

Riskbedömning

Detaljplan Padelhall Oxelö 7:40, Oxelösunds kommun

Slutgiltig handling



Beställare: Oxelösunds kommun

Beställarens namn: Christoffer Karlström

Konsultbolag: Structor Riskbyrå AB

Uppdragsnamn: Riskbedömning – Detaljplan Padelhall Oxelö 7:40

Uppdragsnummer: 1147–101

Datum: 2021-05-10

Uppdragsledare: Lisa Zamani

Handläggare/utredare: Kajsa Jakobsson

Granskare: Joel Omran

Status: Slutgiltig handling

INNEHÅLL

1. Inledning	4
1.1. Syfte och mål.....	4
1.2. Avgränsningar	4
2. Områdesbeskrivning	5
3. Kravbild och riktlinjer	7
3.1. Kravbild riskhantering.....	7
4. Metod och genomförande	8
4.1. Riskidentifiering	8
4.2. Riskanalys och riskvärdering.....	9
4.3. Riskreducerande åtgärder	10
5. Riskidentifiering	11
5.1. Riskkälla – Järnväg	11
5.2. Riskkälla – Drivmedelsstation	12
5.3. Övriga riskkällor.....	13
5.4. Skyddsvärt.....	13
5.5. Identifierade händelser och olycksscenarier	13
6. Riskanalys	14
6.1. Individrisk.....	14
6.2. Osäkerheter och känslighetsanalys	15
7. Riskvärdering och åtgärder	17
7.1. Riskvärdering	17
7.2. Riskreducerande åtgärder	18
8. Slutsats	21
Referenser	22
Bilaga A - frekvensberäkningar för olycka med farligt gods på järnväg – indata och metod	2
Bilaga B – Frekvensberäkningar för olycka med transport av farligt gods på väg – indata och metod	5
Bilaga C - Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods	7
Bilaga D - Riskuppskattningar för pölbrand	13
Bilaga E – Beräkning av risknivåer för olycka med transport av farligt gods	19
Referenser	23

1. INLEDNING

Structor Riskbyrån har fått i uppdrag av Oxelösunds kommun att inför beslut om utformningen av en padelhall på fastighet Oxelö 7:40, ta fram en riskbedömning för den aktuella detaljplanen med avseende på hur s.k. tekniska olycksrisker påverkar människor.

1.1. Syfte och mål

Syftet med uppdraget är att utreda lämpligheten med föreslagen markanvändning, som innebär en etablering av en padelhall och tillhörande gym, ur ett olycksriskperspektiv med avseende på människors hälsa och säkerhet.

Målet med utredningen är att visa på eventuell olyckspåverkan på planerad etablering på fastigheten Oxelö 7:40 genom att beräkna individrisknivåer vid den nya hallen, samt vid behov föreslå riskreducerande åtgärder.

1.2. Avgränsningar

Uppdraget är avgränsat till att behandla tekniska olycksrisker såsom olyckor kopplade till transporter av farligt gods med en direkt påverkan på människors hälsa och säkerhet. Eventuella hälsoeffekter till följd av långvarig exponering behandlas inte (t.ex. buller, elektromagnetisk strålning och avgaser). Hänsyn tas inte heller till suicidrisker, trygghetsfrågor eller klimatrelaterade risker.

I omgivningen kring det studerade området är det en låg persontäthet och den tillkommande etablering antas inte medföra så stor ökning av persontätheten i området. På grund av detta anses inte beräkningar av samhällsrisk vara relevanta för att avgöra om detaljplanen är lämplig, utan utredningen är avgränsad till att endast bedöma riskerna ur ett individriskperspektiv.

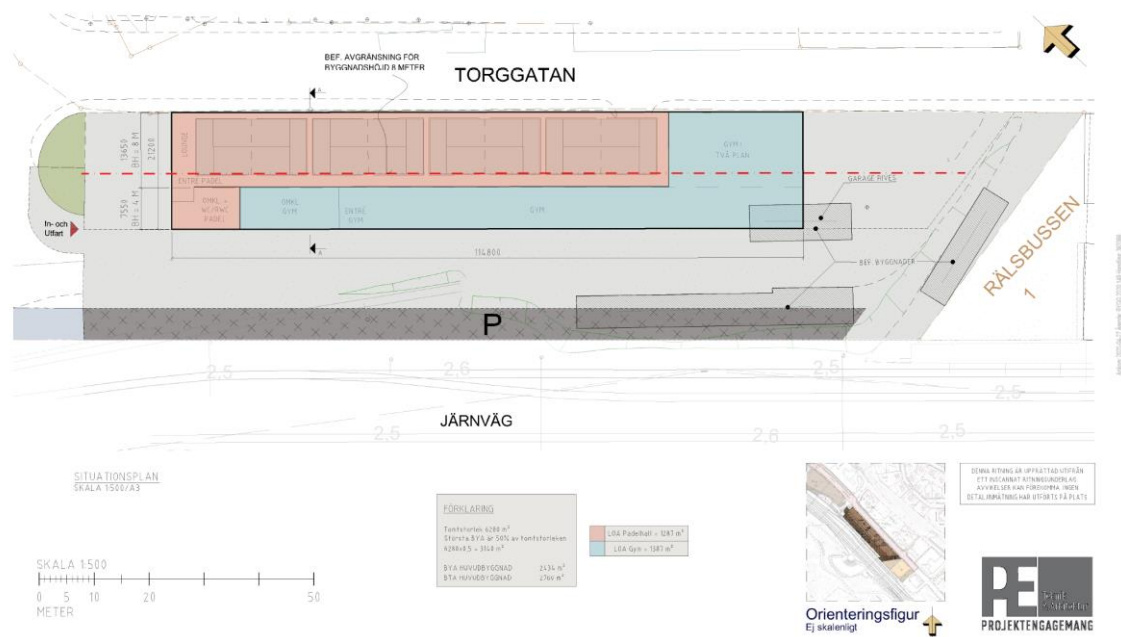
2. OMRÅDESBESKRIVNING

Det aktuella planområdet är lokaliserat i centrala Oxelösund och angränsar till TGOJ-banan (Trafikaktiebolaget Grängesberg-Oxelösunds Järnvägar) i söder. I norr gränsar planområdet till Torggatan, se Figur 1. Just norr om planområdet återfinns en drivmedelsstation. Gällande detaljplan tillåter handel, kontor och hantverk. Därtill anger gällande planbeskrivning att bebyggelsen ska ge förutsättningar för ett mer slutet gaturum samt bidra till en mer levande centrumgata genom att verksamheternas många fönster och entréer är riktade ut mot gatan.



Figur 1. Karta över planområdet, markerat med orange. Röd cirkel markerar drivmedelsstationen. (Eniro.se)

Oxelösunds kommun har för avsikt att sälja marken till en exploatör som vill uppföra en padelhall med tillhörande gym inom området, vilket innebär att detaljplanen behöver kompletteras med markanvändning för idrottsändamål. Ett tidigare förslag på placering av byggnader återfinns i Figur 2.



Figur 2. Situationsplan för planområdet,

Då den i Figur 2 föreslagna placeringen av bebyggelsen inte bedöms uppfylla den underliggande detaljplanens syfte att skapa en mer levande gata med entréer och fönster mot Torggatan har ett förslag lyfts fram som innebär att gymmet förläggs längs med Torggatan och att padelbanorna tvärställs mellan gym och järnväg. Denna utformning innebär ett minsta avstånd mellan bebyggelse och järnväg på cirka 10–12 meter. Detta kan jämföras med 25 meter enligt det ursprungliga förslaget som redovisas i Figur 2. Spåret närmast planområdet är ett stickspår från de övriga spåren som kommer tas ur bruk vilket medför att vidare beräkningar och diskussioner är utifrån det närmsta trafikerade spåret. Uppdaterad version av utformningen kommer att tas fram efter denna utredning för att ha möjlighet att anpassa utformningen utifrån riskbilden.

3. KRAVBILD OCH RIKTLINJER

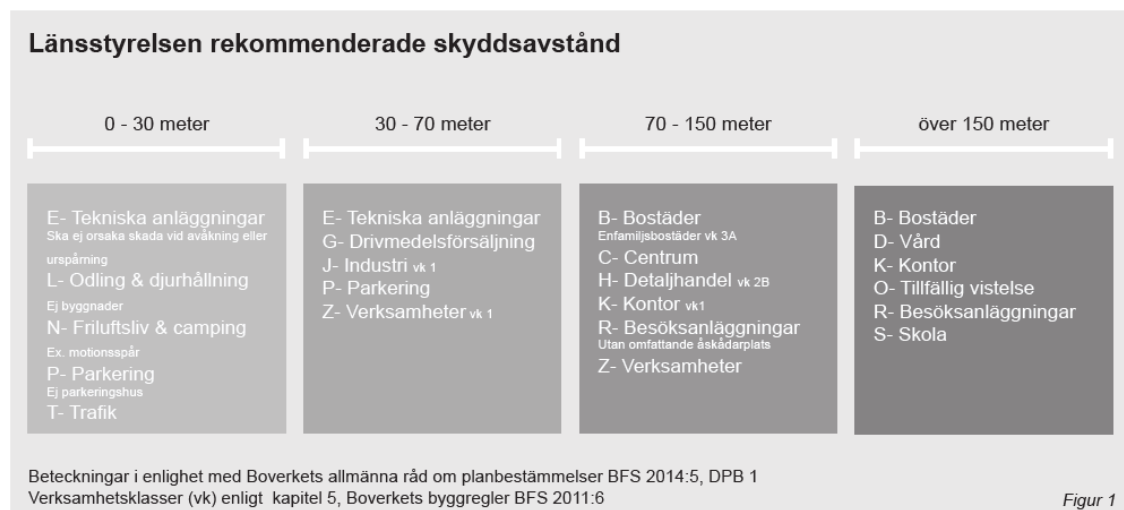
I detta kapitel beskrivs kravbild och rekommendationer för fysisk planering och markanvändning.

3.1. Kravbild riskhantering

Att beakta olycksrisker i de avvägningar som görs vid fysisk planering bottnar i krav i Plan- och bygglagen¹ och Miljöbalken². Kraven innebär att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bl.a. människors hälsa och säkerhet samt risken för olyckor, översvämning och erosion. I detta avsnitt redovisas krav och riktlinjer kopplat till transporter med farligt gods.

Länsstyrelsen Södermanlands län

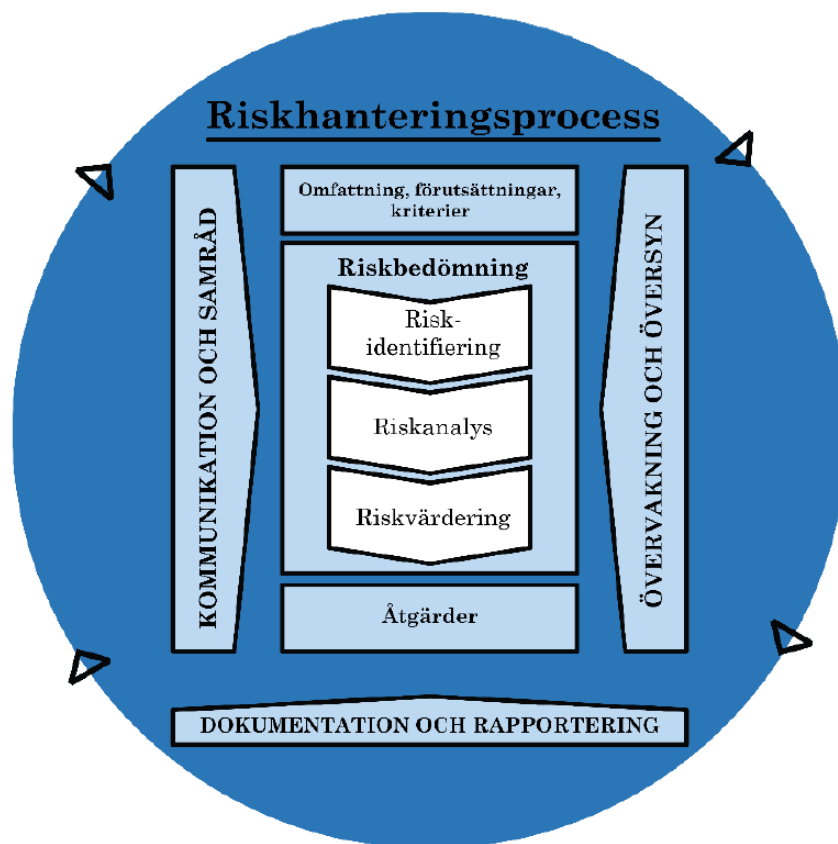
Riskbedömningen avser att uppfylla de krav på riskhantering som Länsstyrelsen Södermanlands län ställer i sin vägledning³. Vägledningen innebär att en riskhanteringsprocess ska genomföras när detaljplaner tas fram inom 150 meter från en transportled för farligt gods på väg och järnväg. I vägledningen framgår att om det inte är uppenbart att åtgärder eller platsens unika förutsättningar kompenserar för eventuella avsteg från rekommenderade skyddsavstånd ska en kvantitativ riskanalys göras. I Figur 3 nedan presenteras Länsstyrelsen Södermanlands läns zonindelning. Markanvändning enligt denna zonindelning kan normalt planeras utan särskild riskhantering. Planerad markanvändning avviker från denna rekommendation varför en fördjupad bedömning av risksituationen behöver göras.



Figur 3. Länsstyrelsen i Södermanlands läns rekommenderade skyddsavstånd. Markanvändning enligt zonerna kan normalt planeras utan särskild riskhantering. Avstånden tillämpas från transportled för farligt gods.

4. METOD OCH GENOMFÖRANDE

I detta uppdrag planeras för en riskbedömning enligt de principer som presenteras i riskhanteringsprocessen enligt ISO 31 000⁴, se Figur 4. Det sista steget i processen, Åtgärder, kräver ett aktivt beslutsfattande. Detta åligger kommunen att hantera genom slutgiltig utformning av planbestämmelser för detaljplanen och genom beslutfattande vid antagande av planen.



Figur 4. Riskhanteringsprocessen anpassad utifrån ISO 31 000.

4.1. Riskidentifiering

Riskidentifieringen omfattar en genomgång av potentiella riskkällor i planområdets omgivning. Identifieringen görs med utgångspunkt i faktiska avstånd respektive rekommenderade skyddsavstånd mellan de olika riskkällorna och planområdet. Nedanstående riskkällor beaktas i riskidentifieringen:

- Transportinfrastruktur

Den transportinfrastruktur som behandlas utgörs primärt av rekommenderade transportleder för farligt gods⁵, men även lokala vägnät där transporter med

farligt gods bedöms kunna förekomma. Rekommenderade transportleder för farligt gods inom 150 m från det studerade området beaktas. Vid spårbunden trafik utan transporter med farligt gods beaktas urspårningsrisk⁵.

- Riskfyllda verksamheter

De verksamheter som beaktas utgörs av de som presenteras i länsstyrelsernas WebbGIS⁶ och omfattar s.k. farliga verksamheter enligt Lag om skydd mot olyckor, 2 kap 4§, bensin- och drivmedelstationer samt verksamheter som omfattas av Sevesolagstiftningen⁷. Verksamheter med tillstånd enligt Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor⁸ beaktas även.

4.2. Riskanalys och riskvärdering

Riskanalys och riskvärdering sker i form av en jämförelse mot tillämpliga nationella och regionala riktlinjer för planläggning nära olika riskkällor. Nedan beskrivs den metodik som används för att analysera och värdera risker förknippade med transporter av farligt gods och eventuella riskfyllda verksamheter som beaktas i riskbedömningen. Analysen kommer att utgå ifrån ett prognosår som är 2040, vilket är i linje med det tidsperspektiv som tillämpas i kommunens översiktsplan.

4.2.1. Transportinfrastruktur

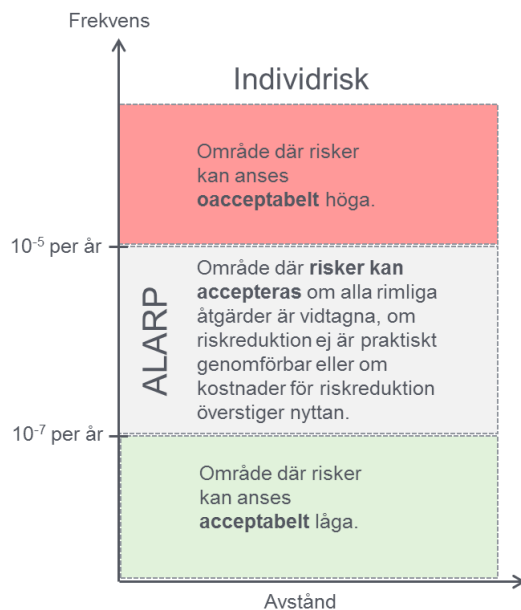
Den transportinfrastruktur som behandlas utgörs av rekommenderade transportleder för farligt gods inom 150 meter från aktuell fastighet.

Då planerad markanvändning avviker från Länsstyrelsen Södermanlands läns rekommendationer, se Figur 3, behövs en bedömning av riskbilden. För att värdera risker förknippade med transporter av farligt gods på väg och järnväg och dess påverkan på människa finns två riskmått att beakta, individ- och samhällsrisk. Inom denna riskbedömning beräknas endast individrisken på grund av att det inte är någon större befolkningsmängd varken i kommande etablering eller i dess omgivning. På grund av detta anses inte beräkningar av samhällsrisk vara relevanta för att avgöra om detaljplanen är lämplig, utan utredningen är avgränsad till att endast bedöma riskerna ur ett individriskperspektiv. Skulle förutsättningarna inom planområdet ändras och fler personer bedöms bo eller vistas inom området kan ytterligare utredning behövas för att även bedöma samhällsrisk för området.

- Individrisk är sannolikheten (ofta presenterad som frekvensen per år) för att en fiktiv person som ständigt befinner sig på en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och tar ingen hänsyn till hur många personer som kan påverkas av skadehändelsen. Syftet med riskmålet är att tillse att enskilda individer inte utsätts för icke-tolerabla risker.

Baserat på resultatet i riskberäkningen genomförs en riskvärdering där behovet av riskreducerande åtgärder kan fastställas.

I riskvärderingen görs en jämförelse av resultatet från individriskberäkningen med de riskkriterier och principer som föreslås av DNV⁹, se Figur 5.



Figur 5. Riskvärderingskriteriet individrisk anpassat utifrån DNV⁹.

4.3. Riskreducerande åtgärder

Som utgångspunkt för identifiering av lämpliga riskreducerande åtgärder används rapporten *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner*¹⁰ och *Transporter av farligt gods – Handbok för kommunernas planering*¹¹. För att säkerställa effekten av identifierade riskreducerande åtgärder kommer en osäkerhets-/känslighetsanalys att genomföras.

5. RISKIDENTIFIERING

I detta avsnitt presenteras de riskkällor som har identifierats och vad som definieras som skyddsvärt. Dessutom anges vilka möjliga händelser eller olycksscenarioer som kan uppstå och om händelserna beaktas vidare i analysen.

5.1. Riskkälla – Järnväg

Planområdet angränsar till TGOJ-banan i söder som går genom Oxelösund ner till hamnens verksamhet. På järnvägsbanan förbi planområdet går endast godstrafik, varav vissa transporterar farligt gods¹². Inga persontåg antas gå på järnvägssträckan förbi planområdet. Enligt Trafikverkets uppgifter går i genomsnitt fem tåg per dygn på sträckan¹³. Prognosen vad gäller utveckling av transporter av farligt gods på järnväg till 2040 är en genomsnittlig ökning på 1,55 % per år¹⁴. Detta har beaktats i beräkningarna och innebär sju tåg per dygn år 2040.

När den planerade LNG-terminal i Oxelösunds hamn är i bruk antas endast farligt gods i form av LNG (RID-klass 2.1) transporteras på järnvägssträckan, dvs vid prognosåret 2040¹². Antalet vagnar antas uppgå till ca 2 700 transporter per år efter att LNG-terminalen är fullt utbyggd, se Tabell 1. Enligt Trafikverkets Nationella järnvägsdatabas¹⁵ är det närmaste spåret, spår 1, klassat som sidospår, medan spår 2 till spår 6 är huvudspår. Spår 1 är enligt samma källa avstängt, i övrigt saknas information om spårslagen förbi planområdet.

Tabell 1. Antalet uppmätta transporter av farligt gods (vagnar) på TGOJ-banan samt uppskattat antal för prognosår 2040.¹²

RID-klass	2019	2040
1.1 Explosiva ämnen	0	0
2.1 Brandfarliga gaser	52	2700
2.3 Giftiga gaser	0	0
3. Brandfarlig vätska	0	0
5.1 Oxiderande ämnen	0	0

Största tillåtna hastighet (STH) förbi planområdet är enligt Trafikverkets Nationella järnvägsdatabas¹⁵ 60-89 km/h, för spår 2 och 3. För spår 4-6 är STH lägre än 59 km/h. Baserat på information i Norrköpings linjebok¹⁶ är de aktuella hastigheterna 80 km/h respektive 40 km/h. Dock är hastigheten för samtliga spår 40 km/h precis söder om planområdet, vilket medför att hastigheten troligtvis är lägre än 80 km/h även längs med planområdet. Därtill finns enligt kommunen extra begränsningar avseende hastighet på den aktuella bandelen, på grund av anläggningens ålder och skick. Sammanfattningsvis bedöms de faktiska hastigheterna vara lägre längs med planområdet än vad hastighetsbegränsningarna innebär.

Järnvägen utgör riksintresse för kommunikation. TGOJ-banan ansluter dessutom till Oxelösunds Hamn som också utgör riksintresse och som omfattas av det så kallade

Trans-European Transport Network (TEN-T) och är av internationell betydelse. I riksintressepreciseringen för Oxelösunds Hamn¹⁷ anges att en förutsättning för att verksamheten i hamnen ska kunna fortgå är att transporter till och från hamnområdet kan ske på ett godtagbart sätt. Detta omfattar att utreda riskerna i samband med planläggning intill de vägar och järnvägar som trafikförsörjer hamnen. Planförslag som, om de genomförs, kan komma att begränsa möjligheterna till väg- och järnvägstransporter till hamnen och därmed påverka riksintresset, bör enligt riksintressepreciseringen inte realiserars.

5.2. Riskkälla – Drivmedelsstation

Norr om planområdet finns en INGO drivmedelsstation. På stationen sälj endast bensin och diesel (ADR-S klass 3). Avståndet från planområdet till området på INGO där de riskfyllda momenten sker är ca 70 meter vilket är tillräckligt långt för att anta att planområdet inte påverkas vid en olycka på stationen. Leveransvägen till stationen går troligtvis på Sundsörsvägen och vidare in på Båggatan till Ingo. Det kan dock inte uteslutas att transporter kan gå förbi planområdet på Torggatan, även om det är osannolikt. Inga andra transporter av farligt gods än leveranserna till drivmedelsstationen antas gå på vägarna intill eller förbi planområdet.

Hastigheten på vägen förbi planområdet är 40 km/h och antogs 2015 trafikeras av 2109 fordon per dag (ÅDT)^a. För att räkna upp antalet fordon som passerar intill eller förbi planområdet har Trafikverkets uppräkningsstal använts vilket antar en ökning med 30% till prognosåret 2040¹⁸, se Tabell 2.

Tabell 2. ÅDT för Torggatan år 2015 samt uppräknat till 2040.

Väg	2015 (ÅDT)	2040 (ÅDT)
Torggatan*	2109	2625

* ÅDT antas representativt även vid transporter på Sundsörsvägen-Båggatan.

Ingen information om leveranser av drivmedel till INGO har erhållits. Leveranser till drivmedelsstationen har därför antagits utifrån tidigare underlag för en generell drivmedelsstation där antalet transporter per år är 192. För uppräknat till prognosår 2040 antas en ökning på 1% per år, se Tabell 3. Kommunens bedömning är att antalet leveranser till den aktuella drivmedelsstationen är betydligt lägre, vilket gör det antagna antalet leveranser konservativt ansatt i genomförda beräkningar.

Tabell 3. Antal leveranser av farligt gods som transporteras förbi planområdet. Från nuläge till uppräknat antal för prognosår 2040.

Drivmedelsstation	2021 (leveranser/år)	2040 (leveranser/år)
INGO - Båggatan	192	232

^a Mailkorrespondens med Christoffer Karlström, planarkitekt, Oxelösunds kommun, 2021-03-16

5.3. Övriga riskkällor

Runt planområdet har inga ytterligare riskkällor identifierats som kan medföra påverkan på planområdet vid tekniska olyckor.

5.4. Skyddsvärt

Det skyddsvärda i denna riskbedömning utgörs av människors hälsa och säkerhet inom planområdet.

5.5. Identifierade händelser och olycksscenarier

Följande riskkälla kommer att beaktas vidare i analysen:

- Tågtrafik på TGOJ-banan med farligt gods (endast brandfarlig gas, RID-S klass 2.1, för prognosåret) och mekanisk påverkan från urspårning.
- Transporter av farligt gods på Torggatan på vilken endast brandfarlig vätska, ADR-S klass 3, antas transporteras till drivmedelsstationen INGO.

Samtliga olycksscenarier som kan förekomma vid olyckor med transporter av de aktuella farligt godsklasserna presenteras i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Allmänna beskrivningar av olycksscenarier för de olika klasserna av farligt gods. Generella bedömningar av påverkan baseras på tillgänglig litteratur^{19,20,21}.

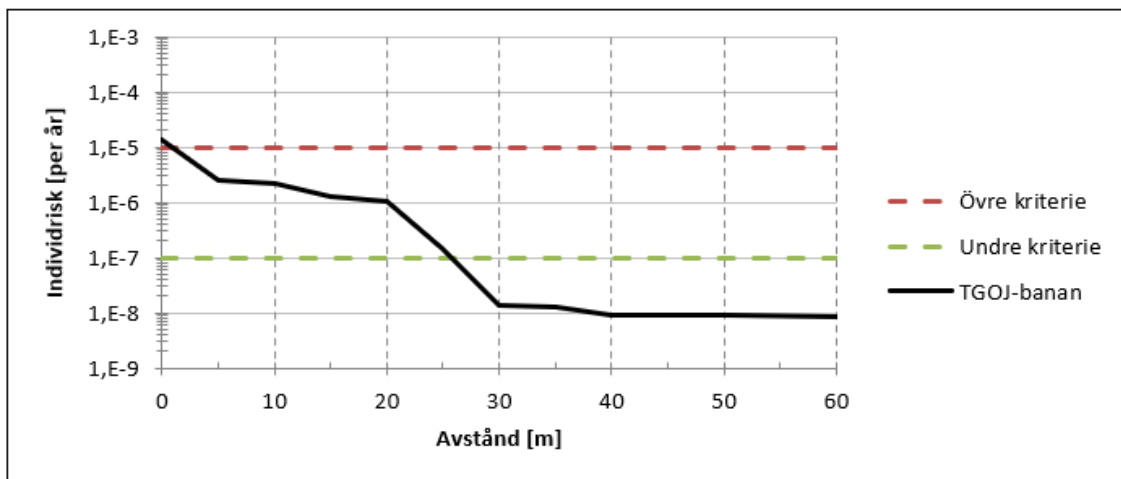
ADR-S/RID-S klass	Beskrivning
2 – Gaser	Olycksförloppen vid olyckor med gaser varierar beroende på vilken typ av gas som är inblandad.
<i>2.1 - Brandfarliga gaser</i>	Olyckor med brandfarliga gaser inkluderar olika brandförlopp som kan påverka omgivningen genom värmestrålning eller tryckpåverkan. Vid ett läckage som antänds omgående uppstår en jetflamma som orsakar värmestrålning mot omgivningen. Om ingen antändning sker kan den utsläppta gasen bilda ett brännbart gasmoln som förflyttar sig med vinden och vid senare antändning orsakar en gasmolnsexplosion. Gasmolnsexplosionen orsakar värmestrålning och under vissa mycket specifika förhållanden även tryckvågor mot omgivningen. I sällsynta fall kan även en typ av explosion som kallas BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) uppstå. Dessa tre scenarier kan medföra påverkan på några hundratals meter om den brandfarliga gasen transporteras i stora mängder i tank.
3 – Brandfarliga vätskor	Olycksförlopp med brandfarliga vätskor innebär typiskt att ämnet vid läckage strömmar ur tanken och breder ut sig på marken och formar en pöl. Pölens utbredning beror på underlagets utformning (lutning, diken, porositet med mera). Om det sker en antändning uppstår en pölbrand, som påverkar omgivningen inom ett par tiotals meter genom värmestrålning från flammor och produktion av skadlig rök.

6. RISKANALYS

I följande avsnitt redovisas resultatet från genomförd riskanalys där individriskbidraget från TGOJ-banan och Torggatan har beräknats. Beräkningarna har genomförts för prognosåret 2040, för utförligare beskrivning av beräkningar och indata se Bilaga A. För trafikflöden se även avsnitt 5.1 och 5.2.

6.1. Individrisk

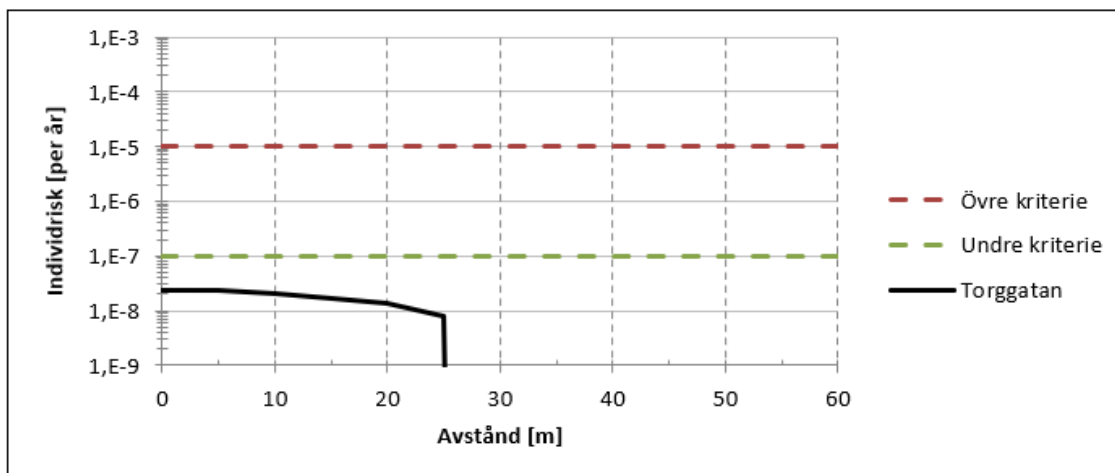
I Figur 6 och Figur 7 presenteras resultatet för individrisken för planområdet utifrån riskbidraget från TGOJ-banan och Torggatan. För TGOJ-banan, Figur 6, är riskbidraget på en oacceptabelt hög nivå precis närmast järnvägen (1 meter). Därefter är risknivån inom ALARP-området fram till 26 meter, vilket betyder att risken kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas. På avstånd längre än 26 meter ifrån järnvägen antas risknivån vara acceptabel. Största bidraget till de höga nivåerna är risken för mekanisk påverkan dvs. urspårning.



Figur 6. Individrisken för planförslaget från TGOJ-banan, prognosår 2040.

Med utgångspunkt i information kring nyttjande av spåren intill planområdet bör individriskavståndet beräknas från andra spåret, räknat från planområdet. Detta eftersom det närmaste spåret inte är aktivt.

För riskbidraget ifrån Torggatan visar beräkningarna att risken är på en acceptabel nivå, se Figur 7.



Figur 7. Individrisken för planförslaget från Torggatan, prognosår 2040.

Resultatet från beräkningarna visar att riskbidraget ifrån TGOJ-banan är inom ALARP-området inom avstånd som innefattar planområdet. Det medför att risken kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas.

6.2. Osäkerheter och känslighetsanalys

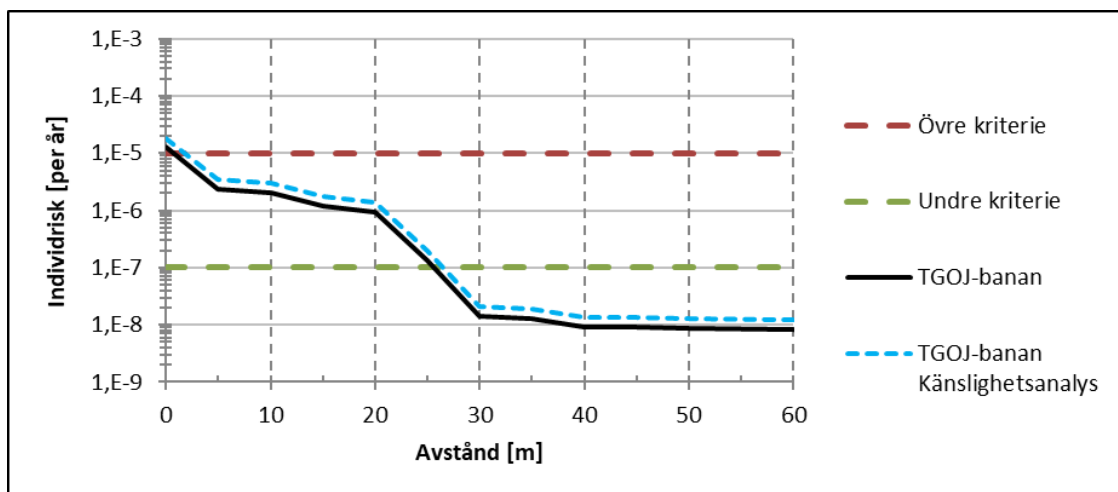
Resultaten i riskbedömningar bör alltid beaktas med vetskap om de osäkerheter som finns i de många antaganden och ingångsvärden som använts vid analysen. Osäkerheter kan bland annat finnas i form av stokastisk osäkerhet, även kallad variabilitet, vilket innebär att det finns naturlig variation i de data som används, vilka inte kan påverkas. En annan typ av osäkerhet är epistemisk osäkerhet, vilken ofta benämns kunskaps-osäkerhet. Denna typ av osäkerheter innebär en bristande kunskap om systemet och kan åtgärdas rent teoretiskt, men inte alltid i praktiken.

En stokastisk osäkerhet som bedöms ha betydande påverkan på resultatet är trafikflödet, mängden farligt gods och typer av farligt gods som transporteras på både järnvägen och vägen. Indata och antaganden för dessa är förknippade med osäkerheter. För att undvika att riskerna underskattas har en ansats gjorts till att göra konservativa men rimliga antaganden avseende dessa parametrar.

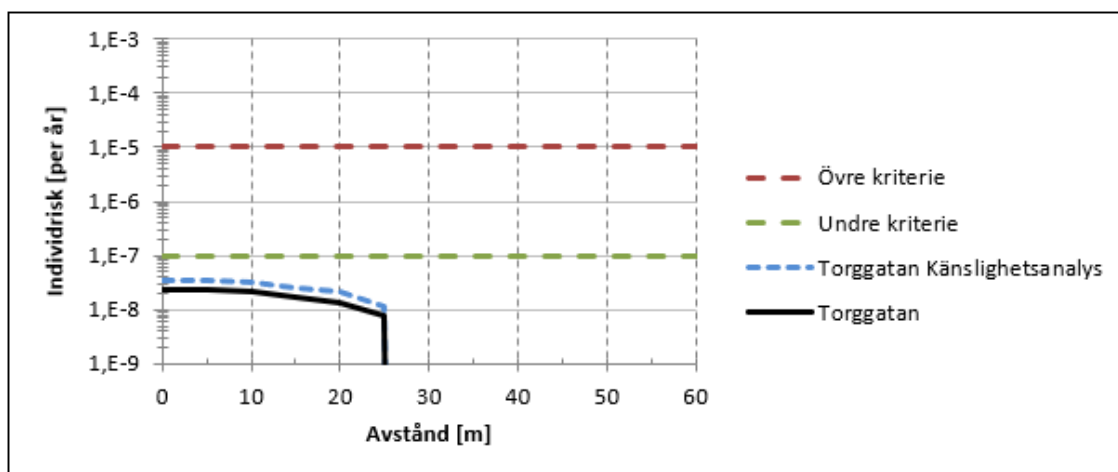
I följande avsnitt redovisas resultat från genomförd känslighetsanalys på planförslaget för år 2040. Resultatet presenteras utifrån det beräknade riskmättet individrisk.

6.2.1. Känslighetsanalys – ökad trafik

I känslighetsanalysen har det antagits att trafikflödet på TGOJ-banan och Torggatan för prognosåret är 50% större än tidigare antagande. Antalet transporter med tung trafik och transporter av farligt gods antas stå i samma relation till total trafiken som tidigare. Resultatet av känslighetsanalysen kan ses nedan i Figur 8 och Figur 9.



Figur 8. Resultat av känslighetsanalysen för TGOJ med en ökning av totala trafikflödet och transporter och farligt gods med 50%. Individerisken för planförslaget och för känslighetsanalysen.



Figur 9. Resultat av känslighetsanalysen för Torggatan med en ökning av totala trafikflödet och transporter och farligt gods med 50%. Individerisken för planförslaget och för känslighetsanalysen.

Känslighetsanalysen visar att vid en ökning av transporter med farligt gods med 50% är individerisken fortsatt oacceptabelt hög intill järnvägen (2 meter) och därefter inom ALARP-området fram till 27 meter ifrån järnvägen. Avståndet till acceptabelt låg risknivå förskjutits därmed ca 1 meter. Riskbidraget ifrån Torggatan har ökat något men är fortsatt på acceptabelt låg nivå.

Utifrån känslighetsanalysen bedöms beräkningar som genomförts för planförslaget vara robusta. Att öka antalet transporter och transporter av farligt gods resulterar inte i någon större ökning av risknivån. Området för oacceptabel risk ökar från 1 meter till 2 meter och likaså området som är inom ALARP till 27 meter ifrån järnvägen. Detta medför att de antaganden som gjorts utifrån dessa parametrar kan anses vara robusta.

7. RISKVÄRDERING OCH ÅTGÄRDER

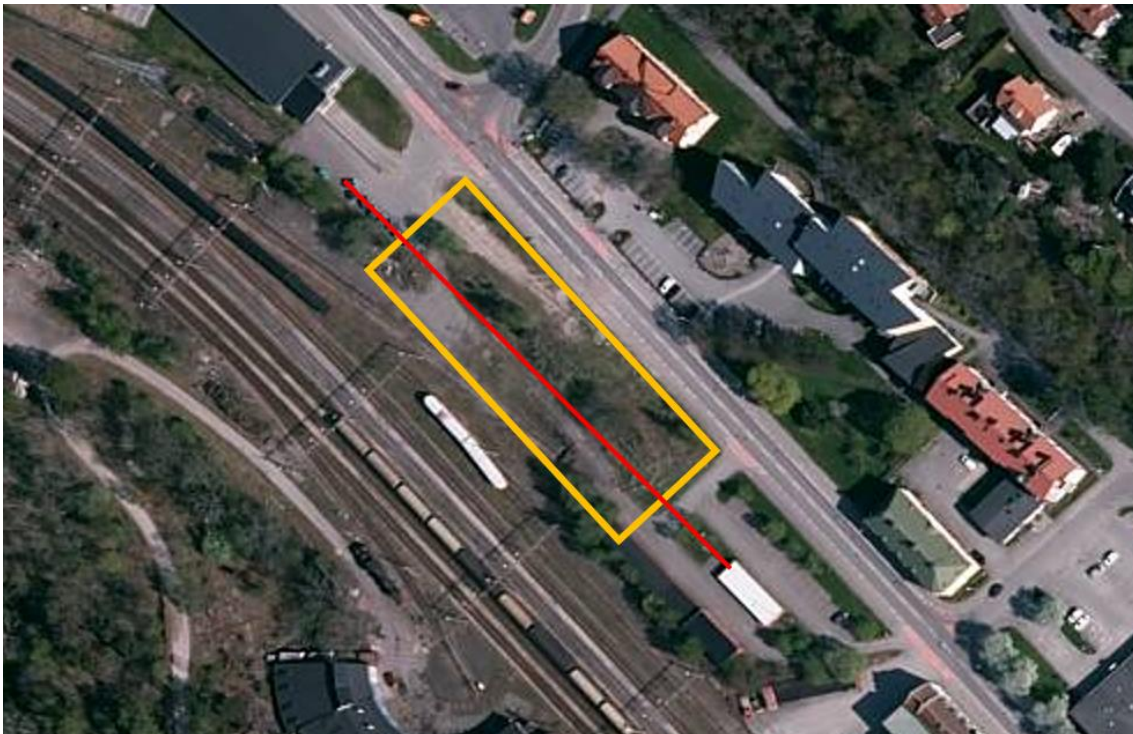
I följande avsnitt redovisas riskvärdering utifrån resultat samt eventuella riskreducerande åtgärder.

7.1. Riskvärdering

Resultatet av genomförda individriskberäkningar visar på att riskpåverkan inom planområdet från transporter av farligt gods på TGOJ-banan kan betraktas som acceptabel på ett 26 meters avstånd från spår 2. Närmare järnvägen än 26 meter kan risknivån tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas.

Genomförda beräkningar innebär ett konservativt angreppssätt, bland annat kopplat till konsekvensavstånd vid urspärning. Det maximala konsekvensavstånd som kan uppstå till följd av urspärning är 25 meter. Huvuddelen av urspärningsscenarierna (drygt 90 %) når enligt den modell som används endast 5 meter från spår. Det konservativa angreppssättet kan dock innebära att de beräknade risknivåer är något överskattade på långa avstånd, mot bakgrund av att hastigheten förbi planområdet är låg. Detta diskuteras mer avseende lämpliga riskreducerande åtgärder, se 7.2.

Delar av planområdet är därmed inom det område där risknivån kan vara förhöjd och där åtgärder kan behöva vidtas om bebyggelse eller annan markanvändning som innebär stadigvarande vistelse planeras, se Figur 10.

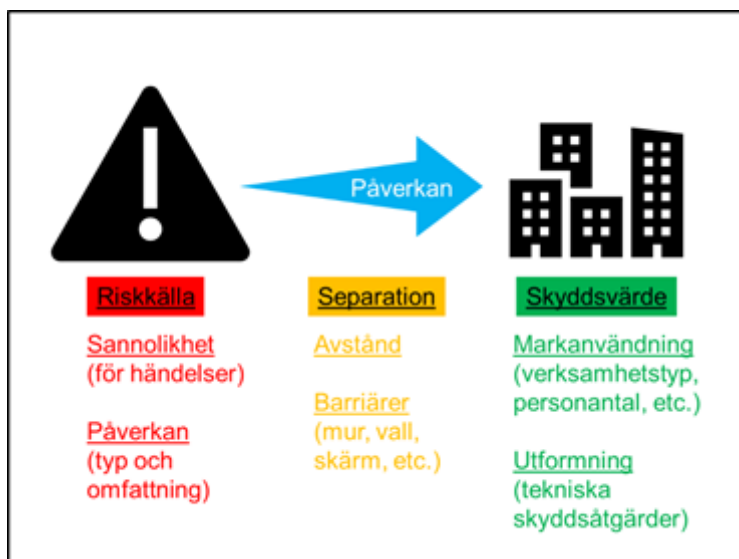


Figur 10. Markering av ungefärlig placering av planområdet (orange markering) samt ungefärlig markering för 26 meter ifrån järnvägsspåren (röd linje).

7.2. Riskreducerande åtgärder

Principiellt sett kan åtgärder antingen vidtas genom att påverka:

- A. Riskkällan
 - A1. Sannolikhet (för händelser)
 - A2. Påverkan (typ och omfattning)
- B. Separation
 - B1. Avstånd (mellan riskkällan och det skyddsvärda)
 - B2. Barriärer (mur, vall, skärm, etc.)
- C. Skyddsvärde
 - C1. Markanvändning (verksamhetstyp, personantal, etc.)
 - C2. Utformning (tekniska skyddsåtgärder)



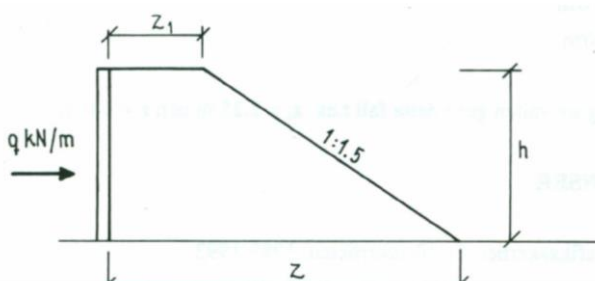
Figur 14. Åtgärder kan rikta sig mot en riskkälla, ett skyddsvärde eller en separation mellan de två.

För planområdet föreslås två hanteringsstrategier för att reducera risken, vilka båda bygger på separation mellan järnvägen och det skyddsvärda.

Antingen upprätthålls ett skyddsavstånd på 26 meter från räls till områden där stadigvarande vistelse kan förekomma. Markanvändningen för området inom skyddsavståndet lämpar sig för exempelvis parkering, se Figur 3. Om ett skyddsavstånd upprätthålls finns inget behov av ytterligare åtgärder. Skyddsavstånd är en passiv åtgärd som minskar sannolikheten att en olycka med brand eller explosion leder till skada. Andra fördelar är att skyddsavståndet är beständigt över tid och underlättar även framkomligheten för räddningstjänsten vid insats. Nackdelen med denna riskhanteringsstrategi är att det förslag som innebär byggelse på 10-12 meter inte är möjligt.

En alternativ riskhanteringsstrategi är att tillåta ett kortare avstånd mellan räls och områden med stadigvarande vistelse än 26 meter, men att vidta åtgärd i form av skydd mot urspårning. Exempelvis kan skydd så som vall, mur eller annan höjdskillnad hindra urspårade tåg från mekaniskt påverka byggnaden. Länsstyrelsen i Norr- och Västerbottens län anger i sina riktlinjer för fysisk planering intill transportleder för farligt gods följande exempel på robusta skydd mot urspårning²²:

- En längsgående perrongkant med en minsta höjd på $c:a$ 0,4 m, placerad inom 0,5 m från närmsta spår. Bredden bör vara minst 2,0 m.
- En vall med höjden, $h = 2,5$ m och $z_1 = 1,5$ m samt $z = 5,25$ m, enligt Figur 1 nedan. Närmst spåret sätts en vertikal betongplatta med uppgift att fördela trycket från påkörningen. Resterande del av vallen utförs t.ex. av jord eller fyllnadsmassor.



Figur 11. Exempel på utformning av skyddsvall.

Ovanstående ska endast ses som exempel och utgör inte förslag för utformning i detta specifika fall. Det finns flera alternativa utformningar som kan ge skydd mot urspårning, exempelvis kan en lastupptagande mur uppföras alternativt kan ytterväggen utformas för att stå emot laster från ett urspårande tåg.

Behovet av skydd mot urspårning behöver utredas med utgångspunkt i tidigare nämnda konservativt angreppssätt avseende avstånd på vilka ett urspårande tåg kan ge upphov till konsekvenser. Det är möjligt att behovet av skydd mot urspårning är nödvändig på ett något kortare avstånd än de beräknade 26 metrarna.

Generellt krävs mer omfattande åtgärder ju närmare rälsen man planerar för stadigvarande vistelse. Vid ett avstånd på 10-12 meter mellan spår och bebyggelse, som är ett av de analyserade förslagen för det aktuella planområdet, är det dock sannolikt att skydd kommer att krävas för att uppnå en tolerabel risknivå. Utformning och dimensionering behöver genomföras för den specifika platsen, med beaktande av bland annat avstånd mellan passerande trafik och tillkommande bebyggelse samt hastigheten på förbi-passerade tåg.

Ytterligare en möjlig åtgärd är att införa urspårningsräler. En möjlig lösning är att undersöka möjligheten att tillgodoräkna sig det avstängda spåret som urspårningsskydd. Utmaningar med en sådan lösning är att den inte kan regleras i detaljplanen samt att den skulle kräva ett godkännande av Trafikverket. Lösningen skulle även förutsätta tydliggörande kring vem som ansvarar för att skyddet upprätthålls över tid. Därtill behöver

effekten av åtgärden bedömas utifrån förutsättningarna på platsen, vilket utöver ovan nämnda faktorer såsom hastighet även inkluderar spårens utformning och skick.

Urspårningsräler i ett eller flera av de spår som används idag bedöms inte vara aktuellt. Detta då det utöver ovan nämnda utmaning kring reglerbarhet i detaljplanen även medför ett ingrepp i en järnvägsanläggning i drift.

8. SLUTSATS

Genomförd riskbedömning visar att med avseende på riskpåverkan inom planområdet kan individrisknivån tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas för att bebyggelse inom 26 meters avstånd ifrån järnvägsspåren. Bedömningen är kopplad till transporter av farligt gods på både TGOJ-banan och Torggatan. På avstånd större än 26 meter från rälsen bedöms risken vara acceptabelt låg där inga åtgärder behövs och inga åtgärder behövs inom planområdet med anledning av transporterna på Torggatan.

För planområdet föreslås två hanteringsstrategier för att reducera risken. Den ena strategin innebär att ett avstånd på 26 meter från TGOJ-banan till områden där stadigvarande vistelse kan förekomma upprätthålls. På detta avstånd är risknivån acceptabelt låg och inget behov av ytterligare åtgärder finns därmed.

En alternativ strategi är att ett kortare avstånd mellan järnvägen och områden med stadigvarande vistelse än 26 meter tillämpas, vilket kompletteras med åtgärder som minskar konsekvenserna av en urspårning. Exempelvis kan vall, mur eller annan höjdskillnad uppföras, vilket förhindrar mekanisk påverkan på bebyggelsen inom planområdet vid en eventuell urspårning. Alternativt kan byggnadens bärverk dimensioneras så att konsekvenserna av en påkörning minimeras. Detta bör regleras med en planbestämelse av typen: *Byggnadens bärverk ska utföras så att fortskridande ras förhindras i händelse av påkörning av tåg.*

REFERENSER

- ¹ Plan och Bygglagen (2010:900)
- ² Miljöbalken (1998:808)
- ³ Länsstyrelsen Södermanlands län (2015). *Vägledning farligt gods*. Nyköping: Länsstyrelsen Södermanlands län.
- ⁴ SIS (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Vägledning*. Utgåva 2, ICS: 03.100.01. Stockholm: Swedish Standards Institute (SIS).
- ⁵ Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*. Faktablad 2006:000.
- ⁶ Länsstyrelserna WebbGis. (<https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=7b933d2ea9084c4dab4bfe38dd87f7ec>)
- ⁷ Lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor. Sevesolagen
- ⁸ Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor
- ⁹ Räddningsverket (1997). *Värdering av risk*. FoU RAPPORT, DNV. ISBN 91-88890-82-1. Karlstad: Statens räddningsverk.
- ¹⁰ Boverket & Räddningsverket (2006). *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport*. Karlstad: Räddningsverket.
- ¹¹ SKL (2012). *Transporter av farligt gods – Handbok för kommunernas planering*. Stockholm: Sveriges kommuner och landsting, Avdelningen för tillväxt och samhällsbyggnad.
- ¹² COWI (2019). *Riskutredning avseende farligt gods i Oxelösund*. Göteborg.
- ¹³ Trafikverket. (2020). *Bangods 2022, 2020-05-26*.
- ¹⁴ Trafikverket (2020). *Prognos för godstransporter 2040-Trafikverkets Basprognoser 2020*. Publikationsnummer: 2020:125
- ¹⁵ Trafikverket (2021). *Nationell järnvägsdatabas*. Elektronisk: <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. Senast hämtad: 2021-05-05

- ¹⁶ Trafikverket (2021). *Norrköpings linjebok*. Elektronisk: <https://www.trafikverket.se/for-digi-i-branschen/jarnvag/Underlag-till-linjebok/norrkopings-linjebok/>. Senast hämtad: 2021-05-05
- ¹⁷ Länsstyrelsen Sörmlands län (2007). *Riksintresset Oxelösunds hamn*. Rapport nr. 2007:01.
- ¹⁸ Trafikverket (2020). *Trafikuppräkningsstal – EVA*. Trafikverket.
- ¹⁹ Länsstyrelsen i Skåne län (2007). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)*. Rapport ”Skåne i utveckling”, 2007:6.
- ²⁰ Stadsbyggnadskontoret Göteborg (1997) *Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS*. Göteborg: Stadsbyggnadskontoret.
- ²¹ FOA (1997) *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker*. Tumba: Försvarets forskningsanstalt, avdelningen för vapen och skydd.
- ²² Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län (2019). *Riktlinjer för fysisk planering – Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods i Norrbottens och Västerbottens län*. November 2019

BILAGOR

INNEHÅLL

Bilaga A - frekvensberäkningar för olycka med farligt gods på järnväg – indata och metod	2
Bilaga B – Frekvensberäkningar för olycka med transport av farligt gods på väg – indata och metod	5
Bilaga C - Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods.....	7
Bilaga D - Riskuppskattningar för pölbrand.....	13
Bilaga E – Beräkning av risknivåer för olycka med transport av farligt gods	19
Referenser	23

BILAGA A - FREKVENSBERÄKNINGAR FÖR OLYCKA MED FARLIGT GODS PÅ JÄRNVÄG – INDATA OCH METOD

För beräkning av hur ofta olyckor på järnvägen förväntas inträffa används den metod som presenteras i Banverkets *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*¹. Viktiga indata till beräkningarna är hämtade därur om inget annat anges. De presenteras i Tabell 5. Indata och antaganden för trafikflöde och transporter av farligt gods har presenterats i Avsnitt 4.1. Slutligen presenteras indata och antaganden för känslighetsanalysen.

Tabell 5. Indata till frekvensberäkningar.

Variabel	2040
Studerad järnvägssträcka [km]	1
Antal spår [st]	6
Antal växlar [st]	5
Medelantal vagnar som deltar i urspårning [st]	3,5
Antal persontåg per genomsnittsdyn [st]	0
Antal godståg per genomsnittsdyn [st]	7 ^{2,3}
Antal vagnar per godståg [st]	23
Axelantal per vagn [st]	4

*Snitt längs studerad järnvägssträcka.

Händelsetråd

För fortsatt beräkning av frekvenser för olika möjliga olycksscenarioer som kan påverka människor, används händelseträdsmetodik. I följande avsnitt presenteras händelsetråd för de olika händelser och klasser av farligt gods som förekommer.

Urspårningar

Med hjälp av beräkningsmodellen uppskattas frekvenser för urspårningar. Urspårningen i sig kan medföra påverkan på människor området kring järnvägen, vilket beror på hur långt från spåret som vagnarna hamnar. Uppskattning av avståndsfördelning för urspårade vagnar presenteras i Tabell 6.

Tabell 6. Fördelning över avstånd från spår för urspårade vagnar [m]¹.

Avstånd från spår	0–5 m	5–15 m	15–25 m	> 25 m
Godståg	91 %	5 %	2 %	2 %

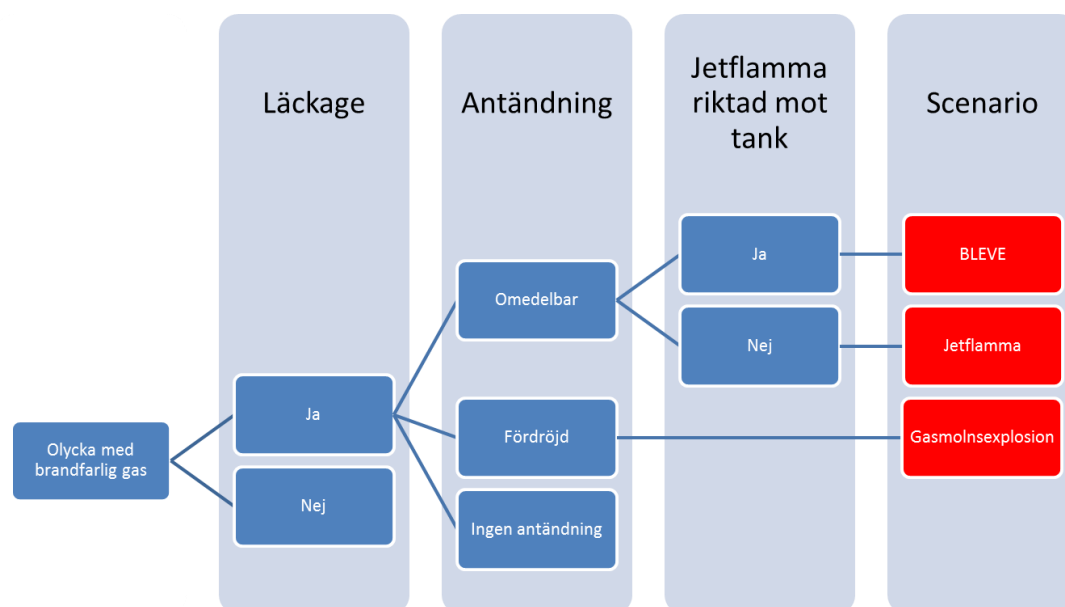
Förutom den mekaniska påverkan som kan uppkomma vid en urspårning kan olycksförloppet initiera mer komplexa olycksförlopp som involverar farligt gods (om farligt gods förekommer på inblandade vagnar). Vid beräkningarna beaktas sannolikheten för att farligt gods är inblandat i urspårningen med hänsyn till medelantalet vagnar som antas delta i en urspårning och andelen av godsvagnarna som innehåller farligt gods.

Farligt gods

För fortsatt beräkning av frekvenser för olika möjliga olycksscenarioer som kan påverka människor, används händelseträdsmetodik. I följande avsnitt presenteras (i förekommande fall) händelseträd för de olika klasserna av farligt gods som förekommer.

Brandfarliga gaser - RID-S klass 2.1

De händelseförlopp som kan uppkomma vid olyckor med brandfarlig gas har identifierats som: jetflamma, gasmolnexplosion och BLEVE. Ett möjligt förlopp illustreras av händelseträdet i Figur 12.



Figur 12. Händelseträd för olyckor med brandfarlig gas.

Sannolikheten för läckage från gastanken antas vara 1/30 av sannolikheten för läckage från en tank med vätska¹. Sannolikhetsfördelningen för de olika typerna av antändning antas är anpassade utifrån *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*⁴. Följande sannolikheter är resultatet av en sammanvägning av de två uppsättningar med sannolikheter som presenteras i den rapporten för ”Litet utsläpp” respektive ”Stort utsläpp”:

- Omedelbar antändning: 15 %
- Fördröjd antändning: 65 %

- Ingen antändning: 20 %

Vidare antas grovt att en av hundra (1 %) jetflammar är så riktad att den genom kraftig uppvärmning orsakar en BLEVE i en närliggande tank (eller om jetflamman reflekteras, en BLEVE som involverar den aktuella tanken själv).

BILAGA B – FREKVENSBERÄKNINGAR FÖR OLYCKA MED TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ VÄG – INDATA OCH METOD

I denna bilaga beskrivs inledande metod och underlag (indata och antaganden) för de beräkningar som gjorts. För fortsatt beräkning av frekvenser för möjliga olycksscenarioer som kan påverka människor, används händelseträds metodik likt nedan. Resultaten redovisas i rapportdelen. För beräkningar av hur ofta olyckor med farligt gods förväntas inträffa används den metod som presenteras i *Farligt gods – riskbedömning vid transport*⁵. För de aktuella vägarna presenteras viktiga indata till beräkningarna som är hämtade från denna rapport.

Viktiga indata till beräkningar för Torggatan, utöver de som redovisats i rapporten, presenteras i Tabell 7 nedan.

Tabell 7. Indata till frekvensberäkningar för Torggatan mot området.

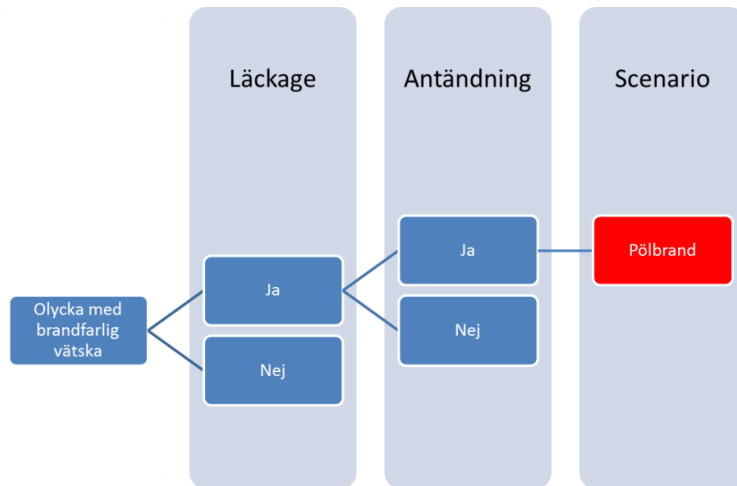
Variabel	Torggatan
Hastighet [km/h]	40 km/h
Studerad vägsträcka [km]	1 km
Bebyggelsemiljö ⁵	Tätort
Gatu-/vägtyp ⁵	Gata/Väg
Olyckskvot [-] ⁵	1,6
Andel singelolyckor [-] ⁵	0,1
Index för farligt gods olycka [-] ⁵	0,02

Händelseträäd

För fortsatt beräkning av frekvenser för olika möjliga olycksscenarioer som kan påverka människor, används händelseträds metodik. I avsnitten nedan presenteras händelseträäd för de olika klasserna av farligt gods som förekommer.

Brandfarliga vätskor (ADR-S klass 3)

Ett identifierat olycksscenario utgörs enligt tidigare av ett utsläpp med brandfarlig vätska som bildar en pöl och som vid en antändning orsakar en pölbrand. Sannolikheten för att ett läckage uppstår, givet att en olycka med en tankbil inträffar, antas vara enligt *Index för farligt gods olycka* (se Tabell 7 och Figur 13). Givet att ett sådant läckage har inträffat antas sannolikheten för en antändning av pölen vara en trettiondel (3,3 %)⁶ Händelseträdet i Figur 13 visar hur händelseförloppet kan utvecklas.



Figur 13. Händelsetråd för olyckor med brandfarlig vätska.

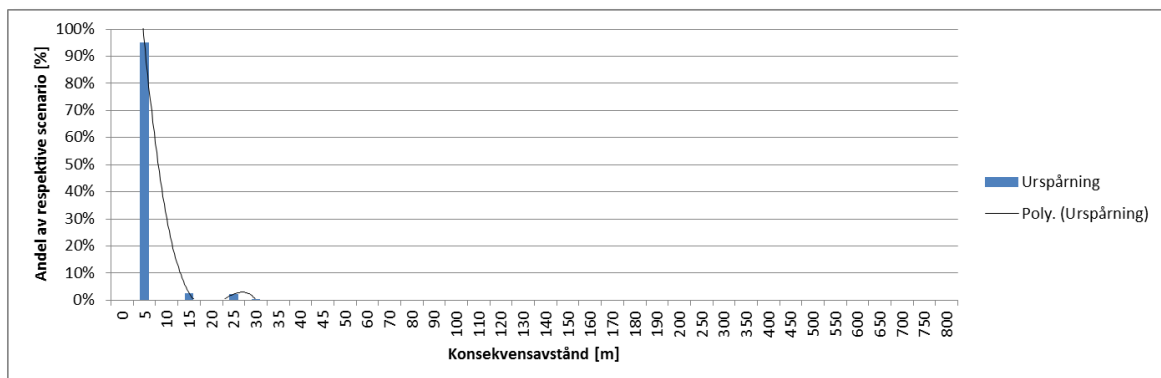
BILAGA C - KONSEKVENSBERÄKNINGAR FÖR OLYCKA MED FARLIGT GODS

I följande avsnitt beskrivs konsekvenserna av de scenarier som identifieras i samband med frekvensberäkningarna, för mekanisk påverkan vid urspårning, samt vid olyckor med farligt gods.

I följande avsnitt beskrivs konsekvenserna av de scenarier som identifieras i samband med frekvensberäkningarna, för mekanisk påverkan vid urspårning, samt vid olyckor med farligt gods.

Mekanisk påverkan vid urspårning

Figur 14 visar fördelning av konsekvensavstånd vid urspårningar¹.



Figur 14. Använd fördelning av konsekvensavstånd för mekanisk skada vid urspårning. Kurvan "Poly. (Antagen fördelning)" visar en trendlinje för tydlighet i figuren.

Farligt gods

Konsekvenserna av de identifierade typerna av olycksförlopp har tidigare beräknats bland annat i samband med att Länsstyrelsen i Skåne län upprättade sina *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*¹⁹ (RIKTSAM). Nedanstående fördelningar är anpassade utifrån resultaten däri förutom för ADR-S klass 2.1 gasmolnexplosion och ADR-S klass 3. Med konsekvensavstånd menas här det avstånd inom vilket människor förväntas omkomma till följd av påverkan från olycksförloppet (exempelvis genom värmestrålning, tryckpåverkan eller toxicitet – beroende på olyckans karaktär).

Brandfarliga gaser (RID-S klass 2.1)

Avseende händelseförloppet jetflamma och BLEVE används de konsekvensberäkningar som tidigare beräknats i samband med att Länsstyrelsen i Skåne län upprättade sina *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*¹⁹ (RIKTSAM). Gällande händelseförloppen gasmolnexplosion genomförs konsekvensberäkningar. Brandfarliga gaser (RID-S klass 2.1) omfattas av exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Gasol

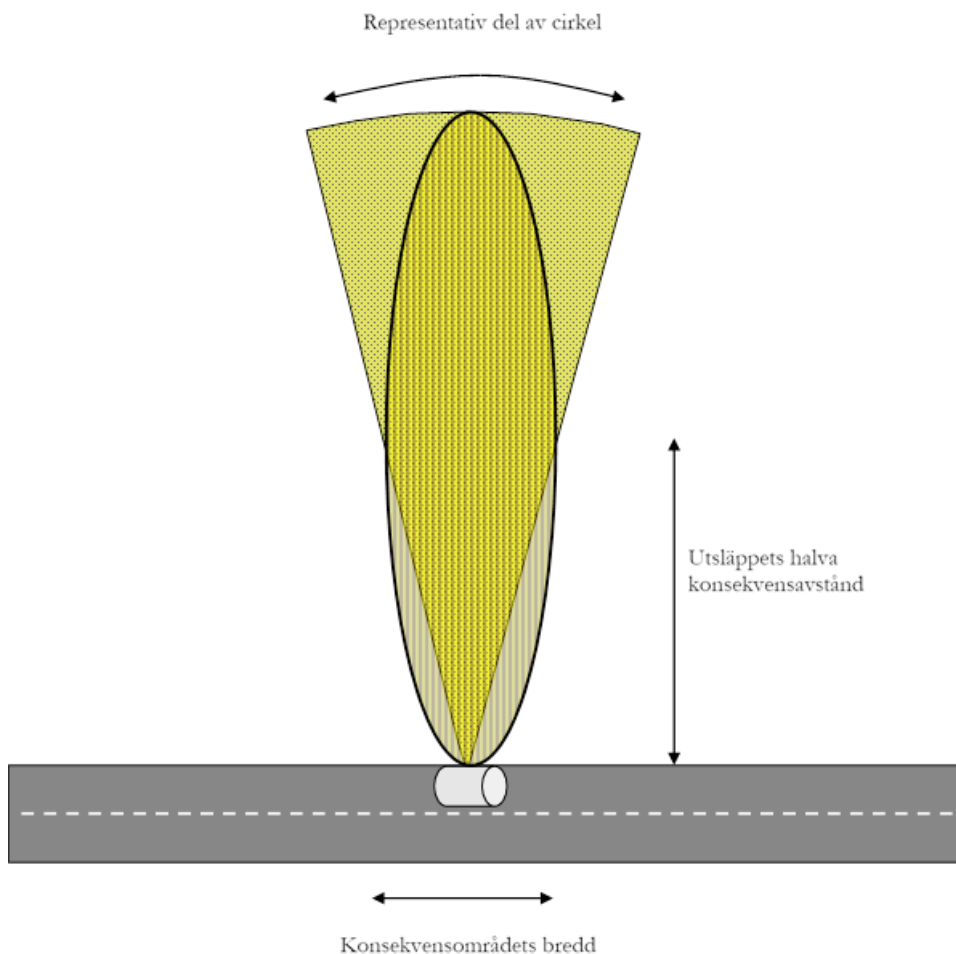
är ett exempel på en kondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg²⁰. Gasol antas utgöra ett representativt ämne att basera beräkningarna på, då gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns och det faktum att den ofta transporteras tryckkondenserad gör den till ett konservativt val.

Antaganden

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i *Farligt gods – riskbedömning vid transport*⁵ utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 11,7 kg/s (*stort*). Vid läckage från tjockväggiga och tunnväggiga järnvägstransporter bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 %⁵.

När ett läckage har skett påverkar väder och vindförhållanden spridning av gaser och ångor. Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961–2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlade data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s⁷. Vindhastighet antas vara 4 m/s. Temperaturen antas vara 15 °C och väderscenariot till stabilitetsklass D vilket är ett konservativt antagande.

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brännbara gaser och giftiga. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område, reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken approximativ spridningsvinkel som konsekvensområdet får, enligt Figur 15.



Figur 15. Konsekvensområdet vid gasutsläpp får ofta en oval form. Utifrån konsekvensområdets längd och bredd approximeras en lämplig cirkelsektor (representativ del av cirkel) för reducering av grundfrekvensen.

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

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brännbar gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av järnvägsvagnar med mängden 45 ton gas.

Vid beräkningar av värmestrålning mot omgivningen definieras acceptabla nivåer för exponering mot icke brandklassad byggnadsfasad och utrymningsvägar till 15 kW/m^2 .⁸

Gasmolnsexplosion

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

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

Programvaran *Spridning Luft* används för spridningsberäkningarna där avståndet till den undre brännbarhetsgränsen (21 000 ppm)⁹ beräknas. Som konsekvensavstånd nyttjas avståndet till brännbarhetsgränsen tillsammans med en säkerhetsmarginal för att ta hänsyn till strålningspåverkan som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Säkerhetsmarginalen beräknas genom en konservativ strålningsberäkning utifrån gasmolnets höjd och bredd, samt i utsläppets riktning.

Beräkningarna resulterar i ett konsekvensområde som enligt Figur 15, approximeras med en cirkelsektor (anges som en vinkel, i grader).

Konsekvensavstånd

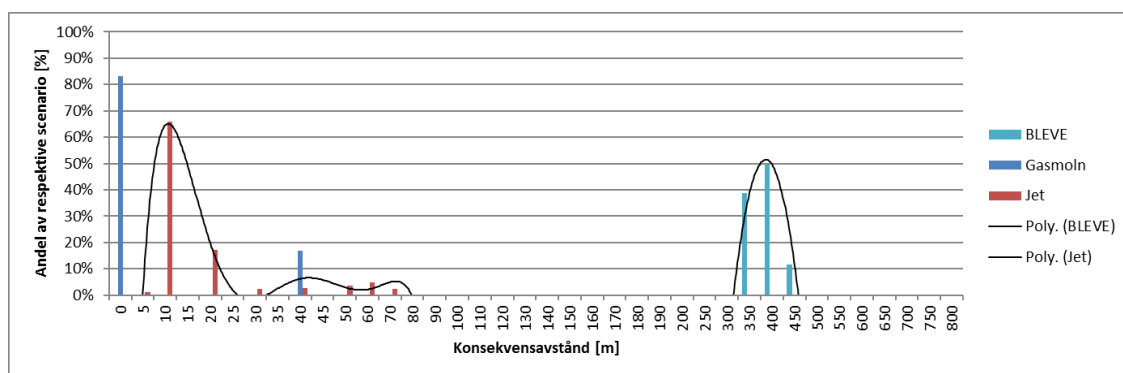
Nedan sammanställs de beräknade konsekvensavstånden för RID-S klass 2.1, se Tabell 8.

Tabell 8. Beräknade konsekvensavstånd för plym med gas inom vilket personer antas omkomma.

Scenario	Konsekvensavstånd [m]	Vinkel [grad]
Gasmolnexplosion - litet läckage	0*	-
Gasmolnexplosion - mellanstort läckage	0*	-
Gasmolnexplosion - stort läckage	38	39

* Konsekvensavståndet blir noll meter då läckageflödet är så litet att någon gasvolym med en gaskoncentration inom brännbarhetsområdet inte uppkommer.

Använda fördelningar av konsekvensavstånd presenteras i Figur 16.



Figur 16. Använda fördelningar av konsekvensavstånd för BLEVE, gasmolnexplosion samt jetflamman (RID-S klass 2.1).

Brandfarliga vätskor (ADR-S klass 3)

ADR-S klass 3 omfattas av brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel. Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3¹⁰. Brandfarliga vätskor med låg flampunkt (till exempel bensin) antänds lättast¹¹. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska utgöras av bensin.

Antaganden

För beräkningar av konsekvensavstånd för tillämpas den etablerade metoden i *Farligt gods – riskbedömning vid transport*⁵. Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig vätska är definierade i *Farligt gods – riskbedömning vid transport*⁵ som *litet*, *medelstort* eller *stort*, utifrån vilken pölstorlek de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*). Vid läckage från tankbil med släp bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 25%, 25% och 50%⁵.

I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m. Med avseende på pölbrand antas det grovt att pölen har cirkulär utbredning, vilket ger en högre strålningsnivå. Skydd antas finnas längs vägkant som hindrar vätska från att rinna av från vägbanan om inget annat är känt.

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds för då bildas en brand som sprider giftiga brandgaser och genererar värmestrålning mot omgivningen. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2–3 sekunder) samt acceptabla nivåer för exponering mot icke brandklassad byggnadsfasad och utrymningsvägar^{20,8,12}.

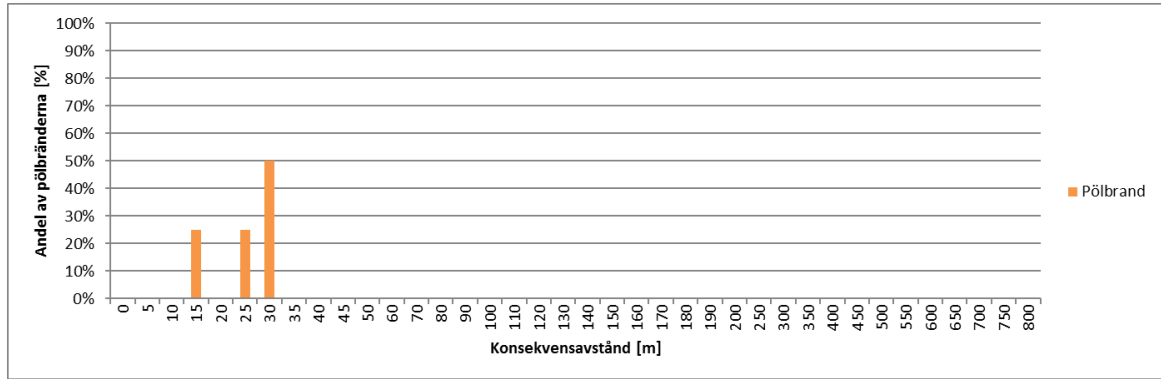
Konsekvensavstånd

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av beräkningar i enlighet med Bilaga D. Nedan sammanställs de beräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 3, se Tabell 9.

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

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Längd/bredd	Konsekvensavstånd från pölkant [m]	Fördelning
Litet utsläpp	50 m ²	7,1	12 m	25%
Mellanstort utsläpp	200 m ²	14,15	22 m	25%
Stort utsläpp	400 m ²	20	28 m	50%

Använda fördelningar av konsekvensavstånd presenteras i Figur 17.



Figur 17. Använda fördelningar av konsekvensavstånd för pölbränder (ADR-S klass 3).

BILAGA D - RISKUPPSKATTNINGAR FÖR PÖLBRAND

I denna bilaga beskrivs dimensionerande förutsättningar, antaganden och metod för genomförda strålningsberäkningar för pölbrand med avseende påverkan på människa och icke brandklassad fasad.

Typ av drivmedel

Beroende på vilket drivmedel som släpps ut kommer den utsläppta vätskan vara olika lättantändlig där bensin bildar mycket lättantändliga blandningar medan dieselångor är mer svårantändliga.

Antändning kan ske genom att den gas-/luftblandningen som uppkommer vid en brandfarlig vätska kommer i kontakt med en tändkälla som exempelvis heta motordelar, statisk elektricitet eller en öppen låga. Gas-/luftblandningen är tyngre än luft för samtliga drivmedel. Detta innebär att den ibland kan spridas till lågt liggande utrymmen som kulvertar, rörledningar, källare m.m. eller föras med vinden och antändas på avstånd från själva utsläppspunkten.

Strålningen som avges från en pölbrand med en viss storlek är beroende av förbränningseffektiviteten, förbränningshastigheten per ytenhet samt förbränningsvärmerna.

Tabell 10. Förbränningsparametrar för pölbränder för olika drivmedel.

Drivmedel	Förbrännings-effektivitet	Förbränningshastighet per ytenhet	Förbränningsvärme
Bensin	0,7 ¹³	0,055 kg/m ² s ¹⁴	43 700 kJ/kg ¹⁴
Diesel	0,7 ^{13,14}	0,048 kg/m ² s ¹⁴	43 600 kJ/kg ¹⁵

Ur tabellen kan det utläsas att bensin är det drivmedel som kommer att ge upphov till den största utvecklade effekten utifrån en given pölarea. Detta då bensin har både högst förbränningshastighet och förbränningsvärme.

En annan viktig parameter för att bedöma påverkan från pölbranden på bebyggelse är att bedöma en eventuell pölbrands källa och utbredning.

Strålningsberäkningar avseende pölbränder med brandfarliga vätskor
Värmestrålningen från en pölbrand med brandfarlig vätska kan beräknas i följande steg:

1. Beräkning av brandeffekt för den aktuella pölstorleken
2. Beräkning av flammans höjd och temperatur,
3. Beräkning av synfaktor,

4. Beräkning av infallande strålning på olika avstånd från branden.

Brandeffekten beräknas för att uppskatta hur mycket energi som avges från branden till omgivningen. Flammans höjd beräknas för att sedan användas för att beräkna den så kallade synfaktorn som anger hur mycket av den från branden emitterade strålningen som når olika punkter i omgivningen. Temperaturen hos flammen ligger till grund för beräkningen av hur mycket infallande strålning som mottas av ytor på olika avstånd från branden.

Brandeffekt

För pölbränder med relativt stora diametrar (> 2 m) kan brandeffekten från en pöl beräknas utifrån följande samband:

$$\dot{Q} = \chi \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c \cdot A_f$$

där

$$\dot{Q} \quad = \text{utvecklad effekt (kW)}$$

$$\chi \quad = \text{förbränningseffektivitet}$$

$$\dot{m}'' \quad = \text{förbränningshastighet per ytenhet (kg/m}^2\text{s)}$$

$$\Delta H_c \quad = \text{förbränningsvärme (MJ/kg)}$$

$$A_f \quad = \text{pölstorlek (m}^2\text{)}$$

Ekvivalent branddiameter

Brandens ekvivalenta diameter (D) beräknas ur:

$$D = \sqrt{\frac{4A_f}{\pi}}$$

Flamhöjd

Flamhöjden H_f (m) för kvadratiska pölar och rektangulära pölar där längden på pölen inte är större än två gånger bredden beräknas med hjälp av följande ekvation¹³

$$H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$$

För pölar där längden är betydligt större än bredden beräknas flamhöjden som:

$$H_f = 0.035 \cdot (\dot{Q}/L)^{2/3}$$

Flamtemperatur

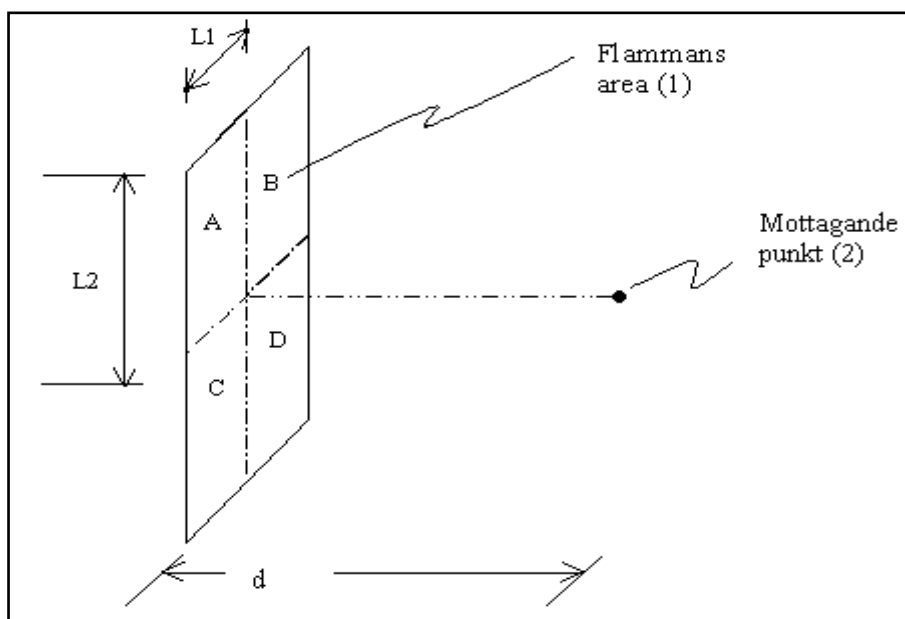
Flamtemperaturen T_f utgör medeltemperaturen i flammen, temperaturen i själva flamspetsen (T_t) är ca 540°C (813 K) och flammans maximala temperatur (T_b) antas för

samtliga studerade ämnen vara 1000°C (1273 K). Den maximala flamtemperaturen är bland annat beroende av vilket material som brinner och storleken på branden. Utifrån dessa antaganden kan medeltemperaturen i flammans bestämmas. Medeltemperaturen används i beräkningen av strålningen från flammans och erhålls enligt:

$$T_f = \left(\frac{T_b^4 + T_t^4}{2} \right)^{1/4} = \left(\frac{1273^4 + 813^4}{2} \right)^{1/4} = 1112 K$$

Synfaktor

Synfaktorn F anger hur stor andel av den emitterade strålningen från flammans (1) som når den mottagande punkten eller ytan (2), se Figur 1. Vid beräkningen av synfaktorn antas att flammans är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då flammans i själva verket normalt är betydligt smalare i toppen än i basen.



Figur 1. Principiell modell för beräkning av synfaktor.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt

$$F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$$

där $F_{A1,2}$ beräknas enligt följande:

$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1$$

där θ_1 och θ_2 är infallande vinkel (i aktuellt fall 0), och $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas på samma sätt för dess mått där:

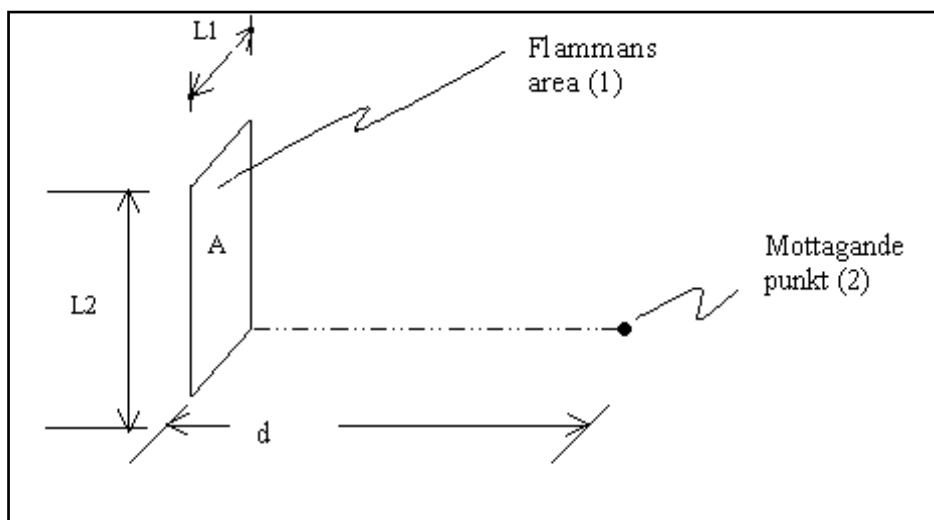
$$A_1 = L_1 \cdot L_2 \text{ enligt Figur 18.}$$

För beräkning av respektive ytas synfaktor används följande ekvation

$$F_{A1,2} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

där

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \text{ enligt Figur 18.}$$



Figur 18. Synfaktor för yta A.

I det fallet då ytorna A, B, C och D är lika stora betyder det att det är den mest kritiska punkten på avståndet d från branden som studeras, vilket är det som eftersöks vid beräkningar av konsekvensavstånd.

Infallande strålning – vinkelrätt från flaman

Den från branden infallande strålningen som når omgivningen varierar med flammans temperatur, synfaktorn och den brinnande massans emissivitet. Emissiviteten, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan. Exempelvis kan sägas att en blankpolerad yta har mycket lägre emissivitet än en mörk skrovlig yta. Den infallande strålningen kan beräknas genom:

$$q_r'' = \varepsilon \sigma F T_f^4$$

där

q_r' = Infallande strålning (kW/m²)

ε = Emissionstal

σ = Stefan-Boltzmanns konstant (= 5.67×10^{-11} kW/m²K⁴)

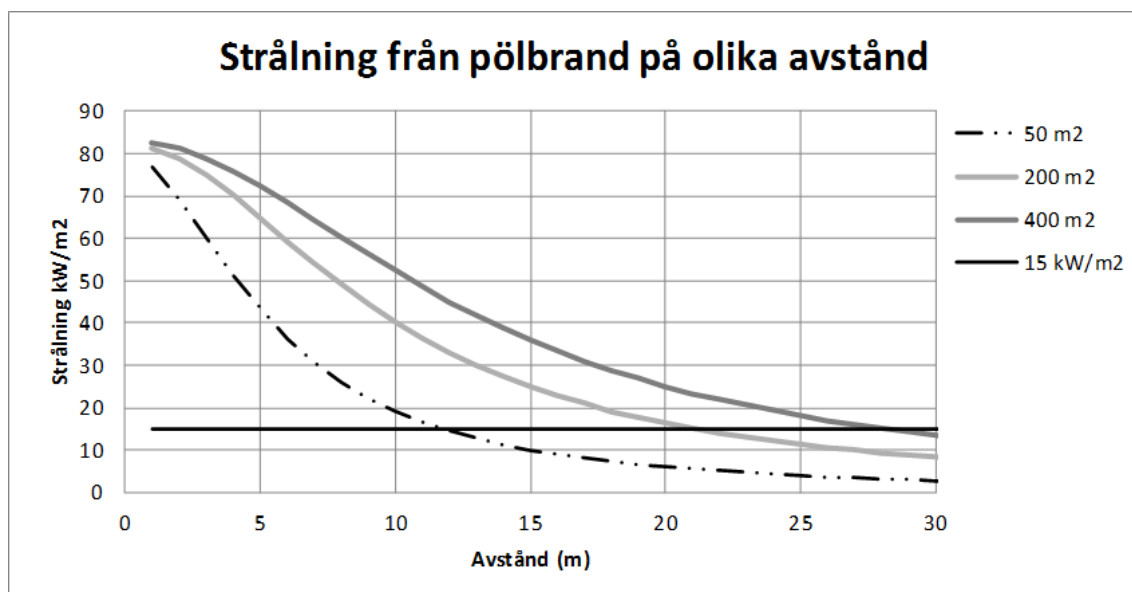
F = Synfaktor

T_f = Flammans medeltemperatur

Emissionstalet för en flamma varierar med materialets egenskaper och tjockleken på flammen, vilket tas hänsyn till i beräkningarna.

Resultat

De strålningsnivåer som, för olika vätskeformiga drivmedel, kan uppnås till följd av valda pölstorlekar presenteras i Figur 19. Strålningsnivåer värderas mot 15 kW/m² (svart streck) som acceptanskriterium för icke brandklassad fasad⁸.



Figur 19. Strålning från pölbränder med bensin i pöl.

De konsekvensbaserade skyddsavstånden för icke brandklassad fasad för valda pölstorlekar visas i Tabell 11 nedan. Dessa avstånd räknas från väggkant eftersom skydd antas finnas längs väggkant som hindrar vätska från att rinna av från vägbanan om inget annat är känt.

Tabell 11. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Längd/bredd	Konsekvensavstånd från pölkant [m]
Litet utsläpp	50 m ²	7,1	12 m
Mellanstort utsläpp	200 m ²	14,15	22 m
Stort utsläpp	400 m ²	20	28 m

BILAGA E – BERÄKNING AV RISKNIVÅER FÖR OLYCKA MED TRANSPORT AV FARLIGT GODS

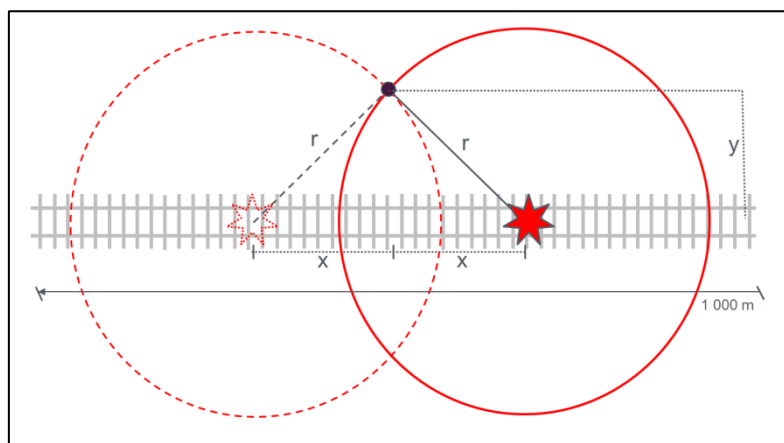
I följande avsnitt beskrivs hur beräkningarna av individrisk genomförs.

Individrisk

Beräkningsmetoden som används i denna riskbedömning bygger på den metod som används ibland andra Helsingborgs stads *Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*¹⁶

Resultaten av frekvensberäkningarna och konsekvensuppskattningarna ovan räknas samman till en risknivå utmed den aktuella sträckan genom en beräkningsgång som kan beskrivas enligt följande (med scenariot pölbrand som exempel).

En specifik punkt i omgivningen påverkas endast av en olycka som inträffar på en sträcka nära punkten. Längden på denna sträcka beror på punktens avstånd från järnvägen och hur stort område som det studerade olycksscenarioet påverkar, se Figur 20.



Figur 20. Olyckor med konsekvensavståndet (r) måste inträffa någonstans på sträckan ($2x$) för att påverka en given punkt på ett givet avstånd (y) från vägen. Med hjälp av Pythagoras sats kan sträckan ($2x$) beräknas, givet att konsekvensavståndet (r) samt avståndet till vägen (y) är känt.

Resonemanget i Figur 20 leder till att en frekvenskorrigeringsfaktor som är specifik för en punkt på ett givet avstånd kan beräknas. Beräkningarna bygger vidare på att ett stort antal punkter i omgivningen (olika värden på y) studeras med upprepade beräkningar för alla de identifierade olycksscenarierna. Den använda upplösningen för beräkningarna (värden på y) är:

0–50 meter från väggkant

Var 5:e meter

50–200 meter från väggkant Var 10:e meter

200–800 meter från väggkant Var 50:e meter

Formeln som används för att beräkna en frekvenskorrigeringsfaktor per kilometer blir:

$$\frac{2\sqrt{r^2-y^2}}{1000}, \text{ se Tabell 12.}$$

Tabell 12. Frekvenskorrigeringsfaktor (utsnitt).

↓ Olyckan når (r) [m]	Studerat avstånd (y) [m]					
	0	5	10	15	...	800
0	0	-	-	-		0
5	0,01	0	-	-		0
10	0,02	0,02	0	-		0
15	0,03	0,03	0,02	0		0
20	0,04	0,04	0,03	0,03		0
...						0
800	1,60	1,60	1,60	1,60		0

Siffrorna i tabellen utläses i det enklaste fallet som att om en olycka sker någonstans inom den studerade kilometersträckan och som har en konsekvens som når 5 meter kommer sannolikheten för att den påverkar en slumpmässigt vald punkt längs med spåret vara 1 %. Detta utgår ifrån att olyckan har en konsekvens som når totalt 10 m längs med spåret och det motsvarar 1 % av 1 km. För längre avstånd från spåret blir beräkningarna mer komplicerade utifrån de trigonometriska beräkningar som visas i Figur 20.

Vidare har det i konsekvensberäkningarna ovan uppskattats en fördelning av hur långa konsekvensavstånd som förväntas uppstå vid de olika scenarierna, vilka redovisas för pölbrand i Tabell 13. Dessa värden är framtagna utifrån de redovisade diagrammen i Figur 13 och Figur 17.

Tabell 13. Fördelning av konsekvensavstånd (utsnitt).

↓ Olyckan når (r) [m]	Sannolikhetsfördelning konsekvensavstånd
	Pölbrand
0	x %
5	y %
10	z %
15	x %
...	
800	0 %

Därefter multipliceras värden korsvis mellan de två tabellerna (Tabell 12 och Tabell 13) ovan. Resultatet redovisas i Tabell 14 för att väg samman sannolikheten att en olycka får ett visst konsekvensavstånd med sannolikheten att den specifika punkten påverkas av konsekvensen.

Tabell 14. Resultat av korsvis multiplikation (utsnitt).

	Studerat avstånd [m]				
↓ Olyckan når (r) [m]	0	5	10	15	.. 800
0	0	-	-	-	.. 0
5	0,0001	0	-	-	.. 0
10	0,0010	0,0009	0	-	.. 0
15	0,0024	0,0023	0,0018	0	.. 0
20	0,0072	0,0070	0,0062	0,0048	.. 0
...					

Respektive kolumn summeras sedan för att ta fram en reduceringsfaktor som ska appliceras på respektive avstånd för att ta hänsyn till hur stor del av den ursprungliga frekvensen som faktiskt påverkar en specifik punkt, se Tabell 15. Vidare sker en justering av frekvenserna med avseende på att vissa av olycksscenerierna inte har en cirkulär utbredning, utan bedöms påverka olika andelar av en cirkelsektor, se Tabell 16.

Tabell 15. Kolumnvis summering av Tabell 14 (utsnitt).

	Studerat avstånd [m]				
	0	5	10	15	... 800
Reduceringsfaktor	0,051	0,050	0,046	0,040	... 0

Tabell 16. Exempel på justeringar med avseende på olyckssceneriernas utbredning.

Olycksscenario	Andel av cirkel	Kommentar
Pölbrand	1	<i>Pölbranden antas ge cirkulär utbredning av värmestrålning</i>
BLEVE	1	<i>BLEVE antas ge cirkulär utbredning av värmestrålning</i>
Jetflamma	0,125	<i>Jetflamman antas ha en utbredning av 45 grader. Jetflamman kommer endast påverka planområdet i de fall den är riktad mot planområdet samt kan påverka bebyggelse på motsatt sida om vägen i det fall jetflamman är riktad rakt från planområdet. Om jetflamman istället riktas längs med vägen, dvs vinkelrätt från platsen åt två håll, eller är riskbidraget för intilliggande bebyggelse minimalt. I beräkningarna har dock riktningen inte beaktats, utan jetflamman har antagits ge ett riskbidrag oavsett riktning.</i>
Gasmolns-explosion	0,1	<i>Gasmolns-explosion (UVCE) antas enligt⁴ ge en utbredning av omkring 35 grader i vindriktningen (35/360=0,1)</i>

Efter detta multipliceras reduceringsfaktorn med respektive andel av cirkel och den ursprungliga frekvensen (för pölbrand beräknades den tidigare till $2 \cdot 10^{-5}$) för att ge en

individrisknivå på olika avstånd (Tabell 17). De resulterande värdena används slutligen för att plotta individrisken som en kurva.

Tabell 17. Resulterande individrisk på olika studerade avstånd (utsnitt).

	Studerat avstånd [m]			
	0	5	10	...
Individrisk	$0,051 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$	$0,050 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$	$0,046 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$...

REFERENSER TILL BILAGOR A-E

- ¹ Banverket (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Sven Fredén, Banverket: Borlänge.
- ² Trafikverket. (2020). *Bangods 2022, 2020-05-26*.
- ³ Trafikverket (2020). *Prognos för godstransporter 2040-Trafikverkets Basprognoser 2020*. Publikationsnummer: 2020:125
- ⁴ Purdy, G. (1993) *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*. Journal of Hazardous Materials, 33, 229-259. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- ⁵ Räddningsverket (1996). *Farligt gods – riskbedömning vid transport*. Karlstad, Statens räddningsverk.
- ⁶ HMSO (1991). *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances*. Appendix 9. London: Advisory Comitee on Dangerous Substances Health & Safety Comission.
- ⁷ SMHI (2006). *Vindstatistik för Sverige 1961-2004*. 25 maj 2006, Hans Alexandersson.
- ⁸ Lunds Universitet et al. (2012). *Brandskyddshandboken*.
- ⁹ CDC (2018). *The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Propane*. <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/74986.html> , hämtat: 2018-03-21.
- ¹⁰ SPBI (2018). *Statistik*. <http://spbi.se/statistik/> , 2018-06-12. Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet, 2018.
- ¹¹ Räddningsverket (2000). *Räddningskemi - Farliga ämnen*. Räddningsverket, Halmemies, Sakari, 2000.
- ¹² BBR. *Boverkets byggregler, BFS 2006:12*. u.o., Karlskrona : Boverket, 2006
- ¹³ Karlsson, B & Quintiere, J.G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*, 2000.
- ¹⁴ Tewarson, A. (2002). *Generation of Heat and Chemical Compounds in Fire – Chapter 3.4 SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3rd Edition*, Quincy, 2002.
- ¹⁵ Miljöförvaltningen i Stockholm kommun (2006). *Säkerhetsaspekter med E85 som drivmedel*, Stockholm, 2006.
- ¹⁶ Wuz (2010). *Helsingborgs stad – Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*. Kävlinge, Wuz risk consultancy AB