring planområdet utmed 1 km av järnvägen som beaktas vid beräkning av samhällsrisk. © Lantmäteriet, redigerad av Briab.



4 Övergripande riskanalys

4.1 Riskkällor

Följande riskkällor har identifierats för planområdet:

- ♦ Olyckor på järnväg i samband med transport av farligt gods.
- ♦ Mekanisk skada vid påkörning.

Riskkällorna och dess respektive olycksscenarior beskrivs närmare i avsnitten nedan.

4.2 Olyckor i samband med transport av farligt gods

Med farligt gods avses varor eller ämnen som har sådana egenskaper att de kan vara skadliga för människor, miljö och egendom om de inte hanteras rätt under transport [13]. Med transportleder för farligt gods avses sådana leder som är utpekade där det sannolikt kan gå farligt gods-transporter. Transporter med farligt gods delas in i nio olika klasser för ämnen med liknande risker vid transport. Klassificeringen benämns ofta RID¹-klasser efter ett europeiskt regelverk för transport av farligt gods.

Huvuddelen av olyckorna med farligt gods inblandat är i grunden trafikolyckor och åtgärder för att förbättra trafiksäkerheten medverkar därför också till att minska risken för en olycka med farligt gods. Det finns andra händelser än trafikolyckor som kan ge ett utsläpp av farligt gods, till exempel fordonsbränder och handhavandefel vid lastning. En brittisk studie visar att andelen sådana händelser är i storleksordningen 5 % och det antas därmed att dessa händelser inryms i de konservativa skattningar av olycksfrekvenserna som rapporten bygger på [14].

4.2.1 Transportklasser (RID) och representativa scenarier

Transport av farligt gods på järnväg regleras i RID. Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar, och i RID delas farligt gods in i klasser beroende på vilka farliga egenskaper som ämnet har. I Tabell 2 beskrivs klasserna och karakteristiska konsekvenser för respektive klass.

Tabell 2. Kortfattad beskrivning av respektive RID-klass.

Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 100 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvenser.
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över hundratals meter. Omkomna både inomhus och utomhus.

¹ RID är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på järnväg. I Sverige används den nationella anpassningen RID-S (MSBFS 2022:4).



Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 20 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på områdets utformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen. Organiska peroxider	Natriumklorat, väte-peroxider, kaliumklorat, ammoniumnitrat, etc.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp vid kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 100 m.
6	Giftiga ämnen. Smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut).	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

I tabellen ovan kan fyra olika typer av konsekvenser härledas:

- ◆ Brand
- ◆ Explosion
- ◆ Utsläpp av giftiga kemikalier
- ◆ Utsläpp av frätande kemikalier

Dessa konsekvenser kan härledas till olyckor med farligt gods i RID-klass 1, 2, 3, 6 och 8. Brandfarliga fasta ämnen i klass 4, oxiderande ämnen och organiska peroxider i klass 5, radioaktiva ämnen i klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Det finns naturligtvis undantag, till exempel kan oxiderande organiska peroxider (klass 5) som blandas med brandfarliga vätskor (klass 3) orsaka explosioner. Föroreningar i en tank med väteperoxid (klass 5) kan orsaka ett skenande sönderfall med en tanksprängning som följd.

4.2.2 Val av olycksscenarioer

Nedanstående olycksförlopp utgör de dimensionerande olycksscenarioerna som utgör underlag till beräkning av individ- och samhällsriskenivåer (se även Tabell 3):

- ◆ Detonation av massexplosiva ämnen som orsakar tryckskador och brännskador.
- ◆ Detonation till följd av blandning av oxiderande ämne med brandfarlig vätska.



- ◆ Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas som kan ge upphov till BLEVE, gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall även tryckskador.
- ◆ Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor vilka orsakar pölbrand med efterföljande brännskador.
- ◆ Utsläpp av kondenserad giftig gas som orsakar förgiftning vid inandning.
- ◆ Utsläpp av giftiga brandfarliga vätskor vilka orsakar förgiftning vid inandning när de driver i väg som gasmoln.
- ◆ Utsläpp av giftiga vätskor som orsakar förgiftning vid inandning när de driver i väg som gasmoln.
- ◆ Utsläpp av frätande vätskor vilka orsakar frätskador vid hudkontakt.

Tabell 3. Sammanfattning av dimensionerande olycksscenarioer vid transport av farligt gods.

Ämne	Primär händelse	Sekundär händelse	Skadeverkan
Massexplosiva ämnen	Detonation vid olycka och/eller transport.	Brand	Brännskador Tryckskador
Tryckkondenserade gaser	Förångas vid utsläpp och övergår i gasform som driver i väg med vinden.	Brand och explosion vid antändning av gasmoln på längre avstånd från utsläppskällan (UVCE ²). Jetflamma vid antändning av utströmmande gas. Explosion vid kraftig upphettning av tryckkondenserad gas som kokar och släpps ut momentant från en bristande tank (BLEVE ³).	Brännskador Tryckskador Förgiftningsskador vid inandning
Brandfarliga, giftiga och frätande vätskor	Breder ut sig på marken och bildar pölar som avdunstar. Giftiga ångor driver i väg med vinden.	Pölbrand vid antändning av vätskepöl. Explosion vid antändning av avdunstade ångor, eller vid blandning med oxiderande organiska peroxider.	Brännskador Tryckskador Förgiftningsskador vid inandning Frätskador vid hudkontakt

4.2.3 Farligt gods

Transporterna av farligt gods delas in i respektive RID-klass i Tabell 4. Indelningen baseras på nationell statistik från förvaltningsmyndigheten Trafikanalys och avser transporterade godsmängder för perioden 2018-2019. På grund av förändrade insamlings- och bearbetningsmetoder är statistik från och med 2018 inte jämförbar med tidigare år, och skattas till högre nivåer än tidigare [15]. På totalnivå finns det enligt Trafikanalys indikationer på en faktisk ökning av transportarbetet mellan 2017 och 2018 [15].

Trafikanalys har i sitt PM 2021:4 *Transporter och resande i en postpandemisk värld – trender och mottrender* fört diskussioner om effekter på bland annat tågtrafiken till följd av coronapandemin [16]. De kommande 2-5 åren kan komma att se en minskad trafikering för resande (arbets-, tjänste- samt fritidsresor), men en något ökad godstrafik för att sänka kostnader och minska risk för störningar i leveranskedjor [17]. Då denna riskutredning har

² Unconfined Vapour Cloud Explosion.

³ Boiling Liquid Expanding Vapour Cloud Explosion.



prognosår 2040 kommer dock statistik avseende andel farligt gods och uppdelning av farligt gods från innan pandemin nyttjas, det vill säga innan 2020.

Andelen farligt gods av den totala godsmängden på nationell nivå var cirka 5 % mellan 2018-2019 [15]. För beräkning av risknivåer används värdet 5,5 %. Trafikanalys redovisar inga transporter av klass 1 (explosiva ämnen och föremål). För att ta hänsyn till de konsekvenser som kan uppstå vid olyckor med dessa ämnen uppskattas klass 1 utgöra 0,5 % av mängden farligt gods som transporteras. Indelningen i RID-klasser i Tabell 4 redovisas utan och med denna justering. I övrigt utgör klass 2 (gaser) och klass 3 (brandfarliga vätskor) vardera cirka 32 % av de transporterade mängderna, följt av klass 8 (frätande ämnen) och klass 5 (oxiderande ämnen och organiska peroxider) på 18 % respektive 14 %.

Tabell 4. Indelning av transporterat farligt gods i respektive RID-klass.

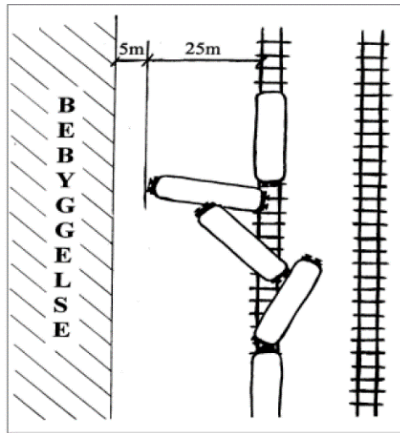
RID-klass	Trafikanalys	Trafikanalys
	Järnväg 2018-2019 utan RID-klass 1	Järnväg 2018-2019 med 0,5 % RID-klass 1
Klass 1	0,0 %	0,5 %
Klass 2	32,1 %	31,9 %
Klass 3	31,8 %	31,7 %
Klass 4	2,2 %	2,2 %
Klass 5	14,1 %	14,1 %
Klass 6	1,4 %	1,4 %
Klass 7	0,0 %	0,0 %
Klass 8	18,1 %	18,0 %
Klass 9	0,1 %	0,1 %
Summa	100 %	100 %

Den nationella statistiken från Trafikanalys är i jämförelse med Räddningsverkets kartläggning från 2006 att betrakta som konservativ. I Räddningsverkets kartläggning förekom endast klass 2.2 (icke brandfarliga och icke giftiga gaser) och klass 9 (övriga farliga ämnen och föremål) på järnvägssträckan utmed planområdet [18]. Ämnen i dessa klasser har begränsad påverkan på omgivningen vid en olycka.

Rosenforsvägen är inte klassificerad som en transportled för farligt gods, och det förväntas endast förekomma enstaka transporter av vätgas, gasol och acetylen till Skogstorpsskolan [19]. Med anledning av de små kvantiteter det förväntas röra sig om bedöms bidraget till planområdets risknivå vara försumbart.

4.3 Mekanisk skada vid urspårning

I samband med en urspårning finns en risk att urspårade vagnar orsakar mekanisk skada på intilliggande byggnader. Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. Vanligen hamnar urspårade vagnar i omedelbar anslutning till spåret, men det är också möjligt att de når avstånd upp till 25-30 meter från spåret, se Figur 9. Bebyggelse planeras på minst 50 meters avstånd varvid påverkan vid urspårning är försumbar.



Figur 9. Urspårningsolycka på järnväg [20].



5 Riskbedömning

5.1 Risknivåer till följd av transport av farligt gods

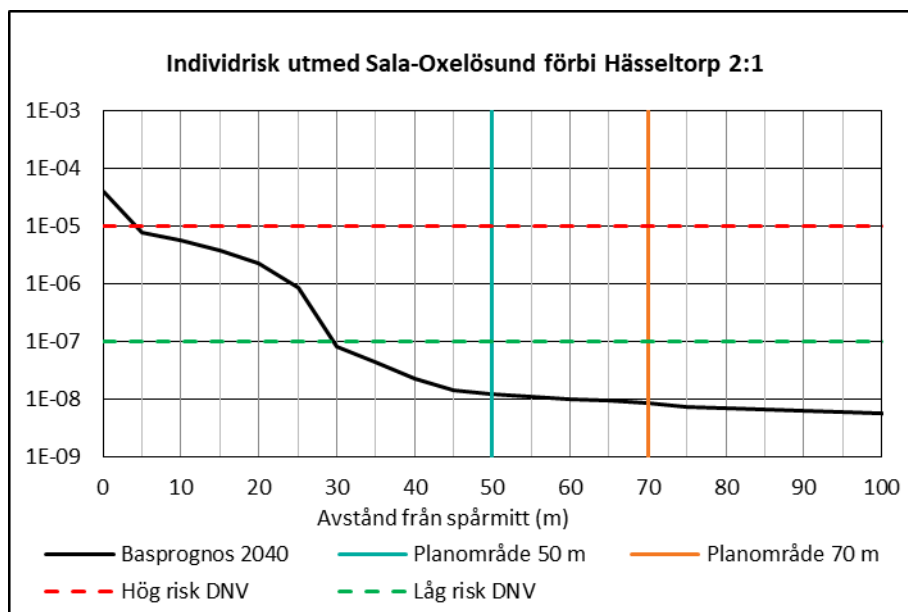
I följande avsnitt redovisas individ- och samhällsrisk för järnvägsbanan Sala-Oxelösund där den passerar förbi planområdet. Risknivåerna är beräknade med utgångspunkt i dimensionerande järnvägstrafik för år 2040. Se bilagorna för beskrivning av beräkningarna och metodik.

5.1.1 Individrisk

I Figur 10 redovisas individrisken längs med Sala-Oxelösund förbi planområdet. Beräkningarnas precision medför att rekommenderade avstånd anges i intervall om 5 meter, där avrundning sker till närmaste övre avstånd om individrisken inte understigit relevant värde på det studerade avståndet. De vertikala linjerna redovisar placering av bebyggelse på 50 och 70 meters avstånd från spårmittpunkt.

Individrisken understiger 10^{-7} per år 30 meter från järnvägen och är därefter enligt DNV:s kriterier låg. Inom 30 meter är den inom ALARP-området fram till enstaka meter från järnvägen.

Både med skyddsavstånd på 50 respektive 70 meter är individrisken låg, och cirka tio gånger lägre än kriteriet för detta. Effekten från 20 meter utökat skyddsavstånd utläses vara mycket liten.

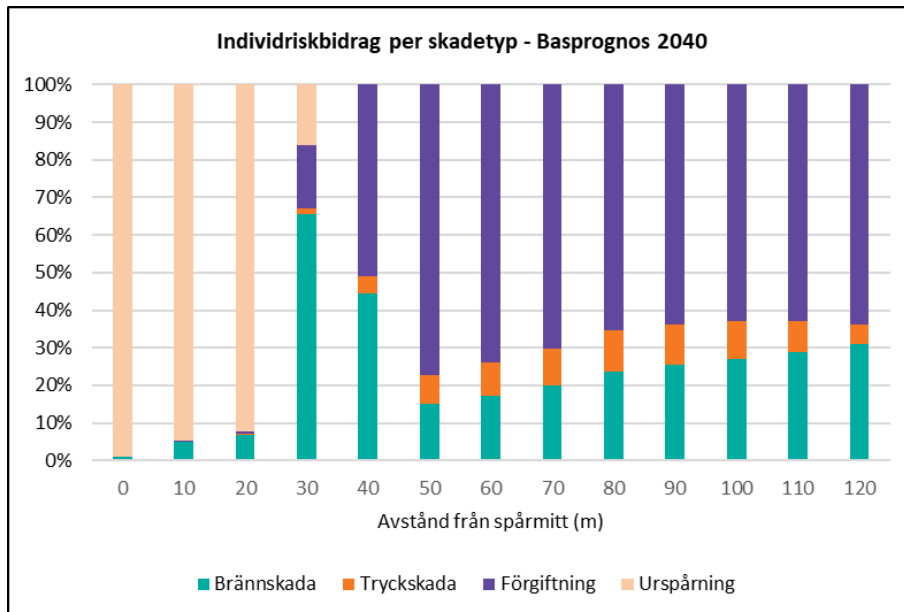


Figur 10. Individrisk längs med Sala-Oxelösund förbi Hässelstorp 2:1. De vertikala linjerna visar kortaste avstånd till planerad bebyggelse som utreds.

Förutom individrisknivån redogörs fördelningen över skadetyper som bidrar till individrisken på olika avstånd från järnvägen, se Figur 11. Närmast järnvägen utgör urspårningsrisken det största bidraget till individrisken. Vid 30 meter är bidraget från brännskador störst. Efter 30 meter avtar bidraget från brännskador, men det är lika stort som bidraget från förgiftningsskador vid 40 meter. Bortom 40 meter är förgiftningsskador det största bidraget till individrisken.



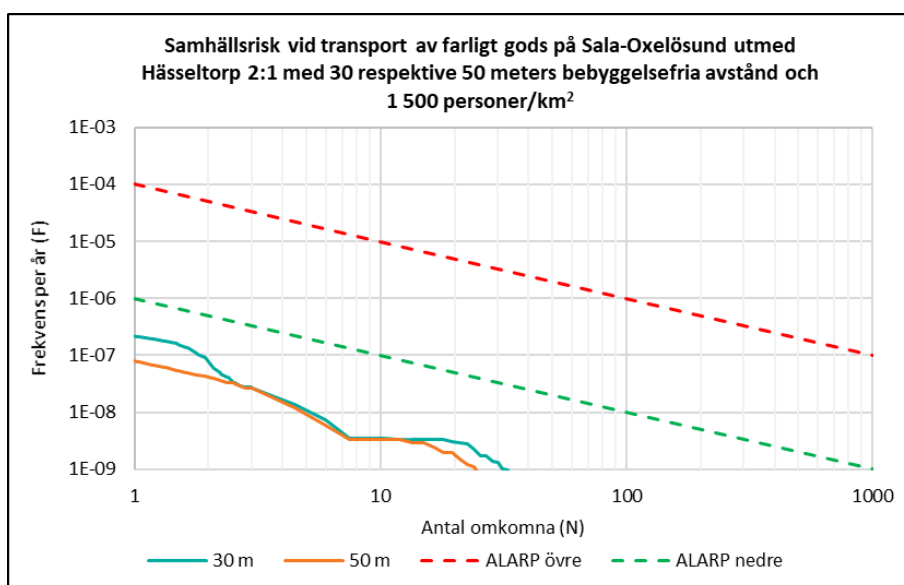
På större avstånd (50 meter och längre) kan det ses att bidraget från tryckskador och brännskador ökar något. Anledningen till detta är att scenarier med större konsekvensavstånd men mycket låga frekvenser utgör relativt större andelar av riskbidraget. Exempel på dessa scenarier är jetflammor, gas- och massexplosioner samt BLEVE.



Figur 11. Individeriskbidrag från olika skadetyper utmed järnvägsbanan Sala-Oxelösund utmed Hässeltorp 2:1. Urspårning dominerar fram till 30 meter, varefter brännskador och förgiftningsskador utgör majoriteten av individrisken. Tryckskador står för någon procent av skadorna.

5.1.2 Samhällsrisk

I Figur 12 redovisas samhällsriskens längs med järnvägen för det 1 km² stora området som studerats omkring planområdet. Beräkningarna utgår från en persontäthet på 1 500 personer/km². Resultat visas för bebyggelsefria avstånd på 30 och 50 meter. Enligt DNV:s förslag på riskvärderingskriterier är samhällsriskens under den nedre gränsen för ALARP och kan därmed ses som låg.



Figur 12. Samhällsrisk längs med järnvägsbanan Sala-Oxelösund.



5.2 Konsekvensbeskrivning

Som en del i riskanalysarbetet för Hässeltorp 2:1 ska dels scenariot motsvarande "worst case" (värsta scenariot) beskrivas, dels det mest troliga scenariot. I stället för det värsta scenariot och det mest troliga har dock två "värsta troliga" och tre troliga scenarier valts ut. För att bestämma ett värsta scenario finns svårigheter med att dra en tydlig gräns, då det alltid kan tillkomma faktorer som gör scenariot "värre". Scenarierna som valts ut som "troliga" kan kategoriseras inom två grupper som vardera har jämförbara frekvenser, vilket motiverat att de tagits med. I Tabell 5 redovisas beräknade frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods förbi planområdet. De tre mest förekommande har markerats, som tillsammans utgör nästan 99 % av olyckorna.

Tabell 5. Frekvenser för olyckor med farligt gods per år, uppdelat på olika scenarier. De tre scenarierna med högst frekvenser har markerats.

Scenario	Basprognos 2040	Basprognos 2040 (andel)
Klass 1 detonation	6,0E-09	< 0,1 %
Klass 2 BLEVE	1,1E-09	< 0,1 %
Klass 2 jetflamma	1,4E-08	< 0,1 %
Klass 2 UVCE	1,4E-08	< 0,1 %
Klass 2 giftmoln	4,1E-08	0,23 %
Klass 3 pölbrand (direkt)	5,5E-06	30,6 %
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	2,8E-06	15,3 %
Klass 3 giftmoln	1,1E-07	0,63 %
Klass 5 detonation	3,7E-09	< 0,1 %
Klass 6 giftmoln	6,6E-08	0,4 %
Klass 8 frätskada	9,5E-06	52,6 %
Summa:	1,8E-05	100 %

Scenarier som leder till frätskador vid utsläpp av ämnen i klass 8 begränsas enligt Tabell 6 till vagnens närområde, och förväntas därmed inte påverka personer eller bebyggelse inom planområdet. Pölbränder uppstår antingen genom direkt antändning av ett utsläpp, eller vid en fördröjd antändning. Riskområdet för dessa scenarier är i 95 % av fallen mindre än 30 meter (direkt antändning) respektive 40 meter (fördröjd antändning). Pölbränder ger upphov till värmestrålning som kan leda till brandspridning och brännskador. Spridning av brandrök har inte inkluderats i konsekvensanalysen. Risk för brandspridning från en pölbrand till fasad kan enligt bilaga H förekomma inom 15 meter från kanten till en dimensionerande pölbrand med bensin på 200 m².

Tabell 6. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.

Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	40	80
Klass 2 BLEVE → brännskada	300	330
Klass 2 jetflamma → brännskada	5	60

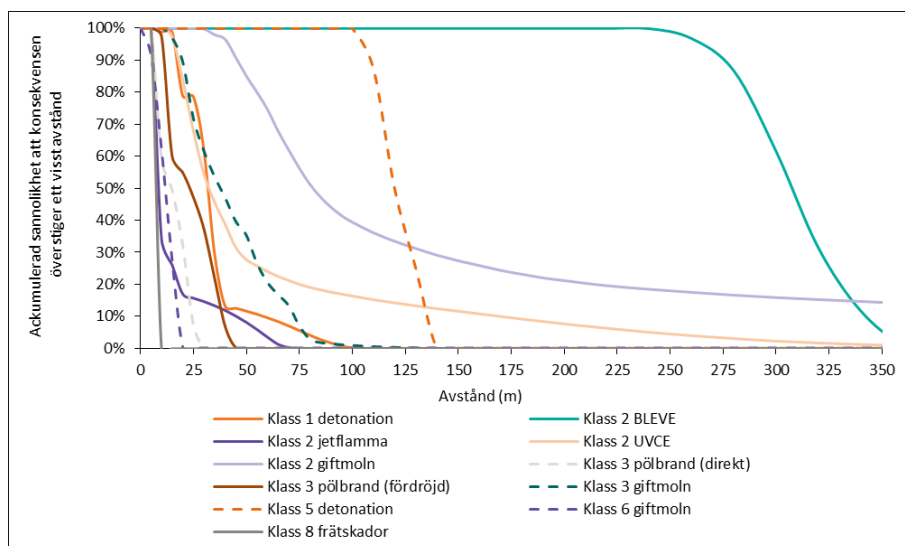


Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 2 UVCE → brännskada	30	240
Klass 2 giftmoln → förgiftning	90	1 000
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	10	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	20	40
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	90
Klass 5 detonation → tryck	30	50
Klass 6 giftmoln → förgiftning	5	10
Klass 8 → frätskada	5	10

Ett värsta troliga scenario utgörs av en BLEVE intill planområdet. Riskområdet är för sådana händelser över 240 meter, och omkring 300 meter för 50 % av scenarierna, se Figur 13 och Tabell 6. Inom detta område kan dödsfall till följd av brännskador uppkomma. Frekvensen för BLEVE är på en sådan låg nivå att dess bidrag till risknivåerna är försumbart.

Ett annat värsta troliga scenario utgörs av ett större utsläpp av giftig gas, då riskområdet vid ett sådant scenario kan bli mycket stort. Påverkan inom riskområdet beror bland annat på vilket ämne som släpps ut, hur det släpps ut och i vilka mängder, de lokala meteorologiska förhållandena och om personer befinner sig inom riskområdet.

I Figur 13 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd. Informationen i Figur 13 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar, vilka är värdena som redovisas i Tabell 6. Bakgrund och metodik för beräkning av frekvenserna redovisas i bilagorna.



Figur 13. Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar en fördelning av konsekvensområdet vid olyckor av en viss typ. Exempelvis ger en BLEVE alltid ett skadefall som överstiger 240 meter och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE när 340 meter eller längre.



5.3 Riskvärdering

Individ- och samhällsrisknivåerna som beräknats utmed järnvägen har visats understiga DNV:s föreslagna kriterier för när risknivåer kan anses vara acceptabelt låga. De acceptabelt låga risknivåerna ställer därmed inte krav på ytterligare åtgärder för att möjliggöra planerad markanvändning.

Det rekommenderade skyddsavståndet på 70 meter för bostadsbebyggelsen har i jämförelse med 50 meters skyddsavstånd en mycket liten effekt på risknivån. Skyddsavståndet på 70 meter återges även i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer *RIKTSAM*, och där anges att individrisken för denna typ av bebyggelse bör understiga 10^{-6} per år [21]. De beräknade individrisknivåer är därmed drygt tjugo gånger lägre än denna nivå. Att uppföra bebyggelsen på 50 meter kan baserat på de låga risknivåerna anses vara acceptabelt. Det behöver dock ha i åtanke att olyckor med farligt gods kan få stora konsekvenser om sådana skulle inträffa i närheten, även vid mycket låga risknivåer.

Verksamheter, som enligt Länsstyrelsen i Södermanlands län rekommenderas uppföras med ett skyddsavstånd på 70 meter kan enligt bedömningen ovan också uppföras 50 meter från järnvägen. För övriga verksamheter (exempelvis Vk 1) är det rekommenderade skyddsavståndet på minst 30 meter lämpligt.

För vissa olyckor av särskilt allvarlig karaktär förutsätts att personer i byggnaderna vidtar vissa säkerhetsåtgärder för att kunna kvarstanna inomhus under olycksförloppet. Exempelvis är det betydelsefullt att stänga fönster, dörrar och ventilation i händelse av utsläpp av giftig gas, med vind mot planområdet. Utsläpp av giftig gas har ett stort påverkansområde och behovet av att stanna inomhus med stängda fönster, dörrar och ventilation kan sträcka sig långt bortom planområdet. Ett liknande agerande förväntas i samband med byggnads- eller fordonsbränder i närheten då brandgaser också har ett giftigt innehåll. Vid sådana händelser kan VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) användas för att informera och varna via radio, SMS och TV om att en händelse inträffat som kan påverka liv, hälsa, egendom eller miljö.

Eftersom bebyggelsens placering kan innebära avsteg från Länsstyrelsen i Södermanlands vägledning avseende skyddsavstånd bör rimliga och kostnadseffektiva åtgärder för byggnader och planområdet övervägas om de kan bidra med en säkerhetshöjande effekt. I avsnittet nedan presenteras åtgärder som kan bidra med en säkerhetshöjande effekt. Dessa åtgärder är ej nödvändiga för att möjliggöra bebyggelsen men kan vara kostnadseffektiva, och kan beaktas utifrån kostnad och teknisk möjlighet att implementera vid fortsatt projektering. Åtgärderna kan vid behov regleras med planbestämmelser eller anges som information i planbeskrivningen.

5.3.1 Bedömning av lämpliga säkerhetshöjande åtgärder

Det finns flera exempel på åtgärder som skyddar mot olyckor och ett sätt att kategorisera dem finns i Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [22].

De säkerhetshöjande åtgärder som belyses är ventilationsåtgärder, disponering av byggnader och området samt skydd mot brandspridning. Ventilationsåtgärderna har valts att undersöka då de är lämpliga för att skydda mot förgiftningsskador till följd av utsläpp av giftiga ämnen, som är den skadetyper som står för det största bidraget till individrisken inom planområdet. Disponering av byggnader och området kan minska sannolikheten för att en olycka förvärras till följd av närområdets utformning samt begränsa konsekvenserna inom planområdet. Då det inte är känt hur planområdet planeras utformas bedöms det rimligt att beskriva relevanta åtgärder för att beakta brandspridning om bebyggelse uppförs nära järnvägen.



5.3.1.1 Ventilationsåtgärder för att skydda mot giftiga ämnen

Förgiftningsskador utgör det största bidraget till individrisken för planområdet. Även vid en mycket låg risknivå kan olyckor med farligt gods få stora konsekvenser om sådana skulle träffa i närheten. Konsekvensberäkningarna i bilaga D visar att flertalet olycksscenarioer kan påverka byggnader på stora avstånd.

Giftiga gaser är ofta tyngre än omgivande luft, vilket innebär att de rör sig längs med marken. Placeringen av friskluftsintag högt uppe kan minska risken att giftiga gaser kommer in i byggnaderna. Effekten blir större ju närmre utsläppspunkten som byggnaden är placerad och ju högre luftintaget är placerat. Lokala väder- och vindförhållanden har dock fortfarande betydelse för koncentrationen, men åtgärden kan minska koncentrationen med mellan 20 % och över 90 % beroende på höjden och avståndet från utsläppspunkten, se bilaga H för mer information. En placering av friskluftsintag på högre än 8 meter ovan mark minskar påtagligt koncentrationen av giftiga gaser inomhus. Denna åtgärd kan vara tekniskt svår att tillämpa för den planerade bebyggelsen som utgörs av småhus, och är mer lämplig för exempelvis flerbostadshus, centrum och handelsbebyggelse. Den skadebegränsande effekten på risknivån är även lägre för småhus jämfört med de andra typerna, både genom att det är lägre persontäthet och för att friskluftsintag inte kan placeras lika högt och få samma skadebegränsande effekt. Därmed är det inte en rimlig åtgärd att införa som planbestämmelse för småhusbebyggelsen. Om övrig planerad bebyggelse inte uppgår till denna höjd är det inte heller lämpligt att reglera för den bebyggelsen.

Ett alternativ till högt placerade friskluftsintag är att placera dem på byggnaders oexponerade sidor. Detta är något som bland annat förekommer i riktlinjerna från Länsstyrelsen i Stockholm vid bebyggelse i närhet till transportleder för farligt gods [23]. I Boverkets och Räddningsverkets vägledningsrapport redovisas effekten⁴ av att placera friskluftsintag på byggnaders oexponerade sidor [22]:

- + Åtgärden minskar konsekvensen av utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser genom att gasens inträngning i byggnaden minskar.
- + Åtgärden minskar sannolikheten för explosion i en byggnad vid utsläpp av brandfarlig gas utomhus.
- + Underhållsbehovet är lågt och åtgärden förväntas fungera väl över tiden.
- Det kan bildas högre gaskoncentrationer i lä för vinden på den ej exponerade sidan.
- Effekten minskar om det finns öppningar, såsom fönster och dörrar, på den exponerade fasaden.

I vägledningsrapporten anges det även att effekten kan vara tveksam men att det kan vara en lämplig åtgärd när detaljplanen är projekthanpassad. För planerad bebyggelse i form av småhus bedöms det inte vara lämpligt att reglera detta med planbestämmelse, till följd av tveksam effekt och genomförbarhet. För övrig bebyggelse är det en lämplig åtgärd att beakta.

5.3.1.2 Disponering av byggnader och område

När en olycka inträffar på järnvägen och räddningstjänsten beslutar om evakuering av intilliggande fastigheter är det viktigt att detta kan ske så säkert som möjligt. För att uppnå tillfredsställande evakuering är det vanligt att byggnader där personer vistas stadigvarande och är lokaliserade nära en transportled för farligt gods ska vara möjliga att evakuera på säkert

⁴ Positiv säkerhetseffekt markeras med "+" och negativ markeras med "-".



sätt, vilket ofta konkretiseras med utrymningsvägar i riktning bort från riskkällan. Denna typ av åtgärd är likt ventilationsåtgärderna mer riktad mot annan typ av bebyggelse än vad som planeras. För småhus behöver det inte nödvändigtvis regleras i planbestämmelser, utan det kan ofta lösas genom utformningen av området och byggnader i projekteringskedan.

Området närmast transportleden, 0-30 meter enligt Länsstyrelsen i Södermanlands vägledning, ska inte uppmuntra till stadigvarande utomhusvistelse eller utformas så det förvärrar ett olycksförlopp [3]. Exempel på lämplig användning av detta område är parkeringar eller motionsspår. Utmed järnvägen erfordras även ett bebyggelsefritt avstånd för att exempelvis möjliggöra för räddningsinsatser samt spårarbeten (underhåll, reparation och liknande) samt för att ta hänsyn till att järnvägen är ett utpekat riksintresse.

Om det avses uppföras byggnader inom detta område bör åtgärder som skyddar mot urspårning utredas.

5.3.1.3 Skydd mot brandspridning

Om det avses göras avsteg från det rekommenderade skyddsavståndet på 30 meter för verksamheter (Z) utmed järnvägen bör risk för brandspridning beaktas för dessa byggnader. Med hänsyn till en ogynnsam utbredning av ett utsläpp med brandfarlig vätska bör byggnader inom 30 meter från transportleden skyddas mot brandspridning, se bilaga H. Skydd mot brandspridning kan erhållas genom exempelvis fasad och yttervägg brandteknisk klass. En brandteknisk klass är dock ingen garanti för att fasaden inte antänds och att brandspridning därmed sker till exempelvis vinden. Av denna orsak kan krav på lägst brandteknisk klass i vissa fall behöva kompletteras med krav på svårantändlighet om andra material i fasadbeklädnader än murverk eller betong godtas. En fasad i obrännbart material, utan ventilationsöppningar, varken i fasad eller i takfot, försedd med fönster i brandteknisk klass, som inte kan öppnas utan särskilda verktyg, uppfyller normalt de krav som behöver ställas vad gäller brandskydd och brandmotstånd hos en fasad.

Brandskyddad fasad är ofta svår att ordna i byggnader där ventilationssystemet utformas med tilluftsöppningar i fasad.



6 Slutsats och rekommendationer

6.1 Allmänt

Riskbedömningen görs med hänsyn till både olyckors frekvenser och skador de kan orsaka. Konkret innebär detta att en bebyggelse kan tillåtas på ett visst avstånd i huvudsak för att frekvensen för en olycka är mycket liten. Vid en olycka i samband med transport av farligt gods kan därmed skador på människor och egendom inträffa även om rekommenderade skyddsavstånd appliceras för området.

6.2 Riskvärdering

Småhusbebyggelse och verksamheter (exklusive Vk 1) kan uppföras med ett skyddsavstånd på 50 meter i stället för 70 meter från järnvägsstråket Sala-Oxelösund utmed planområdet utan att det medför betydande inverkan på risknivån. På 50 meters avstånd visar beräkningarna på mycket låga risknivåer som underskrider DNV:s föreslagna kriterier för acceptabelt låga risker. Detta härstammar från begränsad godstrafik på sträckan tillsammans med skyddsavståndet. Det ska noteras att nationell statistik över farligt gods nyttjats för sträckan, vilket inkluderar flera typer av farligt gods som kan ge upphov till flertalet scenarier med påverkan på omgivningen. Vidare har en hög persontäthet använts för området omkring planområdet jämfört med statistik för Skogstorp.

I aktuell situationsplan blir minsta avståndet mellan spårmittpunkt och bebyggelse i storleksordningen 50 meter, vilket innebär att risknivån föreslås betraktas som acceptabelt låg.

6.3 Rekommendationer

Riskutredningen kan konstatera att följande rekommendationer behöver beaktas vid det fortsatta arbetet:

- ◆ Bostadsbebyggelse och verksamheter (exklusive Vk 1) inom planområdet uppförs med ett minsta skyddsavstånd på 50 meter till järnvägens spårmittpunkt.
- ◆ Verksamheter (Vk 1) inom planområdet uppförs med ett minsta skyddsavstånd på 30 meter till järnvägens spårmittpunkt.
- ◆ Området inom 30 meter från järnvägens spårmittpunkt uppmuntrar ej till stadigvarande utomhusvistelse eller utformas så det förvärrar ett olycksförlopp. Exempel på lämplig markanvändning är parkering, motionsspår och odling. Om bebyggelse ska uppföras inom 30 meter från järnvägens spårmittpunkt ska byggnadernas fasader utföras med skydd mot brandspridning, och lämpliga åtgärder för att skydda mot urspårning behöver utredas.
- ◆ Friskluftsintag till lokaler och verksamheter placeras på fasader som inte vetter mot järnvägen.



7 Referenser

- [1] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [2] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Riskhänsyn i fysisk planering," [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/samhallsplanering/riskhansyn-i-fysisk-planering/>.
- [3] Länsstyrelsen Södermanlands län, "Farligt gods - hur man kan planera med hänsyn till risk för olyckor intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods," Nyköping, 2015.
- [4] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [5] F. Nystedt, "Deaths in Residential Fires - an Analysis of Appropriate Fire Safety Measures," Department of Fire Safety engineering, Lund University, Lund, 2003.
- [6] Trafikverket, "Riksintresse," 23 03 2021. [Online]. Available: <http://www.trafikverket.se/riksintressen/>. [Använd 21 09 2021].
- [7] Eskilstuna kommun, "Översiktsplan 2030 (samrådshandling 2019)," 2019.
- [8] Eskilstuna kommun, "Detaljplan för Husby Vreta 1:75, Eskilstuna kommun (2017:179-1)," Stadsbyggnadsförvaltningen, Planavdelningen, Eskilstuna, 2021-03-13.
- [9] Eskilstuna kommun, "Gällande detaljplaner, planprogram och områdsbestämmelser," 21 06 2021. [Online]. Available: <https://www.eskilstuna.se/bygga-bo-och-miljo/bygga-och-planera/planera/stadsplanering/gallande-detaljplaner>. [Använd 22 09 2021].
- [10] Trafikverket, "Trafikuppgifter järnväg T21 och bullerprognos 2040 (exclfil)," 09 04 2021. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/>. [Använd 10 09 2021].
- [11] Statistiska Centralbyrån (SCB), "Tätorter 2010 (MI 38 SM 1101)," SCB, 2010.
- [12] KPMG, "Finansiell planering - Revisionsrapport, Eskilstuna kommun," KPMG AB, 2020.
- [13] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Transport av farligt gods," 2020. [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/farligt-gods/>.
- [14] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - report and appandice," Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.
- [15] Trafikanalys, SCB, Trafikverket, "Statistik 2020:19 - Bantrafik 2019," 2020.
- [16] Trafikanalys, "Transporter och resande i en postpandemisk värld – trender och mottrender. PM 2021:4," 2021.
- [17] Trafikanalys, "Coronapandemins påverkan på trender i transportsektorn," 02 03 2021. [Online]. Available: <https://www.trafa.se/etiketter/transportovergripande/coronapandemins-paverkan-pa-trender-i-transportsektorn-12080/>. [Använd 21 09 2021].
- [18] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt godstransporter september 2006," 2006.



-
- [19] Briab, "Husby-Vreta 1:75, del av Skogstorp, Eskilstuna - Riskutredning för planområde," 2020.
- [20] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," Räddnings- och säkerhetsavdelningen, Stockholm, 2000.
- [21] Länsstyrelsen i Skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM) - bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Rapport "Skåne i utveckling" 2007:06, 2007.
- [22] Räddningsverket och Boverket, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner," 2006.
- [23] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Fakta 2016:4 Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.



Bilageförteckning

Nedan följer en översikt över innehållet i bilagorna i PDF-paketet.

- A Sannolikhets- och statistikteori
- B Trafikflöden
- C Frekvenser för olycka med farligt gods
- D Konsekvenser av olyckor med farligt gods
- E Frekvenser och konsekvenser för mekanisk skada vid urspårning
- F Risknivåer utmed transportleder för farligt gods
- G Känslighetsanalys
- H Säkerhetshöjande åtgärder



Bilagor till:
Riskutredning Hässelorp 2:1, Version 1.2



Utredning i samband med detaljplanearbetet för Hässelorp
2.1 i Skogstorp, Eskilstuna kommun

2023-07-07



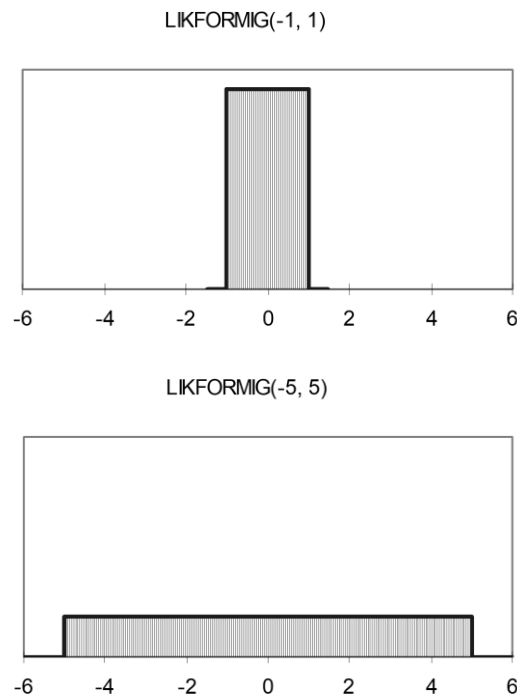
A. Sannolikhets- och statistikteori

Vid beskrivning av modellerna för frekvens- och konsekvensberäkningar används genomgående ett antal statistiska och sannolikhetssteoretiska begrepp, vilka förklaras i detta kapitel.

Väntevärdet, μ uttrycks även som medelvärdet och är det värde som utgör tyngdpunkten i en statistisk fördelning längs x-axeln. Väntevärdet är ett lägesmått.

Standardavvikelsen, σ är ett mått på en fördelnings spridning. Osäkerheten i en variabls värde uttrycks med dess standardavvikelse. Två variabler kan ha samma väntevärde men olikartade fördelningar, se Figur 1 nedan.

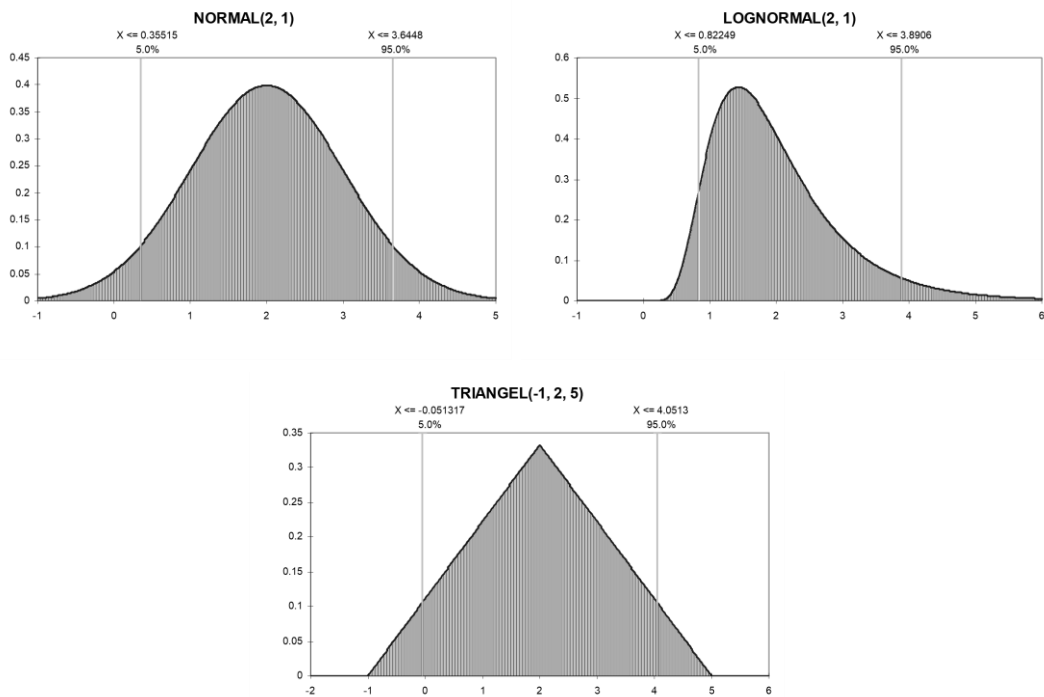
Variationskoefficienten, VK, utgörs av kvoten mellan standardavvikelsen och väntevärdet, det vill säga $VK = \sigma/\mu$. Variationskoefficienten anges ofta i procent.



Figur 1. Två likformiga fördelningar där den ena går från -1 till 1 och den andra från -5 till 5 . Båda har väntevärdet 0 , men den senare har en mer utspridd fördelning än den förra.

Statistiska fördelningar används för att beskriva osäkerheten i indata. Frantzich¹ anger att det första som måste göras när dessa fördelningar skall skattas är att definiera fördelningens största och minsta värde. Därefter uppskattas väntevärde och varians. Slutligen skall en fördelning väljas som ger bästa tänkbara representation av variabeln. Vanliga fördelningar är *normalfördelningen*, *lognormalfördelningen* och *triangelfördelningen*. En grafisk illustration av dessa fördelningar visas i Figur 2.

¹ Frantzich, H., *Uncertainty and risk analysis in fire safety engineering*, Rapport 1016, Avdelning för Brandteknik, Lunds universitet, 1998.



Figur 2. Exempel på normalfördelning, lognormalfördelning och triangel-fördelning.

B. Trafikflöden

B.1 Järnvägstrafik

Trafikuppgifter från Trafikverkets prognos för 2040 för aktuell del av Sala-Oxelösund² redovisas i Tabell 1. Uppgifterna i underlaget anges som ÅDT (årsdygnstrafik) och räknas om till VMD (vardagsmedeldygn) genom:

- ♦ Persontåg: $VMD = \text{ÅDT} * 365 / 320$
- ♦ Godståg: $VMD = \text{ÅDT} * 365 / 250$

Tabell 1. Inhämtade och omräknade trafiksiffror för Sala-Oxelösund på linjedelen Eskilstuna-Flens Ö väster om planområdet.

Linjedel	ÅDT godståg	ÅDT persontåg	VMD godståg	VMD persontåg
Eskilstuna-Flens ö	8,6	45,6	13	52

C. Frekvenser för olycka med farligt gods

C.1 Generella indata

C.1.1 Olycksriktning

Med "olycksriktning" menas att hänsyn måste tas i vilken riktning som olyckan breder ut sig. Flertalet av scenarierna som kan inträffa är beroende av omgivningsförhållanden som vindriktning, men även olycksförloppets karakteristiska gör att den inte har en cirkulär

² Trafikverket, *Trafikuppgifter järnväg T21 och bullerprognos 2040 (Excel)*, 2021-04-09.



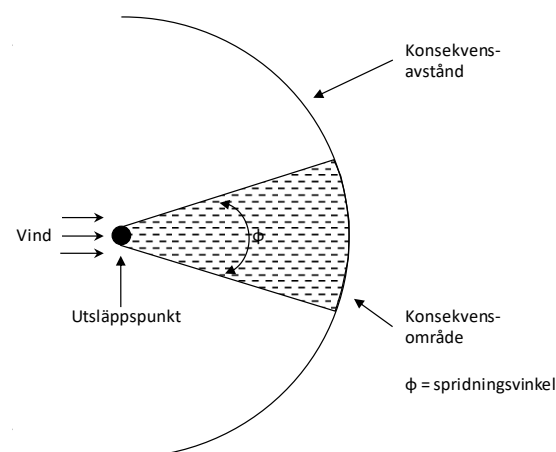
påverkan. I Tabell 2 redovisas vilken reduktion som måste göras i samband med beräkning av risk.

Tabell 2. Korrektion för olyckans riktning.

Scenario	Beskrivning	Korrigering
Giftmoln	Utbredning i vindriktningen ³ (22°)	$22 / 360 = 0,061$
BLEVE	Cirkulär utbredning	1,0
UVCE	Utbredning i vindriktningen ³ (22°)	$22 / 360 = 0,061$
Jetflamma	Riktning uppåt, mot eller bort ⁴	$2/3 = 0,67$
Pölbrand	Cirkulär utbredning	1,0
Frätande ämne	Riktning mot eller bort ⁵	$1/2 = 0,50$
Ursparning	På båda sidor om spåret	1,0

C.1.2 Spridningsvinkel

Giftmoln driver i väg med vinden. Gasen sprids i huvudsak längs med vindriktningen, men även till viss del i sidled. Spridningen i sidled bestäms av en spridningsvinkel, vilken i första hand beror på vindhastigheten. I Figur 3 visas en schematisk bild av spridningsförloppet. Spridningsvinkeln kan beräknas med en metod som visas i Figur 4.



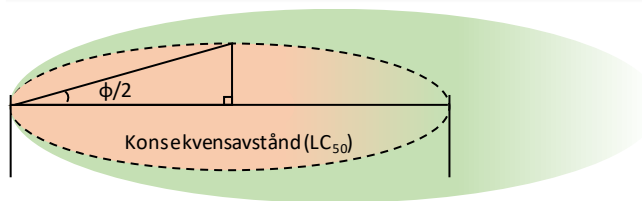
Figur 3. Illustration av konsekvensavstånd, konsekvensområde och spridningsvinkel vid spridning av giftmoln.

Vid halva avståndet till LC50 (se Figur 4) längs utsläppets centrumlinje mäts avståndet i sidled ut till samma koncentration. Denna sträcka är den motstående kateten till halva spridningsvinkeln.

³ I avsnitt C.1.2 redovisas hur spridningsvinkeln beräknats.

⁴ Jetflamman antas kunna vara riktad mot området, bort från området eller uppåt. Flammor som är riktade bort från området tas inte med i analysen.

⁵ Utsläpp av frätande ämne antas kunna ske mot eller bort från området. Utsläpp som riktas bort tas inte med i analysen.



Figur 4. Illustration hur spridningsvinkeln kan beräknas med utgångspunkt i gasspridningsmodellen.

Spridningsvinkeln har beräknats för olika väder- och vindförhållanden och redovisas i Tabell 3. Beräkningar har utförts med metodiken redovisad i bilaga D.

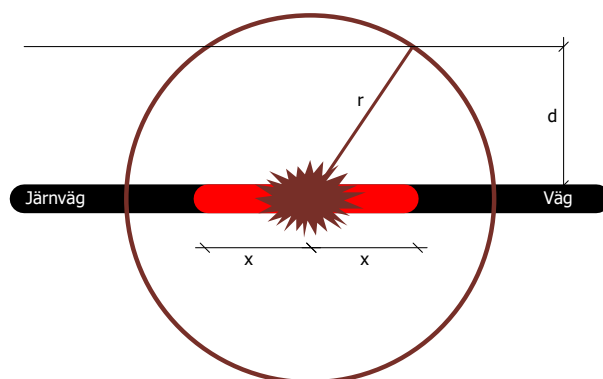
Tabell 3. Sammanställning av spridningsvinkel för olika väder- och vindförhållanden.

Stabilitetsklass	Vindhastighet	Spridningsvinkel
Instabil	1–4 m/s	29–31°
Neutral	2–8 m/s	15–29°
Stabil	1–4 m/s	11–33°

Spridningsvinkeln blir smalare ju mer det blåser och vinkeln antar sitt högsta värde när vindhastigheten är 1 m/s. Med hjälp av statistisk analys som bygger på indata relevant för spridning i luft (se bilaga D) kan det konstateras att spridningsvinkeln kommer vara 22° eller lägre i 95 % av fallen. 22° används som dimensionerande värde i riskanalysen.

C.1.3 Korrigeringsfaktor för att bedöma frekvensen att specifik olycka påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden

Olycksfrekvenserna som beräknas utgår från en sträcka på 1 km. Eftersom de flesta olyckor endast påverkar en liten del av denna sträcka så är det nödvändigt att korrigera för hur ofta en olycka som har en given utbredning, påverkar en punkt på ett visst avstånd från transportleden. Detta kan göras med en modell som bygger på den som redovisas i Figur 5.



Figur 5. Modell för beräkning av frekvensen att en olycka påverkar ett visst avstånd från transportleden.

Om olyckan har utbredningen r så måste olyckan inträffa på sträckan $2x$ för att ge en påverkan på avståndet d från transportleden. Notera att det endast är intressant att studera de fall där $d \leq r$, eftersom om $d > r$ blir det ingen konsekvens. Med hjälp av Pythagoras sats⁶

⁶ Pythagoras sats anger sambandet mellan sidorna i en rätvinklig triangel där kvadraten på hypotenusan är lika med summan av kvadraterna på kateterna.



kan x beräknas och sannolikheten att olyckan med utbredningen r påverkar avståndet d vid en olycksfrekvens angiven per kilometer blir således:

$$2\sqrt{r^2 - d^2}/1000$$

I Tabell 4 redovisas den korrigeringsfaktor som olycksfrekvensen per km ska multipliceras med för att bestämma frekvensen för att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden.



Tabell 4. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden.

Olyckan när (r), m	Avstånd (d) som studeras, m																									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150
5	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	0,03	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0,04	0,04	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
95	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-
100	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-
110	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,09	-	-	-	-	-
120	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,10	-	-	-	-
130	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,14	0,10	-	-	-
140	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,20	0,17	0,14	0,10	-	-
150	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11	-



160	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,15	0,11
170	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16
180	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,20
190	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,29	0,28	0,26	0,23
200	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,35	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29	0,26
220	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,37	0,35	0,34	0,32
240	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37
260	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,42	0,40
280	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,48	0,47
300	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
320	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57
340	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60
360	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
380	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70
400	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74



Tabell 4. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden. (forts.)

Olyckan när (r), m	Avstånd (d) som studeras, m														
	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0,16	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	0,20	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0,24	0,21	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	0,30	0,28	0,25	0,22	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240	0,36	0,34	0,32	0,29	0,27	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260	0,41	0,39	0,38	0,35	0,33	0,28	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
280	0,46	0,44	0,43	0,41	0,39	0,35	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-	-
300	0,51	0,49	0,48	0,46	0,45	0,41	0,36	0,30	0,22	-	-	-	-	-	-
320	0,55	0,54	0,53	0,51	0,50	0,46	0,42	0,37	0,31	0,22	-	-	-	-	-
340	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,52	0,48	0,44	0,39	0,32	0,23	-	-	-	-
360	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40	0,33	0,24	-	-	-
380	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,62	0,59	0,55	0,51	0,47	0,41	0,34	0,24	-	-
400	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,67	0,64	0,61	0,57	0,53	0,48	0,42	0,35	0,25	-



C.2 Transportstatistik (farligt gods)

C.2.1 Transport av farligt gods

Riskanalysen utgår från prognoserat antal tåg på järnvägsstråket Sala-Oxelösund, men använder nationell statistik när det gäller transport av farligt gods. Anledningen till detta är att det finns sparsamt med uppgifter om transport av farligt gods på berörd järnväg och nationell statistik blir mer tillförlitlig.

Trafikanalys sammanställer nationell statistik avseende transport av farligt gods på järnväg. Riskanalysen använder en andel på 5,5 % farligt gods av total godsmängd som dimensionerande värde. Statistiken för 2018 och 2019 är inte jämförbara med föregående år på grund av förändrade insamlings- och bearbetningsmetoder. I Tabell 5 redovisas indelningen i RID-klasser. Trafikanalys redovisar inga transporter av klass 1 (explosiva ämnen och föremål). För att ta hänsyn till de konsekvenser som kan uppstå vid olyckor med dessa ämnen uppskattas klass 1 utgöra 0,5 % av mängden farligt gods som transporteras. I riskanalysen används statistiken som inkluderar RID-klass 1.

Tabell 5. Sammanställning av nationell statistik för transport av farligt gods på järnväg 2018-2019⁷, utan och med justering för att inkludera RID-klass 1.

RID-klass	Trafikanalys	
	Järnväg 2018-2019 utan RID-klass 1	Järnväg 2018-2019 med 0,5 % RID-klass 1
Klass 1	0,0 %	0,5 %
Klass 2	32,1 %	31,9 %
Klass 3	31,8 %	31,7 %
Klass 4	2,2 %	2,2 %
Klass 5	14,1 %	14,1 %
Klass 6	1,4 %	1,4 %
Klass 7	0,0 %	0,0 %
Klass 8	18,1 %	18,0 %
Klass 9	0,1 %	0,1 %
Summa	100 %	100 %

C.2.2 Uppdelning inom respektive RID-klass

Utöver den uppdelningen i olika RID-klasser krävs kännedom om fördelningar inom respektive klass för att kunna göra korrekta beräkningar av risken. Exempelvis omfattar RID-klass 2 "gaser", vilka kan vara brandfarliga, giftiga eller sakna någon av dessa egenskaper. Likaså spelar det stor roll vilken av underklasserna 1.1-1.3 alternativt 1.4 som explosivämnena i RID-klass 1 tillhör. RID-klass 1.4 kan nämligen inte kan ge upphov till skador som påverkar omgivningen. Underlag redovisas i Tabell 6 och bygger på data från Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer⁸ då detaljerad regional statistik inte finns att tillgå.

⁷ Trafikanalys, Bantrafik 2019, Statistik 2020:19.

⁸ Länsstyrelsen i Skåne län, Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



Tabell 6. Uppdelning av farligt gods inom respektive RID-klass. Klass 4, 7, 8 och 9 redovisas inte i tabellen då det inte finns någon uppdelning i underklasser inom dessa huvudklasser.

RID-klass	Underklass	Andel inom RID-klass
1	Explosivt	25 %
	Övrigt ⁹	75 %
2	Giftigt	60 %
	Brandfarligt	10 %
	Övrigt ⁹	30 %
3	Brandfarligt, ej giftigt	75 %
	Brandfarligt och giftigt	8 %
	Övrigt ⁹	17 %
5	Explosivt	5 %
	Övrigt ⁹	95 %
6	Flytande	72 %
	Övrigt ⁹	28 %

C.3 Scenarier

Tabell 5 redovisar uppdelningen mellan olika RID-klasser. Utöver denna information krävs kännedom om "underklasser", sannolikhet för utsläpp och vilken typ av olycka som inträffar. Denna information finns redovisad i Tabell 6 och förtydligas nedan.

Explosivämnen (RID-klass 1)

Explosivämnen kan detonera pga. stötar i samband med olycka, vid värmepåverkan i samband med fordonsbrand eller pga. felaktiga förpackningar.

- ♦ Andel massexplosiva varor är 25 %.

Gaser (RID-klass 2)

Gaser delas in i tre huvudgrupper – de som är brännbara, de som är giftiga och de som inte utgör någon fara för omgivningen. För brännbara gaser gäller att ha kännedom om vilka olyckor som inträffar.

- ♦ Andelen giftiga gaser är 60 %.
- ♦ Andelen brännbara gaser är 10 %. Om utsläpp sker kan följande inträffa^{10,11,12}:
 - Ingen antändning, 30 %.
 - UVCE, 50 %.
 - BLEVE, 1 %.
 - Jetflamma, 19 %.

⁹ Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen.

¹⁰ Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993.

¹¹ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.

¹² Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001.



- ◆ Resterande andel utgörs av gaser som inte anses farliga, till exempel kvävgas samt olika inerta gaser.

Brandfarliga vätskor (RID-klass 3)

Brandfarliga vätskor delas in i tre grupper; brandfarliga, brandfarliga och giftiga samt brännbara. En brandfarlig vätska definieras med att den kan antändas under normala temperaturer (< 30°C). Diesel är ett exempel på en brännbar, men ej brandfarlig vätska då den inte kan antändas vid temperaturer < 55 °C. Beroende av om och när antändning sker samt om vätska är giftig eller inte sker olika olyckstyper.

- ◆ Andelen brandfarliga produkter utan giftiga egenskaper är 75 %. Följande olyckor beaktas^{10,11}:
 - Ingen antändning, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %
- ◆ Andelen brandfarliga produkter med giftiga egenskaper är 8 %. Följande olyckor beaktas^{10,11}:
 - Ingen antändning med resulterande giftmoln, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %

Oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID-klass 5) som kan orsaka explosion vid blandning med brännbara vätskor

Oxiderande ämnen i klass 5 utgör normalt ingen påtaglig risk för omgivningen. Under särskilda omständigheter kan en explosion inträffa, vilket sker om vissa typer av oxiderande ämnen blandas med brännbar vätska. De ämnen inom RID-klass 5 som kan leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider, vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider.

- ◆ Andelen oxiderande ämnen och organiska peroxider som kan orsaka explosion vid blandning med brännbar vätska är 5 %¹³.
- ◆ Det uppskattats att oxiderande ämne och brandfarlig vätska kommer i kontakt med varandra i 50 % av olyckorna och att det är en sannolikhet på 10 % att explosion sker efter kontakt¹⁴.

Giftiga ämnen (RID-klass 6)

Giftiga ämnen i klass 6 transporteras antingen i flytande eller fast form. Ämnen i fast form utgör normalt ingen akut påverkan på omgivningen.

- ◆ Andelen flytande giftiga ämnen är 72 %.

¹³ Uppgifter gällande andelen oxiderande ämne från en detaljerad kartläggning av farligt gods i Helsingborgs stad där andelen oxiderande ämne med riskfras R9 "Explosivt vid blandning med brännbart material" har uppskattats.

¹⁴ Riskanalysen i den fördjupade översiktsplanen för Göteborg använder en sannolikhet för explosion på 0,8 %, i jämförelse med 5,0 % som används i denna analys. Kunskapsunderlaget är litet och därför är det nödvändigt med konservativa antaganden.



Frätande ämnen (RID-klass 8)

Samtliga läckage av ämnen i klass 8 kan orsaka skada på omgivningen.

C.4 Olyckor på järnväg

C.4.1 Olycksfrekvens

Fredén¹⁵ har utvecklat en modell för att uppskatta frekvensen för tågurspårning och kollision. Modellen bygger på trafikintensiteten ofta uttryckt i antal vagnaxelkilometer, tåghastigheten och spårkvaliteten med mera. Betydelsefulla indata redovisas i Tabell 7 nedan. Dimensionerande tågtrafik redovisas i avsnitt B.1.

Tabell 7. Indata för beräkning av olycksfrekvens på järnväg.

Parameter	Basprognos 2040
Totalt antal tåg per år	20 075
Totalt antal vagnar per år	132 495
Totalt antal vagnaxlar per år	388 178

I genomsnitt deltar 3,5 vagnar i en urspårning och 5,5 % av vagnarna antas medföra farligt gods. Sannolikheten att en eller flera av dessa vagnar medför farligt gods är $1 - (1 - 0,055)^{3,5} = 18\%$.

I Tabell 8 sammanställs de olika olyckstyperna, intensitetsfaktorerna, exponering och frekvens per år enligt Fredéns modell¹⁵. Beräkningarna har utförts med antagandet att det sker en passage över en plankorsning (med bommar) på den studerade sträckan (planområdet ± 500 m).

Tabell 8. Beräkning av olycksfrekvens.

Olyckstyp	Intensitetsfaktor	Exponering	Frekvens/år
Rälsbrott	5,0E-11 / vagnaxelkm	388177,5	1,9E-05
Solkurva	1,0E-5 / spårkm	1	1,0E-05
Spårlägesfel	5,9E-10 / vagnaxelkm	388177,5	2,1E-04
Växel sliten	5,0E-10 / passage	0	0,0E+00
Vagnfel	3,1E-9 / vagnaxelkm	388177,5	1,2E-03
Lastförskjutning	4,0E-10 / vagnaxelkm	388177,5	1,6E-04
Annan orsak	5,7E-8 / tågkm	20075	1,1E-03
Okänd orsak	1,4E-7 / tågkm	20075	2,8E-03
Kollision i plankorsning	5,0E-8 / tågpassage	20075	1,0E-03

I Tabell 9 visas en sammanställning av olycksfrekvenserna.

Tabell 9. Sammanställning av olycksfrekvenser.

Olycksfrekvens per år	Basprognos 2040
Urspårning (total)	6,54E-03
Urspårning (resandetåg)	4,61E-03
Urspårning (godståg)	1,94E-03
Urspårning (godståg med farligt gods)	3,49E-04

C.4.2 Index för farligtgoodsolycka

¹⁵ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001.



Fredén anger ett index för farligt godsolycka på 0,3, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en järnvägsolycka inträffar när tåget framförs i den för banan eller fordonet högsta tillåtna hastigheten. Tjockväggiga tankar (RID-klass 2) har ett index för farligt godsolycka på 0,01.

Explosivämnen i RID-klass 1 kan inte hanteras på samma sätt som övrigt farligt gods. Detta beror på att sannolikheten för en detonation inte är direkt relaterad till det faktum att det sker en olycka där farligt gods läcker ut. Detonation av explosivämnen kan ske antingen genom vagnbrand, genom kollisionsvåld eller genom defekt material/förpackning. Statistik från Storbritannien visar på en frekvens för detonation på $1,1 \cdot 10^{-9}$ per vagnkilometer¹⁶.

C.4.3 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Informationen i avsnitt C.1.1 samt C.4.1-C.4.2 används för att beräkna frekvenserna för respektive scenario enligt nedanstående modell:

$$F_{\text{scenario}} = OF \cdot T \cdot N_{\text{ADR-X}} \cdot N_{\text{ADR-X.X}} \cdot I_{\text{FaGo-olycka}} \cdot P_{\text{konslADR-X.X}} \cdot K_{\text{riktn}}$$

där:

OF är olycksfrekvensen, se avsnitt C.4.1.

$N_{\text{ADR-X}}$ är andelen av farligt gods i huvudklass RID-klass 1–9, se avsnitt C.2.1.

$N_{\text{ADR-X.X}}$ är andelen inom respektive RID-klass, se avsnitt C.2.2.

$I_{\text{FaGo-olycka}}$ är index för farligt godsolycka, se avsnitt C.4.2.

$P_{\text{konslADR-X.X}}$ är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass, se avsnitt C.3.

K_{riktn} är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig, se avsnitt C.1.1.

I Tabell 10 sammanställs frekvensen för respektive scenario.

Tabell 10. Frekvenser per år för respektive scenario vid järnvägstransport.

Scenario	Basprognos 2040	Basprognos 2040 (andel)
Klass 1 detonation	6,0E-09	0,03%
Klass 2 BLEVE	1,1E-09	0,01%
Klass 2 jetflamma	1,4E-08	0,08%
Klass 2 UVCE	1,4E-08	0,08%
Klass 2 giftmoln	4,1E-08	0,23%
Klass 3 pölbrand (direkt)	5,5E-06	30,63%
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	2,8E-06	15,32%
Klass 3 giftmoln	1,1E-07	0,63%
Klass 5 detonation	3,7E-09	0,02%
Klass 6 giftmoln	6,6E-08	0,37%
Klass 8 frätskada	9,5E-06	52,60%
Summa:	1,8E-05	100%

¹⁶ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 10 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i bilaga D. Pölbränder vid utsläpp av RID-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för cirka 46 % av antalet olyckor och utsläpp av RID-klass 8 som kan ge frätskador i närområdet för cirka 53 %, vilka tillsammans utgör drygt 99 % av de tänkbara olyckorna.

D. Konsekvenser av olyckor med farligt gods

D.1 Beräkning av konsekvenser

I detta avsnitt redovisas de modeller som har använts för beräkning av olyckornas konsekvenser. Syftet med avsnittet är att visa vilka modeller som använts på en övergripande nivå. Huvudreferens för detta avsnitt är:

Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.

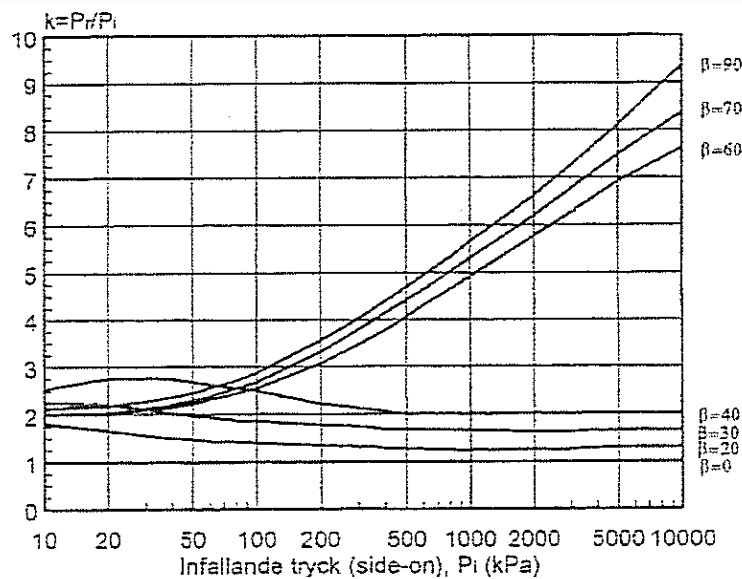
Om inget annat anges kommer beräkningsmetodik och ekvationer från ovanstående referens.

D.1.1 Detonation

Beräkning av tryckverkan vid detonation av explosivämne i RID-klass 1 och RID-klass 5 utförs enligt nedanstående metodik¹⁷:

- ◆ Inledningsvis beräknas laddningsvikten, vilken är en statistisk fördelning relaterat till förekommande transporter av farligt gods. Laddningsvikten ökas 1,8 gånger för att ta hänsyn till att explosionen sker nära mark (och ej fritt i luften).
- ◆ Det skalade avståndet ($r/Q^{1/3}$) beräknas där r är avståndet till laddningen och Q är den omräknade laddningsvikten.
- ◆ Med hjälp av information i Figur 6 kan det infallande fria trycket på ett givet avstånd beräknas. Det fria trycket används sedan för att uppskatta skador på människor och egendom.

¹⁷ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



Figur 6. Maximalt övertryck respektive kvot mellan reflekterat- och infallande tryck där $\beta = 90$ innebär vinkelrätt tryckinfall (dimensionerande värde).

D.1.2 Avdunstning

Massflödet vid avdunstning behöver bedömas för att kunna uppskatta effekterna av spridning i luft vid utsläpp av giftig brandfarlig vätska i RID-klass 3. Massflödet beror på karakteristiska för utsläppt ämne (ångtryck, densitet, molekylvikt), vind samt utsläppets area. Beräkningen av massflödet görs genom att utnyttja det dimensionslösa masstransporttalet B med ekvationer¹⁸ enligt nedan. Traditionellt används alternativa metoder inom andra ingenjörsciensdiscipliner, men jämförande beräkningar visar att de olika metoderna överensstämmer väl¹⁸. Nedanstående ekvationer gäller för vätskor vars kokpunkt är högre än omgivningens temperatur.

$$Y_{FW} = \frac{1}{\left[1 + \left[\left(\frac{p}{p_F} - 1\right)\left(\frac{M_{luft}}{M_F}\right)\right]\right]} \quad (1)$$

$$B = \frac{(Y_{E_s} - Y_{FW})}{(Y_{FW} - Y_{FR})} \quad (2)$$

$$Re = u \cdot D_{eq} / \nu \quad (3)$$

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr_{luft}^{1/3} \quad (4)$$

$$h = Nu \cdot k_{luft} / D_{eq} \quad (5)$$

$$Q'' = \frac{(h / C_{P_{luft}}) \cdot \ln(1 + B)}{1000} \quad (6)$$

$$Q = Q'' \cdot A \quad (7)$$

¹⁸ Andersson, B., *Introduktion till konsekvensberäkningar, några förenklade typfall*, Institutionen för Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1992.



$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (8)$$

där

Y_{FW} = Massfraktion bränsle vid ytan i gasfas.

Y_{E_e} = Massfraktion bränsle i luften ovanför bränsleytan.

Y_{FR} = Massfraktion bränsle i vätskepolen.

p = Lufttryck = 101,3 kPa.

p_F = Ångtryck för bränsle i kPa.

M_{luft} = Molekylvikt för luft = 28,85 g/mol.

M_F = Molekylvikt för bränsle i g/mol.

B = Dimensionslöst masstransporttal.

Re = Reynolds tal, dimensionslöst.

Nu = Nusselts tal, dimensionslöst.

Pr_{luft} = Prandtl's tal för luft, dimensionslöst = 0,71.

u = Vindhastighet, m/s.

D_{eq} = Pölens ekvivalenta diameter¹⁹, m.

A = Pölens area, m.

ν = Kinematisk viskositet för luft = $15,08 \cdot 10^{-6}$ m²/s.

h = Konvektivt värmeövergångstal, W/m²K.

k_{luft} = Konduktivitet för luft = 0,02568 W/mK.

Q'' = Massflöde från ytan, kg/m²s.

Q = Massflöde från ytan, kg/s.

$C_{P_{luft}}$ = Värmekapacitet för luft = 1 J/gK.

Det är även möjligt att beräkna hur lång tid det tar för hela pölen att förångas. Förångningshastigheten (massflödet) används sedan som indata till spridningsmodellen. Om den avdunstade vätskan antänds gäller inte denna modell, utan modellen för beräkning av konsekvensen av en pölbrand (se avsnitt D.1.7).

¹⁹ Den ekvivalenta diametern används för att skapa en cirkel med samma area som själva vätskepolen.



D.1.3 Utströmning av gas (i vätskefas)

Vid utsläpp av tryckkondenserade gaser krävs kännedom om källstyrka (kg/s) och den initiala spridningsmodellen vilken är en så kallad turbulent jet (fri cirkulär jet i medvind).

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{v_f}} \quad (9)$$

$$F = \frac{Q^2 v_f}{C_d A} \quad (10)$$

där,

Q = Massflödet, kg/s.

C_d = Kontraktionsfaktor för vätskeutströmning.

A = Hålstorlek, m².

P_0 = Tanktryck, Pa.

P_a = Atmosfärstryck, Pa.

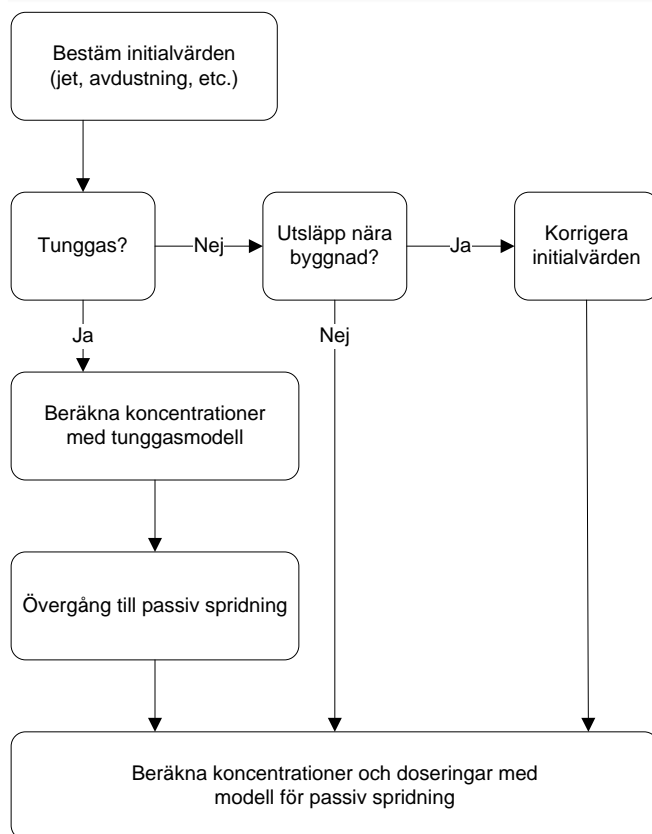
v_f = Specifik volym hos vätskefas, m³/kg.

F = Rörelsemängdsflöde i jetstråle, N.

D.1.4 Spridning i luft

Följande flödesschema²⁰ för utsläpp används för att uppskatta spridning i luft:

²⁰ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



Figur 7. Flödesschema²⁰ för kontinuerliga utsläpp.

D.1.4.1 Källmodell

Källmodellen kan antingen vara modellen för avdunstning i avsnitt D.1.2 eller modellen för bestämning av källstyrka vid utsläpp av tryckkondenserade gaser i avsnitt D.1.3.

D.1.4.1.1 Bestäm initialvärden

Värden för den initiala utspädningsprocessen²⁰ bestäms med följande ekvationer:

Avdunstning

= 0 i pölens kant uppströms i vindriktningen

$$\sigma_{y0} = 0,25 \cdot D_{eq} \quad (11)$$

$$\sigma_{z0} = 0,05 \cdot D_{eq} \quad (12)$$

där

σ_{y0}, σ_{z0} = Initiala utspädningskoefficienter i y- respektive z-led.

Tryckkondenserad gas

Utströmning av tryckkondenserad gas sker med en så kallad turbulent jet för vilken följande initiala dimensionsmått erhålls:

$$\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44R(x_{tr}) \quad (13)$$



D.1.4.1.2 Tunggas?

Nästa steg blir att avgöra om det finns ett tunggassteg eller inte vid beräkning av koncentrationer. Om tunggassteget inte existerar kan modellen för passiv spridning användas direkt. Tunggaseffekterna är försumbara när molnets tillväxt i sidled nått ner till samma värde som för passiv spridning. Detta kan uttryckas som ett avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet:

$$x \leq \frac{0,037L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35L_b^{1/2}} = x_{\max} \quad (14)$$

$$\sigma'_{yp} = \beta \left(\frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2} \quad (15)$$

$$L_b = g \left(1 - \frac{M_{luft}}{M_{F_{eff}}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a u^3} \quad (16)$$

$$M_{F_{eff}} = M_F \left[1 + \frac{c_{pg}(T_a - T_{g0})}{c_{pa}T_a} \right] \quad (17)$$

där

T_{g0} = Gasens temperatur före luftinblandning, K

Eftersom gasens temperatur innan inblandning av luft är densamma som efter luftinblandning är $M_{F_{eff}} = M_F$. Tunggasmodellen ska tillämpas i intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ varefter en övergång till modell för passiv spridning ska göras. Om x_{\max} är mindre än noll så ska tunggasmodellen överhuvudtaget inte användas.

D.1.4.1.3 Beräkning av koncentrationer med tunggasmodell

I intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ har plymen en maximal koncentration i vindriktningen enligt nedanstående ekvation.

$$X_{\max}(x) = X(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2 \cdot u} \quad (18)$$

$$K_r = \left(\frac{z_0}{z_{01}} \right)^{0,2} \quad (19)$$

där

X_{\max} = Maximal koncentration i vindriktningen, kg/m³.

K_r = Korrektionsfaktor för skrovlighet (ytråhet).

K_s = Korrektionsfaktor för atmosfärsstabilitet.

z_{01} = Referenslängd för skrovlighet (ytråhet) = 0,01 m.



Plymens bredd- och höjdmått beräknas med följande ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[\sigma_{y0}^{3/2} + 0,35L_b^{1/2}x \right]^{2/3} \quad (20)$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad (21)$$

där

$\sigma_y(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i y-led, m.

$\sigma_z(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i z-led, m.

D.1.4.1.4 Övergång till passiv spridning

Vid x_{\max} är inte längre tunggasmodellen tillämpbar. Plymen har då fått standardavvikelser enligt ekvationerna (20) och (21) med $x = x_{\max}$ och dessa värden på σ_y och σ_z används som initiala värden (σ_{y0} och σ_{z0}) i modellen för passiv spridning.

D.1.4.1.5 Beräkning av koncentrationer med modell för passiv spridning

För den passiva spridningsfasen rekommenderas en gaussisk spridningsmodell i stället för en mindre realistisk boxmodell. Spridningsmodellen ger koncentrationen av gas på ett givet avstånd från utsläppspunkten med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{2 \pi \sigma_y \sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (22)$$

där

$X(x, y, z)$ = Koncentrationen på avståndet x, y och z, kg/m³.

Q = Utsläppets källstyrka, kg/s.

σ_y, σ_z = Dispersionskoefficienter i sid- och höjddled

u = Vindhastigheten, m/s.

H = Utsläppets höjd, m

Dispersionskoefficienterna som styr spridning i sid- och höjddled beräknas enligt nedan.

$$\sigma_y = \frac{a_y(x + x_{y0})}{(1 + b_y(x + x_{y0}))^{\gamma_y}} K_{rp} K_{yt} \quad (23)$$

$$\sigma_z = \frac{a_z(x + x_{z0})}{(1 + b_z(x + x_{z0}))^{\gamma_z}} K_{rp} \quad (24)$$



där a , b , och γ är parametrar som beror på rådande stabilitet; x_{y0} och x_{z0} är avstånden till så kallade virtuella källor, det vill säga de koordinatförskjutningar som är nödvändiga för att plymen ska få rätt bredd och höjd initialt. K_{rp} anger en korrigering för underlagets skrovlighet och K_{yt} för samplingstidens (medelvärdesbildningstidens) påverkan på den horisontella spridningen. För bebyggt område är $K_{rp} = 1$ och K_{yt} antar ett värde på 1,0 då den önskade medelvärdesbildningstiden är densamma som medelvärdetiden (500 s).

Tabell 11. Konstanter för olika stabilitetsklasser.

Stabilitetsklass	a_y	b_y	γ_y	a_z	b_z	γ_z
A	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
B	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
C	0,22	0,0004	0,5	0,20	0	0
D	0,16	0,0004	0,5	0,14	0,0003	0,5
E	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5
F	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5

Nedanstående ekvationer används för beräkning av x_{y0} och x_{z0} .

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}}\right)^2 b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}}\right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2} \quad \text{för } \gamma_y = 0,5 \quad (25)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)}{a_z - b_z \left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)} \quad \text{för } \gamma_z = 1 \quad (26)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2} \quad \text{för } \gamma_z = 0,5 \quad (27)$$

$$x_{z0} = \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}a_z} \quad \text{för } \gamma_z = 0 \quad (28)$$

$$x_{z0} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}(\sqrt{2}-1)b_z}{a_z}} - 1}{2(\sqrt{2}-1)b_z} \quad \text{för } \gamma_z = -0,5 \quad (29)$$

σ_{y0} och σ_{z0} är de initiala dispersionskoefficienterna, vilka väljs utifrån riktlinjerna i avsnitt D.1.4.1.1

D.1.5 BLEVE



En BLEVE ger upphov till ett stort eldklot och beräknas med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$D = 6,48m^{0,325} \quad (30)$$

$$t_{BLEVE} = 0,825m^{0,26} \quad (31)$$

$$F_{21} = \frac{D^2}{4X^2} \quad (32)$$

$$\tau = 2,02(p_w X)^{-0,09} \quad (33)$$

$$q_r = \frac{X_E m \Delta h_c}{\pi D^2 t_{BLEVE}} \quad (34)$$

$$q_x = \tau q_r F_{21} \quad (35)$$

där

D = Eldklotets diameter, m.

m = Utsläppt massa brännbar vätska, kg.

t_{BLEVE} = Eldklotets varaktighet, s.

F_{21} = Synfaktor

X = Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.

τ = Andel av strålningen som transmitteras genom luften.

p_w = Vattens ångtryck, Pa

q_r = Avgiven strålning, kW/m².

X_E = Strålningsandel.

Δh_c = Förbränningsvärme, kJ/kg.

q_x = Mottagen strålning, kW/m².

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt D.2.3. Sedan har eldklotets radie lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

D.1.6 Jetflamma

Jetflamman är en "svetslåga" som uppkommer vid direkt antändning av en kondenserad brandfarlig gas. Följande ekvationer används för att beräkna riskavståndet vid en jetflamma.

$$R_{s,50} = 1,9t^{0,4}Q^{0,47} \quad (36)$$

där



- $R_{s,50}$ = Riskavstånd till 50 % dödlighet, m.
 t = Exponeringstid vid strålningspåverkan, s.
 Q = Utsläppets källstyrka, kg/s (se avsnitt D.1.3).

D.1.7 Pölbrand

Strålningen från en pölbrand kan beräknas med nedanstående ekvationer.

$$Q = m'' \Delta h_c A_p \quad (37)$$

$$q_r = X_e Q \quad (38)$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi X^2} \quad (39)$$

$$q_x = \tau q_r F_{12} \quad (40)$$

där:

- Q = Brandens effekt, kW.
 m'' = Förbränningshastighet per ytenhet, kg/s/m².
 Δh_c = Förbränningsvärme, kJ/kg.
 A_p = Pölens area, m².
 q_r = Avgiven strålning, kW/m².
 X_e = Strålningsandel.
 F_{12} = Synfaktor.
 X = Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
 q_x = Mottagen strålning, kW/m².
 τ = Andel av strålningen som transmitteras genom luften, se avsnitt D.1.5.

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt D.2.3. Sedan har pölens diameter lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

D.1.8 Stänk

Frätande ämnen kan orsaka svåra skador och dödsfall om det finns personer i tankens omedelbara närhet vilka får stänk över sig. Det finns inga kvantitativa modeller för att uppskatta effekterna av stänk med frätande vätska, utan det antas att människor som befinner sig inom 10 meter från tanken utsätts för dödliga skador.



D.2 Indata

D.2.1 Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden har betydelse när konsekvenserna av utsläpp av gaser (brännbara eller giftiga) ska bedömas. I Tabell 12 redovisas de värden som använts vid konsekvensberäkningarna.

Tabell 12. Dimensionerande väder- och vindförhållanden.

Stabilitetsklass	Sannolikhet	Vindhastighet (medelvärde)
Instabil	10 %	1,7 m/s
Neutral	50 %	4,4 m/s
Stabil	40 %	2,4 m/s

D.2.2 Ämnesspecifika data

I nedanstående tabeller ges väsentliga indata, vilka är de samma som använts i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer²¹. En förklaring till statistiska begrepp och sannolikhetsfördelningar ges i bilaga A.

Tabell 13. Generella indata till konsekvensberäkningarna.

Variabel	Enhet	Värde
Atmosfärstryck	[Pa]	101 325
Flödeskoefficient	[-]	Likformig (0,65;0,80)
Höjd på vätskepelare	[m]	Likformig (1,0;2,0)

Tabell 14. Fördelning av hålstorlek. Källstyrkan avser utsläpp av gasol.

Håltyp	Håldiameter	Källstyrka	Sannolikhet
Litet	10 mm	1 kg/s	62,5 %
Medel	30 mm	12 kg/s	20,8 %
Stort	110 mm	160 kg/s	16,7 %

Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från Räddningsverket²², medan de olika hålstorlekarna bygger på uppskattningar från bland annat Cox²³ och CPQRA²⁴.

Tabell 15. Ämnesspecifika indata.

Variabel	Enhet	Propylen-oxid	Dimetyl-sulfat	Svavel-dioxid	Gasol	Bensin
Molvikt	[g/mol]	58,1	126	64	76,53	
Densitet vätska	[kg/m ³]	830	1330	1460	605	750
Utsläppt mängd	[ton]	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
Förbränningsvärme	[kJ/kg]	34845	-	-	46000	45000
Strålningsandel	[-]	0,30	-	-	0,30	0,30
Ångtryck	[kPa]	60	0,067		833	

²¹ Länsstyrelsen i Skåne län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

²² Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

²³ Cox, A.W., Lees, F.P., Ang, M.L., *Classification of Hazardous Locations*, ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, Warwickshire 1990.

²⁴ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.



Kokpunkt	[°C]	34	188		
Tanktryck	[kPa]			230	535
Förbränningshastighet	[m/s]				0,0001
Förbränningshastighet	[kg/m ² /s]				0,048

Trotyl, vilket är det representativa ämnet för explosioner i klass 1 och klass 5 har ett värmevärde på 4,2 MJ/kg och den massa som deltar i explosionen är hämtad från HMSO²⁵ och antar en fördelning enligt Tabell 16 nedan.

Tabell 16. Massa som deltar i explosion i klass 1.

Massa, kg	Ack. sannolikhet	Massa, kg	Ack. sannolikhet
50	1,1 %	1 047	21,4 %
61	1,2 %	1 095	22,3 %
126	1,2 %	1 778	86,5 %
204	3,8 %	2 399	86,8 %
316	20,8 %	16 000	100,0 %
562	21,3 %		

Massan som deltar i explosionen är direkt relaterad till hur stor mängd bränsle som blandas med det oxiderande ämnet. Vid en olycka kan en tank med 25 ton oxiderande ämne kollidera med en vagn innehållande en stor mängd brandfarlig vätska. Den blandning som kan bildas motsvarar cirka 25 ton massexplösiv vara.

D.2.3 Skadekriterier

Risikanalyser berör skador på människor och de skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck som används redovisas i Tabell 17 nedan. Skadekriterierna representerar LC₅₀-värden, det vill säga den koncentration där 50 % av en population förväntas omkomma, vilka beräknats med probitfunktion för angiven exponeringstid.

Tabell 17. Skadekriterier för giftiga gaser, värmestrålning²⁶ och tryck.

Skadeverkan	Kritisk påverkan
Explosion – tryck ²⁵	260 kPa
Explosion – värmestrålning ²⁷	43 kW/m ²
Värmestrålning – BLEVE ²⁷	31 kW/m ²
Värmestrålning – brandfarliga varor ²⁷	14 kW/m ²
Toxicitet – giftig gas ²⁸	2 200 mg/m ³ (860 ppm)
Toxicitet – lättflyktig, giftig vätska ²⁹	4 900 mg/m ³ (2 000 ppm)
Toxicitet – giftig vätska ³⁰	186 mg/m ³ (35 ppm)

²⁵ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

²⁶ Strålningsnivåerna gäller oskyddad hud och någon skyddseffekt av kläder har inte tagits hänsyn till vid beräkning av skadekriterierna.

²⁷ Eldklotets varaktighet för explosion är cirka 7 sekunder och för BLEVE cirka 11 sekunder. För värmestrålning från pölbränder gäller en exponeringstid på 30 s. Beräkningar av kritisk strålning sker enligt metodik redovisas i "CPR 16E, *Methods for the determination of possible damage*. Committee for the prevention of disasters, The Netherlands, 1992".

²⁸ Representeras av svaveldioxid, 30 minuters exponering.

²⁹ Representeras av propylenoxid, 30 minuters exponering.

³⁰ Representeras av dimetylsulfat, 30 minuters exponering (TEEL-3).



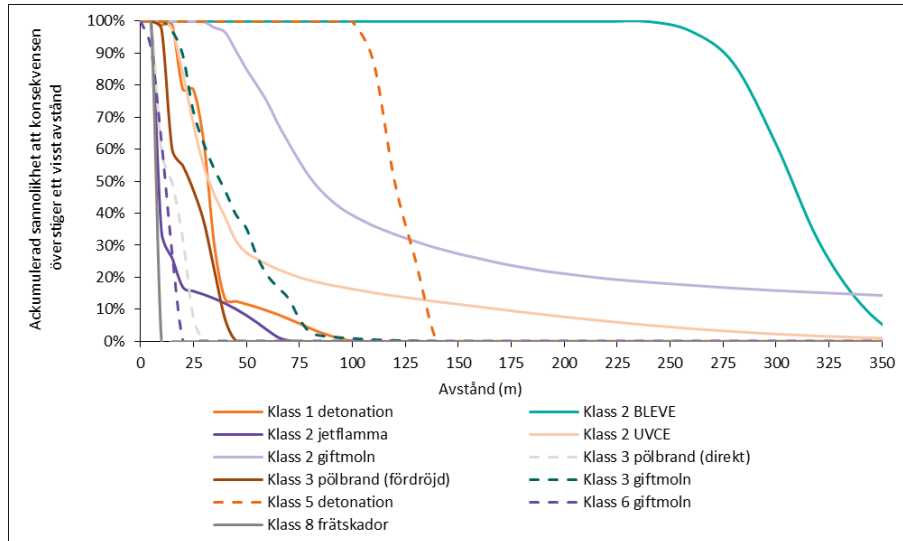
D.3 Resultat

Modeller, indata, skadekriterier samt väder- och vindförhållanden används för att beräkna konsekvensen av ett utsläpp. Konsekvensen antas inträffa i det område där koncentrationen, trycket eller värmestrålningen överskrider ett visst gränsvärde för dödlighet. Gränsvärdet för dödlighet bestäms av den påverkan som bedöms orsaka en dödlighet på 50 % av en population. För att avgöra vid vilket avstånd detta inträffar översätts 50 % dödlighet med hjälp av så kallade probitfunktioner till en fysikalisk parameter (toxisk koncentration (LC_{50}) eller kritisk värmestrålning).

Ytterligare en förenkling är nödvändig för att kunna genomföra beräkningarna. Det ansätts att inom området 100 till 50 % dödlighet omkommer alla människor och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Denna förenkling är nödvändig för att kunna ta fram de olika riskmått. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom riskområdet komma att överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt och följer principerna i CPQRA³¹. Ytterligare en nödvändig förenkling är att förutsätta att samtliga personer befinner sig oskyddade, i fri siktlinje med olycksplatsen. Då flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar.

D.3.1 Konsekvensområde, enbart skyddsavstånd

I Figur 8 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd.



Figur 8. Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar en fördelning av konsekvensområdet vid olyckor av en viss typ. Exempelvis ger en BLEVE alltid ett skadeutfall som överstiger 240 meter och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE när 340 meter eller längre.

³¹ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



Informationen i Figur 8 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar. I Tabell 18 redovisas dessa värden.

Tabell 18. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.

Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	40	80
Klass 2 BLEVE → brännskada	300	330
Klass 2 jetflamma → brännskada	5	60
Klass 2 UVCE → brännskada	30	240
Klass 2 giftmoln → förgiftning	90	1000
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	10	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	20	40
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	90
Klass 5 detonation → tryck	30	50
Klass 6 giftmoln → förgiftning	5	10
Klass 8 → frätskada	5	10

Syftet med Tabell 18 är endast att beskriva spridningen i konsekvensens utbredning på ett tydligare sätt. Störst avvikelse från medelvärdet (50 %) har olyckor som medför spridning till luft (UVCE och giftmoln). Detta beror på att koncentrationen i en given punkt kan variera mycket beroende på källstyrka, vindhastighet och atmosfärsförhållanden. I riskanalysmodellen används sannolikhetsfördelningen för respektive scenario, vilken redovisas i Tabell 19. Notera att en sannolikhetsfördelning är en typ av histogram som visar hur stor andel av utfallen som hamnar i ett speciellt intervall. Sannolikhetsfördelningen indikerar variabelns minimi-, maximi- och medelvärde på ett tydligt sätt.



Tabell 19. Sannolikhetsfördelning för respektive olycksscenario.

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (födröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,4%	-
10	1,2%	-	65,7%	-	-	40,8%	2,4%	-	-	29,8%	100,0%
15	0,0%	-	8,2%	1,0%	-	10,0%	37,5%	0,2%	-	34,3%	-
20	20,0%	-	9,1%	7,3%	-	16,9%	5,1%	1,5%	-	27,2%	-
25	0,2%	-	1,3%	19,2%	-	24,7%	7,6%	6,3%	-	0,3%	-
30	16,7%	-	1,1%	17,6%	-	7,6%	10,2%	4,8%	-	-	-
35	32,2%	-	1,3%	9,0%	-	0,0%	15,1%	6,1%	-	-	-
40	16,6%	-	1,5%	5,9%	-	-	15,1%	3,7%	-	-	-
45	0,6%	-	1,7%	6,7%	0,0%	-	6,7%	3,8%	-	-	-
50	0,9%	-	2,0%	4,2%	0,3%	-	0,2%	3,3%	-	-	-
55	1,0%	-	2,2%	2,5%	1,5%	-	-	4,2%	-	-	-
60	1,1%	-	2,5%	1,9%	1,2%	-	-	6,9%	-	-	-
65	1,2%	-	2,2%	1,6%	2,0%	-	-	7,1%	-	-	-
70	1,3%	-	1,0%	1,5%	3,7%	-	-	6,9%	-	-	-
75	1,3%	-	0,3%	1,2%	3,4%	-	-	5,7%	-	-	-
80	1,5%	-	0,0%	0,9%	2,7%	-	-	4,6%	-	-	-
85	1,4%	-	-	0,8%	2,9%	-	-	2,9%	-	-	-
90	1,2%	-	-	0,7%	2,3%	-	-	1,8%	-	-	-
95	0,7%	-	-	0,7%	2,0%	-	-	1,7%	-	-	-
100	0,7%	-	-	0,5%	2,1%	-	-	1,7%	-	-	-
110	0,2%	-	-	1,1%	4,2%	-	-	3,1%	12,5%	-	-
120	-	-	-	1,0%	3,1%	-	-	3,0%	37,5%	-	-
130	-	-	-	0,9%	3,8%	-	-	2,5%	25,0%	-	-
140	-	-	-	0,8%	3,2%	-	-	2,1%	25,0%	-	-
150	-	-	-	0,7%	3,3%	-	-	2,4%	-	-	-
160	-	-	-	0,7%	2,9%	-	-	3,1%	-	-	-
170	-	-	-	0,7%	4,2%	-	-	3,3%	-	-	-
180	-	-	-	0,8%	4,2%	-	-	3,0%	-	-	-
190	-	-	-	0,8%	4,1%	-	-	2,6%	-	-	-
200	-	-	-	0,8%	3,9%	-	-	1,6%	-	-	-
220	-	-	-	1,6%	6,6%	-	-	0,4%	-	-	-



Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
240	-	0,0%	-	1,3%	3,8%	-	-	-	-	-	-
260	-	3,0%	-	1,2%	1,7%	-	-	-	-	-	-
280	-	10,1%	-	0,9%	1,2%	-	-	-	-	-	-
300	-	25,4%	-	0,8%	1,0%	-	-	-	-	-	-
320	-	29,5%	-	0,6%	1,0%	-	-	-	-	-	-
340	-	20,1%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-	-
360	-	10,3%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-	-
380	-	1,5%	-	0,3%	0,9%	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	0,2%	0,9%	-	-	-	-	-	-



E. Frekvenser och konsekvenser för mekanisk skada vid urspårning

E.1 Frekvens för urspårning

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 20 visas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning. Det viktade värdet bygger på uppgifter i bilaga C där godståg står för cirka 30 % av urspårningarna.

Tabell 20. Avstånd från spår för urspårade vagnar (basprognosen)³².

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,5%	18,0%	2,3%	2,2%	0,0%
Godståg	70,3%	19,8%	5,5%	2,2%	2,2%
Viktat värde	75,4%	18,5%	3,2%	2,2%	0,7%

Enligt Tabell 20 varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg (se bilaga C) för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg.

E.2 Konsekvenser av urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25–30 meter, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom.

F. Risknivåer utmed transportleder för farligt gods

F.1 Modell för beräkning av individrisk

F.1.1 Beskrivning

Nedan följer en översiktlig beskrivning av den metodik som används för att kombinera frekvenser och konsekvenser till ett mått på individrisken.

Olyckor med farligt gods

Frekvenserna för respektive scenario finns angivna i bilaga C. Dessa frekvenser kombineras med sannolikhetsfördelningen för konsekvensens utbredning redovisad i bilaga D och sannolikheten att ett område påverkas från bilaga C. Beräkningsgången exemplifieras i avsnitt F.1.2 och F.1.3.

³² Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001



Urspårningsolyckor

För urspårningsolyckor används frekvensen för järnvägsolycka tillsammans med sannolikheten att ett område påverkas från bilaga C. Beräkningsgången är lika den som exemplifieras i avsnitt F.1.2 och F.1.3.

F.1.2 Sannolikheten att en olycka når en viss punkt som en funktion av avståndet från transportleden

I bilaga C redovisas sannolikhetsfördelningar för respektive olycksscenario och samt en faktor för att korrigera olycksfrekvensen per km till den faktiska påverkan på ett visst avstånd från transportleden. Denna information kombineras genom korsvis multiplikation för att ta kunna ta fram en sannolikhetsfördelning som en funktion av avståndet från transportleden. Nedan visas ett exempel på beräkning avseende transport av explosivämnen i RID-klass 1, se Figur 9.

De två översta matriserna hämtas ur bilaga D och C. Den nedersta matrisen skapas genom att multiplicera de med varandra. För överblickbarhetens skull redovisas endast studerade avstånd 0–120 meter. Naturligtvis sker den korsvisa multiplikationen för alla avstånd mellan 0 till 1000 meter som redovisas i tabellerna. Slutligen summeras värdena i respektive kolumn i den resulterande matrisen, vilket redovisas i tabellen nedan.



Klass 1, detonation		X	Olyckan					=	Olyckan					
Avstånd			när	0	5	10	15		20	när	0	5	10	15
0	0,0%		0	0,01	-	-	-	-	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	0,0%		5	0,02	0,02	-	-	-	5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	1,2%		10	0,03	0,03	0,02	-	-	10	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	0,0%		15	0,04	0,04	0,03	0,03	-	15	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	19,9%		20	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	20	0,8%	0,8%	0,7%	0,5%	0,0%
25	0,2%		25	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	25	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
30	16,8%		30	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	30	1,0%	1,0%	0,9%	0,9%	0,7%
35	32,0%		35	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	35	2,3%	2,2%	2,2%	2,0%	1,8%
40	16,6%		40	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	40	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%
45	0,7%		45	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	45	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
50	0,8%		50	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	50	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
55	1,0%		55	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	55	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
60	1,1%		60	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	60	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
65	1,2%		65	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	65	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
70	1,3%		70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	70	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
75	1,4%		75	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	75	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
80	1,5%		80	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	80	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
85	1,3%		85	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	85	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
90	1,2%		90	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	90	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
95	0,8%		95	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	95	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
100	0,7%		100	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	100	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
110	0,2%		110	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	110	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
120	0,0%		120	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	120	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Figur 9. Exempel på beräkning av sannolikhetsfördelning avseende transport av explosivämnen i RID-klass 1.



Tabell 21. Sannolikheten att en olycka på en sträcka av 1 km när ett visst avstånd från transportleden.

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
0	7,4%	63,6%	3,6%	13,2%	25,5%	3,5%	5,3%	16,6%	8,9%	25,2%	2,8%	2,0%
5	7,3%	63,6%	3,4%	13,2%	25,5%	3,3%	5,1%	16,6%	8,9%	25,2%	2,6%	1,7%
10	7,0%	63,6%	2,2%	12,9%	25,4%	2,4%	4,7%	16,5%	8,7%	25,2%	1,7%	0,0%
15	6,6%	63,5%	1,8%	12,6%	25,4%	1,8%	3,6%	16,2%	8,4%	25,1%	0,7%	0,0%
20	5,6%	63,5%	1,5%	11,9%	25,2%	1,1%	3,2%	15,9%	8,0%	24,9%	0,0%	0,0%
25	5,0%	63,4%	1,4%	10,8%	25,1%	0,3%	2,5%	15,3%	7,3%	24,7%	0,0%	0,0%
30	3,8%	63,3%	1,3%	9,9%	24,9%	0,0%	1,8%	14,7%	6,4%	24,5%	0,0%	0,0%
35	2,3%	63,2%	1,1%	9,3%	24,7%	0,0%	1,0%	14,1%	5,1%	24,3%	0,0%	0,0%
40	1,6%	63,1%	1,0%	8,8%	24,4%	0,0%	0,3%	13,5%	3,5%	23,9%	0,0%	0,0%
45	1,5%	63,0%	0,8%	8,3%	24,1%	0,0%	0,0%	12,9%	1,8%	23,6%	0,0%	0,0%
50	1,3%	62,7%	0,6%	8,0%	23,7%	0,0%	0,0%	12,2%	0,5%	23,2%	0,0%	0,0%
55	1,2%	62,7%	0,4%	7,7%	23,3%	0,0%	0,0%	11,5%	0,0%	22,7%	0,0%	0,0%
60	1,0%	62,5%	0,2%	7,5%	22,8%	0,0%	0,0%	10,6%	0,0%	22,2%	0,0%	0,0%
65	0,9%	62,3%	0,1%	7,2%	22,2%	0,0%	0,0%	9,8%	0,0%	21,6%	0,0%	0,0%
70	0,7%	62,0%	0,0%	7,0%	21,6%	0,0%	0,0%	9,0%	0,0%	21,0%	0,0%	0,0%
75	0,5%	61,8%	0,0%	6,8%	20,9%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	20,3%	0,0%	0,0%
80	0,4%	61,6%	0,0%	6,7%	20,3%	0,0%	0,0%	7,7%	0,0%	19,5%	0,0%	0,0%
85	0,2%	61,3%	0,0%	6,5%	19,7%	0,0%	0,0%	7,3%	0,0%	18,6%	0,0%	0,0%
90	0,1%	61,0%	0,0%	6,3%	19,2%	0,0%	0,0%	6,9%	0,0%	17,6%	0,0%	0,0%
95	0,1%	60,7%	0,0%	6,2%	18,6%	0,0%	0,0%	6,5%	0,0%	16,5%	0,0%	0,0%
100	0,0%	60,4%	0,0%	6,0%	18,0%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	15,2%	0,0%	0,0%
110	0,0%	59,7%	0,0%	5,7%	16,9%	0,0%	0,0%	5,4%	0,0%	11,4%	0,0%	0,0%
120	0,0%	58,9%	0,0%	5,4%	15,7%	0,0%	0,0%	4,7%	0,0%	6,1%	0,0%	0,0%
130	0,0%	58,0%	0,0%	5,1%	14,5%	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%
140	0,0%	57,1%	0,0%	4,8%	13,4%	0,0%	0,0%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
150	0,0%	56,0%	0,0%	4,5%	12,2%	0,0%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
160	0,0%	54,9%	0,0%	4,2%	11,0%	0,0%	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
170	0,0%	53,7%	0,0%	3,9%	9,8%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
180	0,0%	52,3%	0,0%	3,6%	8,6%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
190	0,0%	50,9%	0,0%	3,3%	7,5%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
200	0,0%	49,3%	0,0%	3,0%	6,5%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



F.1.3 Beräkning av individrisk

Individrisken beräknas med en upplösning om 5 meter, det vill säga beräknas var femte meter från spårmittpunkt genom att multiplicera olycksfrekvensen för en olycka med en viss RID-klass med sannolikheten för att en olycka sker på en sträcka av 1 km när ett visst avstånd. För att ta fram den sammanlagda individrisken adderas slutligen individrisken för vart olycksscenario på alla studerade avstånd och ritas ut i ett individrisk-diagram, se avsnitt 5 i huvudrapporten.

Nedan presenteras ett exempel på hur individriskberäkningar för ett enskilt scenario, *detonation av explosivt ämne i RID-klass 1*, kan se ut givet att olycksfrekvensen för scenariot 6×10^{-9} per kilometer och år. Denna frekvens multipliceras med sannolikheten för att konsekvensen från olyckan ska nå det studerade avståndet för att få fram individrisken i punkten från vart scenario.

Tabell 22. Beräkning av individrisk för transport av explosiva ämnen i RID-klass 1.

Avstånd, m	Sannolikhet att konsekvensen når ett visst avstånd	
	vid olycka på en sträcka av 1 km	Järnväg
0	0,077	4,6E-10
10	0,074	4,4E-10
20	0,061	3,7E-10
30	0,044	2,6E-10
40	0,017	1,0E-10
50	0,014	8,4E-11
60	0,011	6,6E-11
70	0,008	4,8E-11
80	0,004	2,4E-11
90	0,002	1,2E-11
100	0,0003	1,8E-12

F.2 Modell för beräkning av samhällsrisk

Beräkningar av samhällsrisk syftar till att försöka uppskatta skadeutfallet när en olycka väl inträffar. Skadeutfallet styrs av vilket scenario som inträffar samt hur många människor som befinner sig utomhus i anslutning till olyckan vid den aktuella tidpunkten.

Samhällsriskberäkningarna kan inte göras med sådan precision att de visar på faktisk risk, utan de måste göras schablonmässigt utifrån ett antal givna förutsättningar.

F.2.1 Indata

Modellen för beräkning av samhällsrisk är uppbyggd med en iterativ process där statistiska fördelningar används för att ta fram skadeutfallet för tänkbara olyckor. Modellen bygger på följande huvudsakliga indata.

Befolkningstäthet

Befolkningstätheten utmed transportleden har angivits vara 1 500 personer/km². När befolkningstätheten är känd krävs information om hur många människor som vistas utomhus under dagtid respektive på natten. En holländsk vägledning anger att 93 % befinner sig



inomhus under dagtid och 99 % är inomhus på natten³³. Dagtid antas råda mellan 08:00-18:30 och natt mellan 18:30-08:00. Dessa värden bedöms vara relevanta även för planområdet.

Påverkansområde

Kännedom om olyckornas utbredning i form av statistiska fördelningar används för att bestämma hur stor yta som olyckan påverkar. Det finns tre olika typer av påverkansområde:

- ◆ Cirkulär utbredning, till exempel bränder och explosioner.
- ◆ Konformad utbredning, till exempel utsläpp av giftig gas.
- ◆ Rektangulär utbredning vid urspårning.

Påverkansområdet (m^2) vid cirkulär utbredning bestäms genom att använda olyckans utbredning som radie och därefter beräkna den yta ($A = \Pi r^2$) som påverkas. Om det finns ett bebyggelsefritt område ska beräknat påverkansområde minskas med ytan som detta område upptar. Vid konformad utbredning beräknas konsekvensområdet på liknande sätt efter kännedom om spridningsvinkeln³⁴ ($A = \varphi \Pi r^2$).

F.2.2 Beräkning av samhällsrisk

Beräkningen av samhällsrisk sker med hjälp av statistisk simulering där värden slumpas fram från de fördelningar som representerar indata till modellen. Modellen består av ett antal "frågor", vilka besvaras med hjälp av de fördelningar som beskriver indata, se Tabell 23. En iteration består av att samtliga frågor i Tabell 23 besvaras.

Tabell 23. Modell för beräkning av samhällsrisk.

Fråga	Svarsalternativ	Kommentar
Vilken tidpunkt?	Dag Natt	Bestämmer hur många människor som är utomhus. Se bilaga F.
Vilket scenario?	Urspårning Klass 1 detonation Klass 2 BLEVE Klass 2 jetflamma Klass 2 UVCE Klass 2 giftmoln Klass 3 pölbrand (direkt) Klass 3 pölbrand (fördröjd) Klass 3 giftmoln Klass 5 detonation Klass 6 giftmoln Klass 8 förgiftning	Se bilaga C för information om frekvenser.
Riskområde?	0 - 1 000 m	Bestämmer hur långt från olycksplatsen som dödsfall kan inträffa. Information finns i bilaga D.
Påverkansområde?	Cirkulärt Konformat	Avgör hur stor yta som påverkas av olyckan. Se bilaga F.

³³ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

³⁴ Mer information om spridningsvinkeln (φ) finns i bilaga C.



Fråga	Svarsalternativ	Kommentar
	Rektangulärt	

Efter en iteration finns således information om hur befolkningstätheten i anslutning till olyckan samt hur stort påverkansområde som olyckan har. Därmed är det möjligt att beräkna antalet omkomna med följande uttryck.

$$\text{Antal döda} = \text{Befolkningstäthet (pers / km}^2\text{)} \cdot \text{Påverkansområde (km}^2\text{)}$$

Antalet iterationer (upprepningar) är högt (1 000 000) för att säkerställa att alla möjliga kombinationer av olycksscenarioer, tidpunkter och olycksplacering kommer med i resultatet. För varje iteration sparas information om "antal döda" och när simuleringen är klar kan en statistisk fördelning för antalet döda tas fram. Denna fördelning används sedan tillsammans med frekvensen för olycka för att plotta en så kallad FN-kurva.

Notera att varje gång som påverkansområdet antar ett positivt värde, det vill säga då riskområdet är större än det bebyggelsefria avståndet antas att minst 1 människa omkommer. Konsekvensen (antal döda) avrundas alltid uppåt till närmsta heltal. Detta ger en viss överskattning av samhällsriskerna för $N = 1$, men samtidigt finns det inget enkelt sätt att avgöra om det finns minst en människa i påverkansområdet. Därför måste det förutsättas att så är fallet.

Samtliga personer som vistas utomhus inom påverkansområdet antas omkomma. För personer som befinner sig inomhus omkommer en viss andel av personerna. I Tabell 24 redovisas de bedömningar som använts för att uppskatta andelen omkomna inomhus^{35,36}.

Tabell 24. Andel av personer inomhus som omkommer vid viss skadeverkan.

Skadeverkan	Andel inomhus som omkommer
Urspårning	50 %
Tryckskada	50 %
Brännskada (pölbrand)	0 %
Brännskada (övrigt)	5 %
Förgiftning	10 %
Frätskada	0 %

Samhällsriskberäkningar utförs utan hänsyn till andra säkerhetskänsliga åtgärder än själva skyddsavståndet.

G. Känslighetsanalys

Riskanalysen utförs med en analysteknik som bygger på en omfattande och detaljerad hantering av den variation och osäkerhet som kan förknippas med riskbedömningar. Metodiken följer det arbetssätt som använts för underlaget till Länsstyrelsens i Skåne läns

³⁵ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

³⁶ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilagor 1-5. 1997.



riktlinjer (RIKTSAM)³⁷ och i de fall där specifika indata saknas har värden, fördelningar och annan betydelsefull information hämtats från RIKTSAM.

G.1 Olycksfrekvenser

G.1.1 Trafikeringsalternativ

Riskbedömningen utgår från basprognosen för år 2040. Basprognosen är den trafikering som Trafikverket utgår från i bland annat kapacitetsbedömningar. Någon ytterligare ökning bedöms inte vara motiverad.

G.1.2 Uppdelning i olika RID-klasser

Det finns olika källor som kan användas för att kartlägga transporter av farligt gods. Den första källan är nationell statistik som publiceras årligen och den andra källan är en undersökning som gjorts av Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) för det 4:e kvartalet år 1998 samt september månad 2006. Kartläggningarna av Räddningsverket bedöms ha för svag precision för att kunna användas i riskbedömningen. Därför använder riskanalysen nationell statistik för att dela upp det farliga godset i olika RID-klasser.

För att kunna bedöma risknivåerna krävs ytterligare information om fördelning av farligt gods inom respektive RID-klass. Det är exempelvis nödvändigt att känna till andelen massexplosiva varor, andelen giftiga och brandfarliga gaser. Denna information finns inte dokumenterad i några källor, utan riskanalysen bygger på den uppdelning som finns redovisad i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer.

G.2 Konsekvenser av olyckor med farligt gods

G.2.1 Beräkningsmodeller

Modellerna som används för att beräkna konsekvenser av olyckor bygger i huvudsak på information som finns tillgänglig i den så kallade FOA-handboken³⁸. I stort är det samma modeller som Länsstyrelsen i Skåne läns "RIKTSAM"³⁹ bygger på, med undantag av vissa förbättringar. Bland annat modelleras utsläpp av giftiga gaser med både jet- och tunggassteg, vilket RIKTSAM inte gör. Detta ger mer realistiska (och längre) konsekvensområden i föreliggande riskanalys.

G.2.2 Indata

Val av indata har stor betydelse för konsekvensberäkningarna och i många fall är indata förknippade med stor variation eller osäkerhet. Indata där variationen spelar roll är exempelvis väder- och vindförhållanden och indata som är förknippad med stor osäkerhet är till exempel hålstorlek vid utsläpp.

³⁷ Länsstyrelsen i Skåne län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

³⁸ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

³⁹ Länsstyrelsen i Skåne län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden baseras på generisk statistik för Sverige. Statistiken gör det möjligt att ta fram diskreta sannolikhetsfördelningar för atmosfärens stabilitet och kontinuerliga fördelningar för vindhastigheten för respektive stabilitetsklass.

Generella indata och ämnesspecifika uppgifter

Exempel på generella indata är flödeskoefficienter och höjd på vätskepelare (i tanken), samt de hålstorlekar som kan uppkomma vid en olycka. Hålstorlekarna är de samma som i RIKTSAM, med sannolikheter från VTI⁴⁰:

- ♦ Litet hål (62,5 %), 10 mm diameter, 1 kg/s.
- ♦ Medelstort hål (20,8 %), 30 mm diameter, 12 kg/s.
- ♦ Stort hål (16,7 %), 110 mm diameter, 160 kg/s.

Dessa hålstorlekar är betydligt större än de som redovisas av Räddningsverket⁴¹ där håldiametrar på 3, 9 respektive 31 mm används, vilket ger källstyrkor på 0,1–20 kg/s. En brittisk studie⁴² använder 2 respektive 35 kg/s i sina beräkningar.

Konsekvensområdet för pölbränder bestäms i huvudsak av antagen hålstorlek och till viss del av antagen strålningsandel. Hålstorleken har drygt 5 gånger så stor påverkan på resultatet i jämförelse med strålningsandelen.

Det är tre variabler som har störst betydelse för konsekvensområdet för gasutsläpp som driver i väg med vinden – hålstorleken, vindhastigheten och stabilitetsklassen. Variablernas inbördes betydelse är 6,5 - 1,6 - 1, vilket innebär att det är hålstorleken som dominerar konsekvensområdets storlek. Kunskapsunderlaget för val av källstyrkor är sparsamt, men valda värden är konservativa i förhållande till andra modeller och riktlinjer.

Skadekriterier

Riskanalysen berör skador på människor och använder olika skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck. Konsekvensområdet bestäms av avståndet från utsläppskällan till en punkt där en dödlighet på 50 % inträffar. En förenkling som görs i enlighet med metodik redovisad i CPQRA⁴³ är att anta att alla människor omkommer inom området 100 till 50 % dödlighet och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom konsekvensområdet överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt.

Den exponering som ger 50 % dödlighet kallas även för LC₅₀-värde. LC₅₀-värdet kan bestämmas med kännedom om exponering och tid. CPR 18E⁴⁴ har använts som inspiration

⁴⁰ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, rapport nr 387:4, 1994.

⁴¹ Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, 1996.

⁴² HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

⁴³ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

⁴⁴ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.



för de exponeringstider som används, vilka är 30 minuter för giftig gas och 30 sekunder för brännskada.

G.3 Slutsatser

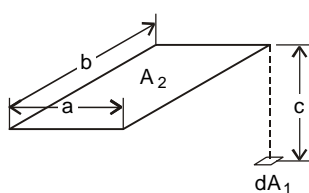
De variabler som påverkar riskbedömningen mest är utsläppets källstyrka (hålstorlek), vindhastighet och atmosfärens stabilitet. De två sistnämnda variablerna har bestämts med hjälp av generell väderstatistik och bedöms vara robusta i sammanhanget. Källstyrkan bygger på antaganden med ett relativt begränsat kunskapsunderlag. I föreliggande riskanalys används dock källstyrkor som klart överstiger värden som går att finna i andra vägledning och rekommendationer. Rekommendationerna i rapporten bedöms vara tillräckligt robusta inte nödvändiga att justera.

H. Säkerhetshöjande åtgärder

H.1 Skydd mot brandspridning

En pölbrand uppkommer vid utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor. Strålningsvärmen från dessa bränder är intensiv samtidigt som den avtar exponentiellt med avståndet. strålningsnivån ska understiga det värde på 14 kW/m² som ger upphov till 2:a gradens brännskador respektive det värde på 15 kW/m² som ger brandspridning till byggnader⁴⁵.

För att kunna bedöma på vilket avstånd som det finns risk för brandspridning görs beräkningar av värmestrålning för en dimensionerande pölbrand⁴⁶ på 200 m², vilket ger en flamma som är 21 meter hög och 16 meter bred. Utgående strålning från branden är 43 kW/m² och för att brandspridning/brännskador inte ska ske måste synfaktorn understiga 0,33. Synfaktorn understiger detta värde på cirka 15 meters avstånd från branden. Beräkningarna redovisas nedan och gäller för motstående ytor (fasader parallella med spårområdet). Notera att avståndet (c) är det som söks för att synfaktorn (F_{d1-2}) inte ska överstiga 0,33.



$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{a^2 + c^2}} \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{a^2 + c^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{b^2 + c^2}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{b^2 + c^2}} \right) \right]$$

$$a/2 = 8 \text{ m}$$

$$b/2 = 10,5 \text{ m}$$

$$c = 15 \text{ m}$$

$$4 \times F_{d1-2} = 4 \times 0,079 = 0,32$$

Beräkningarna ovan visar att ett skyddsavstånd på 15 meter är tillräckligt för att undvika brandspridning och brännskador. Men, då avståndet ska mätas från pölens närmaste kant mot byggnaden uppstår några osäkerheter. Det är rimligt att anta att pölen breder ut sig mot

⁴⁵ Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av brandskydd i byggnader, BBRAD3, BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12.

⁴⁶ Brandens yta på 200 m² motsvarar ytan som ett stort läckage av en hel tank, cirka 20 m³, resulterar i. Kolväten brinner med en förbränningshastighet på 0,1 kg/m²s, vilket ger en effektutveckling på cirka 370 MW för en pöl på 200 m².



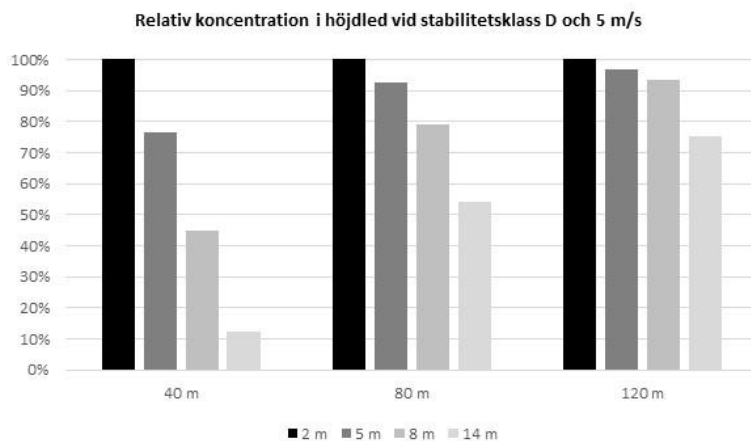
planområdet och dess diameter är i storleksordningen 10 till 20 meter. Om byggnader inom 30 meter från transportleden skyddas mot brandspridning fås ett skydd som är tillfredsställande i de allra flest fall.

H.2 Högt placerade luftintag

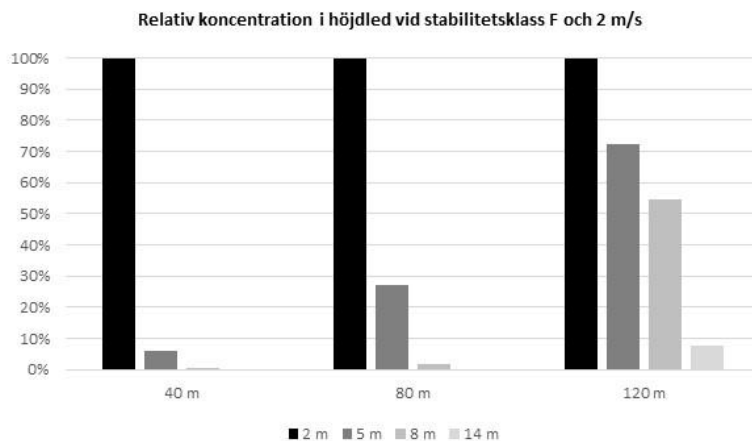
Många av de giftiga gaser som transporteras är så kallade tunga gaser, vilket betyder att de har högre densitet än den omgivande luften och sprider ut sig längs marknivån. Efterhand som att gasmolnet blandas upp med luft minskar densiteten och till slut är densitetsskillnaden mellan omgivande luft och molnet försumbar. I avsnitt D.1.4 beskrivs flödesschemat för spridning i luft. Det så kallade tunggassteget har i 90 % av fallen en räckvidd på mindre än 200 meter, vilket medför att en säkerhetshöjande åtgärd som högt placerade luftintag i teorin kan vara effektiv för att minska hur mycket gas som kommer in i en byggnad.

Med hjälp av modellen "Spridning Luft", version 1.4.3 tillgänglig via programpaketet RIB som ges ut av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, undersöks hur koncentrationen varierar i höjdlängd på tre avstånd (40, 80 samt 120 meter från utsläppspunkten). Tre olika höjder studeras (2, 8 och 14 meter ovan mark), vilka är representativa för byggnader med varierande våningsantal. Beräkningarna utförs för stabilitetsklass D och en vindhastighet på 5 m/s samt för stabilitetsklass F och en vindhastighet på 2 m/s. Gasen utgörs av svaveldioxid och källstyrkan 4,0 kg/s motsvarar ett rörbrott.

Resultatet redovisas i Figur 10 och Figur 11 där koncentrationen 2 meter ovan mark utgör ett referensfall och det värde som övriga resultat normeras mot. Ett värde större än 100 % innebär att koncentrationen på den studerade höjden är högre än den för referensfallet och ett värde på mindre än 100 % innebär att koncentrationen är lägre än referensfallet.



Figur 10. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass D och 5 m/s.



Figur 11. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass F och 2 m/s.

Båda figurerna visar att högt placerade luftintag skulle ge en påtaglig minskning av koncentrationen inomhus vid ett utsläpp med giftig gas. Effekten blir större ju närmre utsläppspunkten som byggnaden är placerad och ju högre luftintaget är placerat. Men, det är framför allt aktuella väder- och vindförhållanden som styr. Vid stabil skiktning så trycks gasmolnet ner mot marken av den ovanliggande luften, vilket ger mindre utblandning i höjded. För detta fall har luftintagets placering mycket stor betydelse inom hela riskhanteringsområdet. Sammanfattningsvis ger en placering av luftintag på cirka 8 meters höjd ovan mark möjlighet till en påtaglig riskminskning.