
RAPPORT

UMEÅ KOMMUN

Riskutredning farligt gods, ny detaljplan för Tomtebo strand, Umeå

UPPDRAGSNUMMER 13003269

RISKUTREDNING MED AVSEENDE PÅ TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E4 VID NY DETALJPLAN, DEL AV FASTIGHETEN TOMTEBO 2:1 M.FL. (TOMTEBO STRAND)



2020-03-04

SWECO ENVIRONMENT AB

MARTIN BJARKE

JOHAN NIMMERMARK

LISA GARD

KVALITETSGRANSKNING: JENNIFER GUSTAVSSON

Sammanfattning

I samband med planläggning av ett nytt stadsområde i Umeå har Sweco fått i uppdrag av Umeå kommun att genomföra en bedömning av risker för människor inom planområdet med anledning av dess närhet till farligt godsleden E4. Planen omfattar förvarning av ett oexploaterat område, där detaljplanen bostadsbebyggelse, detaljhandel, kontor och besöksboende.

Syftet med riskbedömningen är att säkerställa att risknivån med avseende på de identifierade riskkällorna är acceptabel för människor som uppehåller sig i planområdet.

Riskkällor som är av betydelse för detaljplaneområdet i dag och inom överskådlig framtid är transport av farligt gods på E4.

Beräkningarna av individ- och samhällsrisk visar en förhöjd risknivå inom området på grund av den stora mängden trafik på E4 och den höga persontätheten inom området. Det är därför motiverat med riskreducerande åtgärder.

Ur ett riskperspektiv bedöms det vara lämpligt att känsliga verksamheter såsom förskola, skola, äldreboende, byggnad avsedd för vård placeras bortom 150 meters avstånd från E4.

Planområdesgränsen ligger ca 40 meter från E4 vilket innebär att ett bebyggelsefritt avstånd kan upprätthållas. För bebyggelse som placeras inom 80 meter från vägområdet för E4 bedöms följande åtgärder vara lämpliga för att uppnå en acceptabel risknivå.

- fasader exponerade mot vägen ska utföras i obrännbart material (motsvarande A2-s1, d0) alternativt lägst brandteknisk klass EI 30
- friskluftsintag ska placeras på vägg som inte är exponerad mot vägen,
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

Utöver detta är det rimligt att ventilationen är avstängningsbar för samtliga byggnader inom planområdet.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	3
1.1	Syfte och mål	3
1.2	Tillvägagångsätt och avgränsningar	3
1.3	Riskdefinition	4
1.4	Värdering av risk	5
2	Lokala förhållanden och riskidentifiering	7
2.1	Områdesbeskrivning	7
2.2	Trafikmängder i Västerbottens län och Umeå kommun	8
2.3	Transport av farligt gods	9
2.3.1	Fördelning av farligt gods på E4	9
2.4	Riktlinjer för skyddsavstånd	11
3	Kvantitativ analys	12
3.1	Individrisk	12
3.2	Samhällsrisk	12
3.3	Osäkerheter och känslighetsanalys	13
3.4	Förenklingar och antaganden	14
4	Riskvärdering och åtgärder	15
4.1	Utvärdering av åtgärder	16
5	Slutsats	16
	Referenser	18
	Bilaga A – Frekvensberäkningar	19
	Bilaga B – Konsekvensberäkningar	28

1 Bakgrund

I samband med planering av ny bebyggelse i Nydala, Umeå, har Sweco fått i uppdrag att utreda risker med transport av farligt gods.

Transport av farlig gods medför en risk för människor och miljö kring vägarna och järnvägarna där godset transporteras. När ny bebyggelse eller annan markanvändning planeras intill stråk där farligt gods transporteras, behöver risker beaktas för att undvika att människor och egendom kommer till skada vid en eventuell olycka.

1.1 Syfte och mål

Denna riskbedömning genomförs för att utreda risksituationen med avseende på farligt gods för detaljplaneområdet. Syftet är att säkerställa att risknivån för människor som uppehåller sig inom planområdet är acceptabel. Förslag på riskreducerande åtgärder ges där så anses vara motiverat.

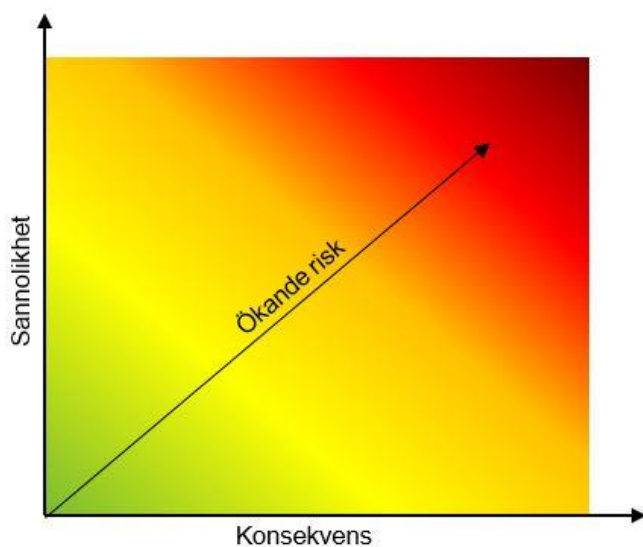
1.2 Tillvägagångsätt och avgränsningar

Uppdraget genomförs i följande moment:

- Beskrivning av vilka risker transporter av farligt gods innebär och vilka riskvärderingskriterier som är tillämpbara.
- Beskrivning av lokala förhållanden som kan påverka risknivåerna (exempelvis topografi).
- Riskbedömning där risknivåer redovisas som beräknade av individ- och samhällsrisknivåer som värderas mot tillgängliga riktlinjer.
- Beskrivning av möjliga riskreducerande åtgärder samt vilken typ av konsekvenser de skyddar mot.
- Rekommendation av lämpliga skyddsåtgärder som kan regleras i planbeskrivning och plankarta, för att uppnå en acceptabel risknivå för planerad bebyggelse.

1.3 Riskdefinition

Risk brukar definieras som en sammanvägning av sannolikheten för en önskad händelse och konsekvensen av denna händelse. Sannolikheten beskriver hur troligt det är att den önskade händelsen inträffar och konsekvensen beskriver omfattningen av de skador som kan uppstå. Figur 1 illustrerar hur risken ökar med ökande sannolikhet och/eller konsekvens av en händelse.



Figur 1. Risk som en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens.

Individrisk avser risken för dödlig skada på ett visst avstånd från en eller flera riskkällor och anges som sannolikheten att omkomma per år. Individrisk beskriver en teoretisk risk för en individ som står på samma plats under ett år och är oberoende av hur många människor som vistas inom det specifika området samt hur den omgivande bebyggelsen ser ut (Räddningsverket 1997).

Individrisken presenteras i denna riskutredning i form av en individriskkurva där risken beskrivs som funktion av avståndet från riskkällan.

För att beräkna individrisk används följande formel:

$$P_{olycka} \times P_{utsläpp|olycka} \times P_{scenario|utsläpp\ i} \times P_{konsekvensavstånd > studerat\ avstånd}$$

Där

P_{olycka} är sannolikheten för en urspårning eller lastbilsolycka per år (förväntad frekvens)

$P_{utsläpp|olycka}$ är sannolikheten för utsläpp för respektive godsklass givet att en urspårning eller lastbilsolycka inträffar

$P_{scenario utsläpp}$	är sannolikheten för ett visst scenario (explosion, brand etc.) givet att utsläpp har skett
$P_{konsekvensavstånd > studerat avstånd}$	är sannolikheten att en viss punkt på ett visst avstånd från banan ligger inom konsekvensavståndet.

I beräkningarna har studerat avstånd delats upp i intervaller på 5 meter upp till 150 meter från riskkällan (järnväg eller väg).

Samhällsrisk beskriver sannolikheten per år för att en eller flera människor omkommer. Riskbedömningen tar hänsyn den områdesspecifika persontätheten inomhus och utomhus samt hur denna varierar över dygnet. Konsekvenserna beräknas utifrån medelpersontätheten. Samhällsriskerna påverkas av hur omgivningen bebyggs och har beräknats inom ett område på 150 meter från väg och järnväg.

Samhällsriskerna presenteras i ett så kallat F/N-diagram (Frequency of accidents/Number of fatalities). I F/N-diagrammet kan man avläsa sannolikheten för att en eller flera personer omkommer i anslutning till riskkällan.

1.4 Värdering av risk

I Räddningsverkets rapport *Värdering av risk* (1997) diskuteras hur risker ska värderas i Sverige och förslag på principer för detta ges. Det ursprungliga syftet med rapporten var att verka som en startpunkt för diskussion gällande riskkriterier.

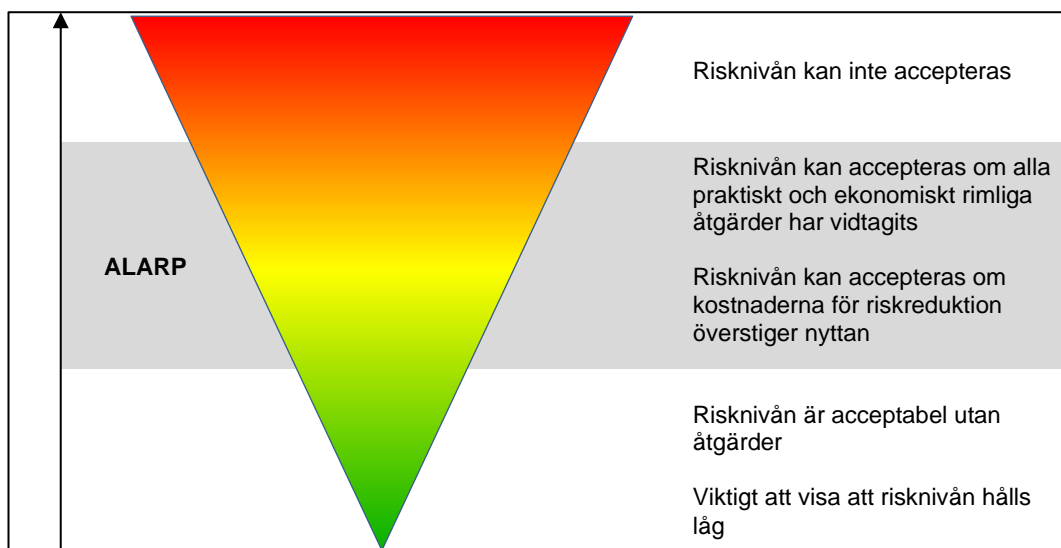
Rimlighetsprincipen: En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med teknisk och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas, oavsett risknivå.

Proportionalitetsprincipen: De totala riskerna som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar som verksamheten medför.

Fördelningsprincipen: Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de positiva effekter som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.

Principen om undvikande av katastrofer: Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.

I rapporten presenteras även ALARP-konceptet (As Low As Reasonably Practicable), vilket är en vanligt förekommande princip som används som underlag vid bedömning för om riskerna inom det aktuella området bör reduceras genom åtgärder (Figur 2).

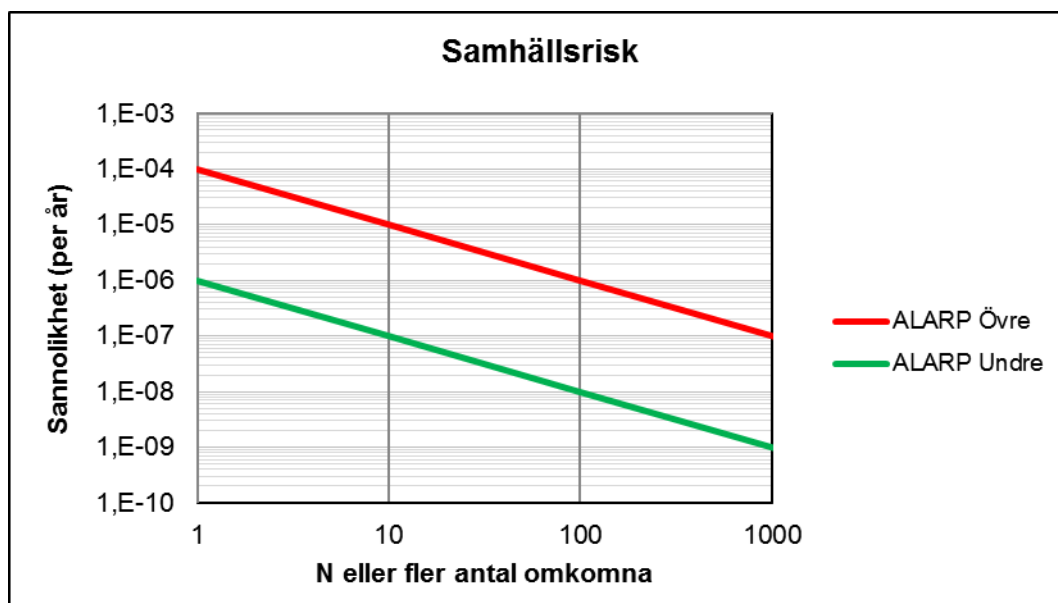


Figur 2. Förslag till uppbyggnad av riskvärderingskriterier enligt RIKTSAM.

I rapporten ges ett förslag till kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk från farlig verksamhet och transporter. Dessa har kommit att bli de riskkriterier som regelmässigt används för att värdera risk i Sverige, även om de ursprungligen var tänkta som ett underlag för diskussion.

För individrisk föreslås övre gräns för ALARP-området 10^{-5} per år och nedre gräns för ALARP-området 10^{-7} per år.

För samhällsrisk föreslås för ett dödsfall en övre gräns för ALARP-området på 10^{-4} per år och nedre gräns för ALARP-området på 10^{-6} per år. En lutning på linje för fler dödsfall föreslås vara -1. Det betyder att vi accepterar en högre sannolikhet för olyckor med ett fåtal avlidna än för stora olyckor med många döda. Sammantaget ger detta kriterier enligt Figur 3.



Figur 3. Förslag till kriterier för samhällsrisk (Räddningsverket 1997).

2 Lokala förhållanden och riskidentifiering

Europaväg 4 (E4) är Sveriges näst längsta väg, vilket sträcker sig från Torneå i Finland till Helsingborg i Sverige. Väg E4 är en viktig väg för såväl persontrafik som godstransporter¹.

Tillsammans med Umeå kommun har Trafikverket påbörjat ändringar av delar av vägnätet kring Umeå, i det så kallade Umeåprojektet – Västra Länken. Projektet berör bland annat E4 i centrala delar av staden, där syftet är att förbättra luft- och trafikmiljön i de centrala delarna av Umeå och öka framkomligheten och trafiksäkerheten på europavägnätet. Som följd av projektet är E4 idag flyttad från centrum till den östra länken som är en del av den nya ringleden.

E4 passerar väster om det planerade exploateringsområdet i Nydala och är som primär rekommenderad led för farligt gods ett riskobjekt för området.

2.1 Områdesbeskrivning

För Nydala sjöstad planeras en tätare kvartersstad med byggnader i 4-5 våningar. Exempel på markanvändning illustreras i en strukturplan i Figur 4. Kommunens mål för området är en exploateringsgrad på ca 3 300 bostäder. Verksamheter (kontor/utbildning) planeras på en yta om ca 100 000 m² och handel/service på en yta om ca 15 000 m². Inom området planeras även att förskoleverksamhet och skola.

I väster längs med planområdet ligger E4 som är primär rekommenderad led för transport av farligt gods. I sydvästra delen av exploateringsområdet ligger idag en rondell på E4,

¹ Trafikverket, Planlägningsbeskrivning – Umeåprojektet –Västra Länken, 2016-02-02

likaså i den norra änden av planområdet på E4. Mellan de två rondellerna är det cirka 500 meter. Tillåten hastighet på denna sträcka är 80 kilometer i timmen men det är troligt att tunga fordon inte kommer upp i denna hastighet innan de behöver bromsa in till nästa rondell. Planområdet fortsätter ett kort stycke efter rondellen i norr. Här är tillåten hastighet 100 kilometer i timmen.



Figur 4. Strukturplan med bebyggelseförslag för Tomtebo strand. Källa: White Arkitekter 2019-04-12.

2.2 Trafikmängder i Västerbottens län och Umeå kommun

Trafikuppgifter från Trafikverkets nationella vägdatabas (NVDB)² visar att på den aktuella delen av E4 förbi planområdet Nydalasjöstad har en ÅDT (årsdygnstrafik) på drygt 650 lastbilar i nordlig riktning och drygt 600 i sydlig riktning. Detta ger en förväntad tung trafik förbi området på totalt ca 1 1300 lastbilar i nuläget.

I samband med exploateringen av Tomtebo strand har några olika alternativ för trafiklösningar tagits fram och vilka trafikmängder som prognosticeras till 2030 presenteras i en trafikutredning (Trivector 2018). För syftet med denna riskutredning har vi utgått från det scenariot med mest trafik på sträckan av E4 (Kolbäcksvägen) förbi planområdet. Enligt trafikutredningen förväntas den mest trafikerade delen av E4 längs med området som mest uppgå till ca 19 000 fordon med en andel tung trafik på ca 9 %.

² Trafikverkets nationella vägdatabas (NVDB), hämtat 2019-05-09

2.3 Transport av farligt gods

Farligt gods är ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom vid en olycka eller felaktig hantering vid transport och lagring. Vissa ämnen utgör en mer direkt risk och andra ämnen utgör en risk först efter långvarig exponering.

Farligt gods delas enligt MSBFS 2012:6 (ADR-S)³ in i nio huvudklasser enligt Tabell 1.

Tabell 1. Klasser av farligt gods enligt ADR-S.

Klass	Ämnen
1	Explosiva ämnen
2.1	Brandfarliga gaser
2.2	Icke giftiga, icke brandfarliga gaser
2.3	Giftiga gaser
3	Brandfarliga vätskor
4.1	Brandfarliga fasta ämnen
4.2	Självantändande ämnen
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten
5.1	Oxiderande ämnen
5.2	Organiska peroxider
6.1	Giftiga ämnen
6.2	Smittförande ämnen
7	Radioaktiva ämnen
8	Frätande ämnen
9	Övriga farliga ämnen och föremål

Det är främst farligt gods i form av explosiva ämnen, brandfarliga och giftiga gaser, brandfarliga vätskor samt oxiderande ämnen (ADR-klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5.1) som förväntas kunna leda till dödliga konsekvenser bortom vägens direkta närområde. En motivering till varför övriga klasser inte bedöms utgöra en betydande risk i detta fall presenteras i Bilaga 2.

2.3.1 Fördelning av farligt gods på E4

Inom Västerbottens län har särskilda trafikräkningar för farligt gods utförts, dels inom Umeå 2005 och dels i Västerbottens inland under 2013.

I den senare kartläggningen var merparten (53 %) av observationerna brandfarliga ämnen (vätskor och gas), andra större grupper var ämnen som är farliga vid förhöjd temperatur (14%) och styckegods (13 %) (Länsstyrelsen i Västerbottens län 2013).

Den tidigare trafikräkningsstudien utfördes vid E4 i Umeå i 2005 (Umeå kommun 2005). I denna utredning genomfördes bland annat kontroller vid räkningsplatsen

³ Myndigheten för samhällsskydd och beredskapsföreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng.

E4/Kolbäcksvägen som ligger ca 3,5 kilometer norr om planområdet i Nydala. Vid denna plats räknades fordon som kom i söder- och norrgående riktning på E4, samt öst- och västlig riktning på Kolbäcksvägen, under en vecka mitten på maj. Fördelningen mellan ADR-klasser i denna studie liknade den som genomfördes för länets inland 2013.

Under veckan räknades totalt 251 fordon med farligt gods, med olika klassningar där flest var i brandfarlig vätska, stycke gods och frätande ämnen. Styckegods med okänt innehåll och ett antal med okänt innehåll bidrar till en viss osäkerhet.

Trafikräkningen vid platsen E4/ Kolbäcksvägen sammanställs i Tabell 2 och det är denna fördelning som används i beräkning av individ- och samhällsrisknivåer.

Av kartläggningen som gjordes 2005 (Umeå kommun 2005) framgår att det på den aktuella sträckan transporteras ett ovanligt stort antal transporter med giftig gas (50 % av antalet gastransporter klass 2) och ovanligt litet antal transporter brandfarlig gas (i riksgenomsnittet av antalet transporter är andelen giftiga gaser mycket låg på väg, men här är det en betydande andel av antalet transporter med farligt gods).

Tabell 2. Antal fordon per klass, E4/Kolbäcksvägen

Klass	Antal	Lokalt	Nationellt
1 Explosiva ämnen	2	1 %	0,14 %
2 Brandfarliga och giftiga gaser	29	15 %	26,21 %
3 Brandfarliga vätskor	62	32 %	39,65 %
4 Brandfarliga fasta ämnen	9	5 %	0,22 %
5 Oxiderande ämnen och Organiska peroxider	24	12 %	4,19 %
6 Giftiga/smittförande ämnen	2	1 %	0,22 %
7 Radioaktiva ämnen	0	0 %	0 %
8 Frätande ämnen	43	22 %	23,57 %
9 Övriga farliga ämnen och föremål	22	11 %	5,73 %
Okänt eller styckegods	58		
Totalt antal fordon m/farligt gods	251		

I beräkningarna används det nationella medelvärdet för andel farligt gods av tung trafik. Genom att utgå från dagens trafikering av vägen och justera ner denna till 2005 års nivå kan andelen farligt gods på vägen då trafikmätningen gjordes beräknas. Trafikeringen år 2005 uppskattas till ungefär 7000 lastbilar per vecka. Andelen farligt gods när trafikmätningen gjordes visar sig stämma väl överens med det nationella medelvärdet och det bedöms rimligt att anta att så är fallet även idag.

$$\frac{\text{Räknat antal transporter med farligt gods}}{\text{Uppskattat antal lastbilar}} = \frac{251}{7000} = 0,036$$

2.4 Riktlinjer för skyddsavstånd

Länsstyrelsen i Västerbottens län har inte själva tagit fram riktlinjer för hantering av farligt gods i planprocessen, men hänvisar på sin hemsida⁴ till riktlinjer för Norrbottens län. Riktlinjerna gäller för vägar med upp till 600 lastbilar per dygn och eftersom det på den aktuella sträckan för E4:an är betydligt mer trafik än så genomförs här plats specifika riskberäkningar.

Flertalet andra län begränsar normalt riskavståndet till 150 meter (Länsstyrelserna Skåne, Västra Götalans och Stockholms län 2006). För bebyggelse inom detta avstånd från en transportled med farligt gods bör en riskutredning göras.

⁴ <https://www.lansstyrelsen.se/vasterbotten/stat-och-kommun/samhallsbyggnad/plan--och-bygg-pbl/oversiktsplanering/sammanfattande-redogorelse-for-vasterbotten/2.hantering-av-halsa-och-sakerhet-i-oversiktsplanen.html#0>, hämtad 2019-05-07

3 Kvantitativ analys

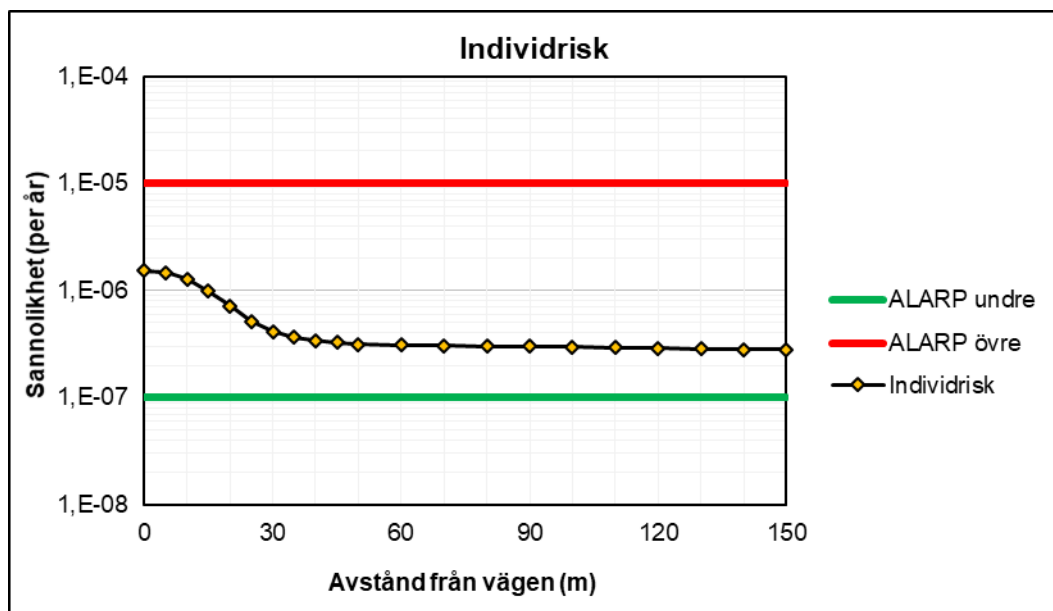
Nedan redovisas resultat för beräknade individ- och samhällsrisknivåer. Detta ger en uppskattning av de risker som trafiken på vägen innebär.

Beräkningarna tar inte hänsyn till lokala förhållanden såsom topografi, vägräcken eller liknande eftersom det skulle bli alltför tidskrävande och komplext. Beräkningarna förutsätter exempelvis att fordonet stannar kvar på vägen och att våtskor inte kan rinna mot bebyggelse.

Hänsyn till lokala förhållanden tas i riskvärderingen.

3.1 Individrisk

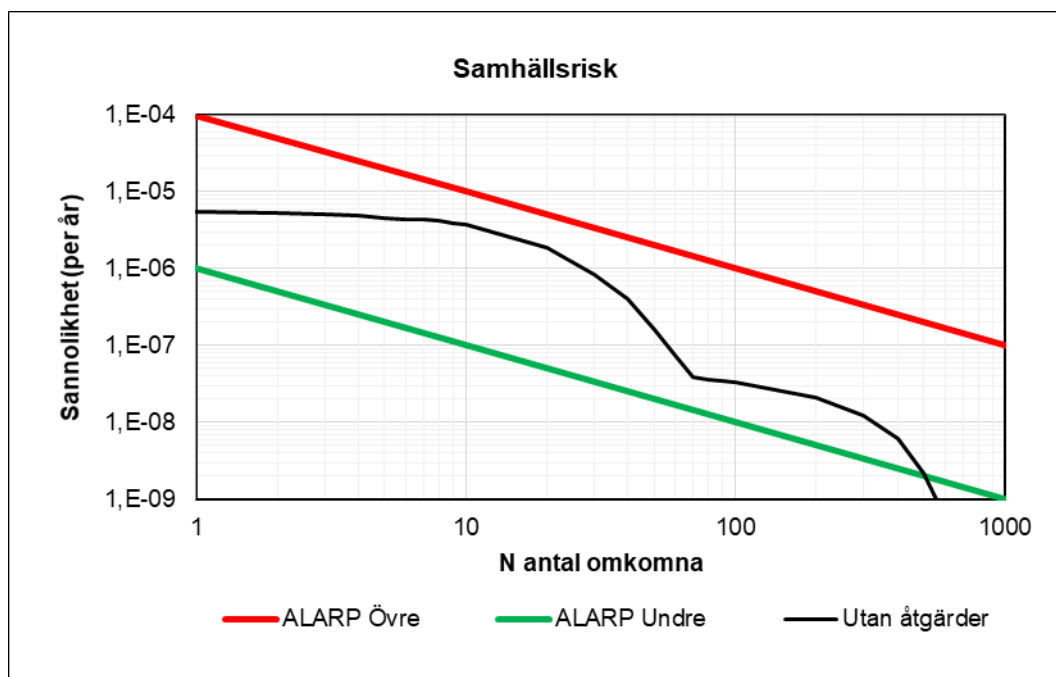
Individrisken presenteras i denna riskbedömning i form av en individriskkurva, Figur 5, där risken beskrivs som funktion av avståndet från riskkällan.



Figur 5. Individrisk för E4 längs Tomtebo strand.

3.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk beskriver risken med hänsyn till hur många människor som kan omkomma vid en olycka. Hänsyn tas då till den områdesspecifika persontätheten inomhus och utomhus samt hur denna varierar över dygnet. Konsekvenserna beräknas utifrån medelpersontätheten vilken uppskattas till 10 000 personer/km², vilket motsvarar tät sammanhållen stadsbebyggelse (Länsstyrelsen i Skåne län 2007). Beräknad samhällsrisk redovisas i Figur 6 nedan.



Figur 6. Samhällsrisk som transporter av farligt gods på E4 utgör för Tomtebo strand.

3.3 Osäkerheter och känslighetsanalys

Beräkningarna av individ- och samhällsrisk är förknippad med osäkerheter, exempelvis avseende uppskattade godsmängder, sannolikheter för identifierade olyckshändelser och konsekvenser. Beräkningsmodeller är en förenkling av verkligheten, men målet är att ge en tillräckligt bra beskrivning utifrån tillgänglig kunskap så att det ger ett robust beslutsunderlag.

I denna riskutredning har flera konservativa (försiktiga) antaganden och förenklingar gjorts. Antaganden behövs där det statistiska underlaget är otillräckligt och görs då på ett sätt så att riskerna inte underskattas. Detta medför att risknivåerna i verkligheten troligen är lägre än beräknat. För att hålla beräkningarna på en praktiskt hanterbar nivå görs också ett antal förenklingar. Några av de mer betydelsefulla antaganden och förenklingar som gjorts presenteras nedan.

I beräkningarna används intervall och Monte Carlo-simulering som ett sätt att beskriva osäkerheter, men det är viktigt att påtala att all osäkerhet inte fångats upp enbart med denna metod. Intervallen som används som indata till beräkningarna är i sig mycket osäkra och bygger inte på någon omfattande statistik över inträffade händelser. Generellt antas beräkningarna överdriva riskerna eftersom det med dessa ingångsvärden borde ha inträffat fler större olyckor i världen och i Sverige.

Resultaten ska dock inte heller tolkas som att låg sannolikhet är detsamma som att det inte kan inträffa. Ambitionen är att beräkningarna och hur de används leder till att ny

bebyggelse planeras med en avvägning mellan de risker som farligt gods utgör och de nyttor som uppnås genom att kunna exploatera mark intill transportlederna.

3.4 Förenklingar och antaganden

Frätande ämnen har inte beaktats då konsekvensavstånden är mycket korta. Akut påverkan på människor uppstår i princip endast om ämnet hamnar rakt på en person vilket innebär att den sannolikt redan påverkats av lastbilen eller det urspårande tåget. Inte heller smittförande ämnen, giftiga ämnen samt radioaktiva ämnen har beaktats eftersom antalet försändelser är mycket litet, sannolikheten för utsläpp är extremt låg alternativt konsekvensavstånden är mycket korta eller endast allvarligt under långvarig påverkan.

Konsekvensberäkningarna grundar sig på antagandet att alla ämnen inom respektive klass av farligt gods utgörs av det ämne inom klassen som kan ge allvarligast konsekvenser, till exempel svaveldioxid för giftiga gaser och hexan för brandfarlig vätska. Dessa utgör troligtvis endast en marginell del av respektive transporterad farligt gods-klass. För flera av scenarierna saknas tillräckligt statistiskt underlag för att mer noggrant beräkna sannolikheterna för att de ska inträffa och här görs i flera fall uppskattningar som bygger på ingenjörsmässiga bedömningar.

Hänsyn tas inte heller till att det för flertalet av scenarierna är så att byggnader närmast riskkällan kan verka skyddande mot bakomvarande bebyggelse. Detta hade minskat samhällsrisken.

Användningen av konsekvensavstånd är en förenkling, där sannolikheten att oskyddade individer som inte kan förflytta sig bort från riskkällan avlider är 100 procent om de befinner sig inom konsekvensområdet, och noll procent för de som befinner sig utanför riskområdet. Denna förenkling görs för att få en rimlig omfattning på beräkningarna, men kompenseras i viss mån av att sannolikhetsfördelningar för konsekvensavstånden används i beräkningarna.

I vissa riskutredningar hanteras detta på så vis att sannolikheten att omkomma antas vara olika för olika avstånd vilket gör det möjligt att fånga upp att sannolikheten att omkomma generellt är högre närmare riskkällan. Av praktiska skäl görs inte det här, utan den beräkningsmodell som används hanterar istället detta genom att ansätta ett intervall för avståndet till (100 %) dödlig skada. Detta får den effekten att vissa olycksscenario (exempelvis BLEVE, explosion pga. brandfarlig vätska som förångas samtidigt som den brinner) får relativt stort genomslag i beräkningarna av samhällsrisik, eftersom dödliga skada kan uppstå på långa avstånd även om detta sätt att räkna överskattar riskerna på längre avstånd, eftersom sannolikheten att omkomma minskar med avståndet (se bilaga B).

Att 100 % omkommer vid det angivna konsekvensavståndet gäller oskyddade personer utomhus. I beräkningarna antas att sannolikheten är lägre att personer som är inomhus omkommer, eftersom byggnader ger ett skydd mot de flesta scenarier. Även här är det så att sannolikheten avtar med avståndet, men att det av praktiska skäl förenklats till att sannolikheten att omkomma inomhus är konstant inom konsekvensavståndet.

14(35)

RAPPORT
2020-03-04

RISKUTREDNING FARLIGT GODS, NY DETALJPLAN FÖR
TOMTEBO STRAND, UMEÅ

Att räkna på detta sätt underskattar effekten av skyddsavstånd eftersom det överskattar risken på längre avstånd. I rekommendationerna tas viss hänsyn till detta genom att utgå från att skyddsavstånd har betydelse för många händelser, även om det inte får så stort genomslag i denna modell.

4 Riskvärdering och åtgärder

Riskbedömningen visar att både samhällsrisk och individrisk med anledning av transporterat farligt gods förbi området är på sådan nivå att rimliga åtgärder ska övervägas enligt principen om ALARP (As Low As Reasonably Possible).

Det är inga betydande höjdskillnader i området som påverkar risknivån märkbart.

Bebyggelsen behöver skyddas mot giftig gas och bränder med långa konsekvensavstånd. Risken avtar med avståndet, men giftig gas kan i värsta fall orsaka allvarliga skador på människor på mycket långa avstånd.

Normalt utgör giftig gas en mycket liten del av samhällsrisken eftersom andelen transporter är få. På den aktuella sträckan av E4 identifierades dock ett ovanligt stort antal transporter med svaveldioxid vid trafikräkningen som genomfördes 2005. Att införa åtgärder som ger ökat skydd mot utsläpp av giftig gas behöver inte innebära stora kostnader eller begränsningar i markanvändning. Det bedöms därför vara rimligt att överväga åtgärder mot giftig gas inom hela planområdet.

Inom området finns utrymme att placera känslig bebyggelse på längre avstånd från vägen. Därför rekommenderas att verksamheter såsom förskola, skola, äldreboende, byggnad avsedd för vård placeras på 150 meters avstånd från E4.

I planförslaget är kontor placerat närmast vägen på som närmast ca 40 meter, vilket bedöms vara acceptabelt förutsatt nedanstående åtgärder. Att bostadsbebyggelse placeras bakom kontor eller verksamheter är gynnsamt ur ett riskperspektiv.

Inom 80 meter från E4 ska bostadsbebyggelse, kontor och verksamheter utföras med följande skyddsåtgärder:

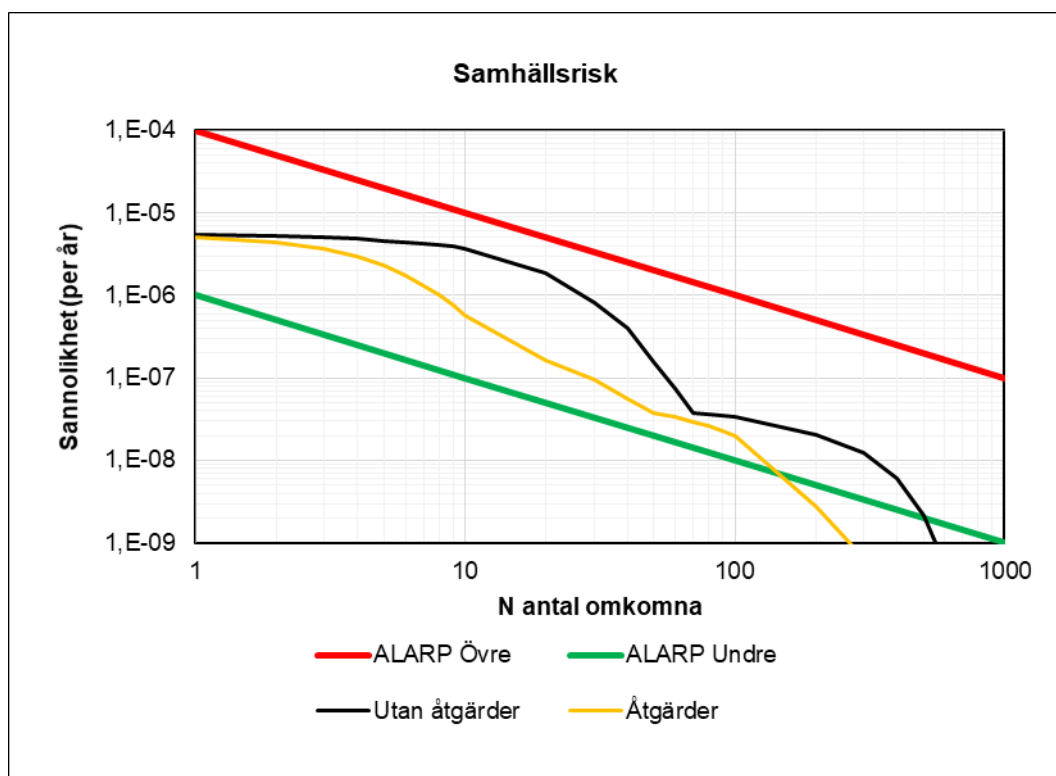
- fasader exponerade mot vägen ska utföras i obrännbart material (motsvarande A2-s1, d0) alternativt lägst brandteknisk klass EI 30.
- friskluftsintag ska placeras på vägg som inte är exponerad mot vägen (E4).
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

Inom hela området ska det vara möjligt att stänga av ventilationen.

4.1 Utvärdering av åtgärder

För att utvärdera de rekommenderade åtgärderna har samhällsriskberäkningar genomförts med följande antagande (se Figur 7):

- Brandklassad fasad minskar sannolikhet att omkomma inomhus vid en BLEVE till en femtedel.
- Avstängningsbar ventilation minskar sannolikheten att omkomma inomhus till 1/3.



Figur 7. Bedömd riskreducerande effekt av de brandklassad fasad och avstängningsbar ventilation.

5 Slutsats

På grund av den stora mängden trafik på E4 och den höga persontätheten inom området blir risknivåerna betydande och åtgärder behöver övervägas.

Ur ett riskperspektiv bedöms det vara lämpligt att känsliga verksamheter såsom förskola, skola, äldreboende, byggnad avsedd för vård placeras bortom 150 meters avstånd från E4.

Planområdesgränsen ligger ca 40 meter från E4 vilket innebär att ett bebyggelsefritt avstånd kan upprätthållas. För bebyggelse som placeras inom 80 meter från vägområdet för E4 bedöms följande planbestämmelser vara lämpliga för att uppnå en acceptabel risknivå.

16(35)

RAPPORT
2020-03-04

RISKUTREDNING FARLIGT GODS, NY DETALJPLAN FÖR
TOMTEBO STRAND, UMEÅ

- fasader exponerade mot vägen ska utföras i obrännbart material (motsvarande A2-s1, d0) alternativt lägst brandteknisk klass EI 30
- friskluftsintag ska placeras på vägg som inte är exponerad mot vägen,
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.
- Ventilationen ska vara avstängningsbar för byggnader inom 150 meter från E4:an.

Referenser

- Göteborgs stad. "Översiktsplan för Göteborg - fördjupad för sektorn farligt gods." 1999.
Länsstyrelsen i Västerbottens län. "Trafikräkning av farligt gods väg i Västerbottens läns inland." 2013.
Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. "Transport av farligt gods - Händelsesrapportering 2007-2012." 2014.
Räddningsverket. *Värdering av risk*. Karlstad: Räddningsverket, 1997.
Trivector. "Tomtebo strand - Trafikutredning." 2018.
Umeå kommun. "Trafikräkning - Farligt gods transporter." 2005.
White arkitekter. "Slutpresentation Tomtebo Strand." den 12 04 2019.

Bilaga A – Frekvensberäkningar

A1 Inledning

Risakanalysen bygger i detta fall på en uppskattning av sannolikheter för dödsfall per år, dels som individrisk och dels som samhällsrisk. Sannolikhet per år kan också tolkas som en förväntad frekvens, dvs. att en händelse förväntas inträffa ett visst antal gånger under en tidsperiod.

I många fall saknas tillförlitlig statistik för olika scenarier, och när antaganden måste göras har värden valts som ligger i närheten av antaganden i liknande utredningar som gjorts i Sverige. På så vis finns en strävan mot att resultaten av riskbedömningen blir liknande jämfört med andra platser inom landet, även om vissa parametrar är baserade på ingenjörsmässiga bedömningar.

Ett vanligt förekommande sätt att uppskatta sannolikheten för olika utfall vid en olycka är genom händelseträäd. Av praktiska skäl utgår metodiken från ett begränsat antal utfall där det egentligen handlar om ett spektrum av möjliga utfall. I denna rapport redovisas inte olika händelseträäd utan läsaren hänvisas istället till de olika konsultrapporter som ligger till grund för den sammanställning som redovisas.

Det finns olika sätt att uppskatta sannolikheten för olika utfall. Därför har en sammanställning gjorts med sannolikheter för olika scenarier som använts i andra riskutredningar i Sverige (WUZ 2016, WSP 2016 och 2014, Briab 2016, Brandskyddslaget 2015), och utifrån dessa underlag, tillsammans med Swecos egna beräkningar och ingenjörsmässiga uppskattningar, har ett troligt intervall för olika olycksscenarioer uppskattats.

A1.1 Händelseförlopp för olika typer av farligt gods

A1.1.1 Explosiva ämnen (ADR 1)

Exempel på explosiva varor är ammunition, tångas, krut, fyrverkerier och trotyl. Vid en antändning av explosiva varor uppstår en kraftig och kortvarig tryckvåg som kan skada människor och byggnader.

För transport av explosiva varor finns omfattande bestämmelser och restriktioner för att minska sannolikheten för olyckor och begränsa konsekvenser vid olyckor.

Det är endast så kallade massexplosiva varor (ADR-klass 1.1) som bedöms kunna skada människor allvarligt på längre avstånd än ett 10-tal meter (Göteborgs stad 1999). Massexplosiva varor är explosiva ämnen som har en benägenhet att explodera i sin helhet och därför åstadkomma stora skador. I denna riskutredning undersöks endast transporter med massexplosiva varor eftersom dessa bedöms kunna leda till allvarligast skador, samtliga transporter med explosivämnen antas vara av denna klass.

För att en explosion ska inträffa vid en olycka måste antingen en brand uppstå i lastbilen och sprida sig till det explosiva ämnet eller så måste de mekaniska påkänningarna vid kollisionen vara så stora att de utlöser en detonation. Sannolikheten för att en brand

uppstår efter en trafikolycka är relativt liten. Av dessa bränder släcks sannolikt ett flertal bränder av föraren eller av räddningstjänsten innan branden hunnit påverka lasten. Hur stor andel bränder som faktiskt släcks är dock mycket osäkert eftersom denna typ av statistik inte finns att tillgå.

Vid större transporter av explosiv vara (>1000 kg) måste varorna förvaras i brandklassade skåp för att minska sannolikheten för att utvändigt brand ska kunna påverka lasten. Detta innebär att även om en brand inte släcks är sannolikheten låg för att branden ska kunna antända de explosiva varorna. Vidare kommer flertalet explosiva ämnen att brinna upp istället för att detonera vid en brand. Sannolikheten för att en brand ska antända de explosiva varorna antas som en ingenjörsmässig bedömning konservativt till i medel 50 %.

På väg är det tillåtet att lasta upp till maximalt 16 ton explosivämnen. Det är dock mycket ovanligt med så stora laster eftersom strikta samlastningsregler gäller för explosiva ämnen. Hur stora laster som ingår i konsekvensberäkningar varierar mellan olika utredningar och bygger på ingenjörsmässiga bedömningar (WUZ 2016, WSP 2016). Detta påverkar fördelningen för konsekvensavstånden.

Med mekanisk påverkan på de explosiva varorna avses den stöt som uppstår vid en trafikolycka. Hur stor stöt som krävs för att de explosiva varorna ska antända är oklart. Ett flertal explosiva varor kräver kollisionshastigheter som överstiger flera hundra m/s för att antända, vilket motsvarar hastigheten hos en projektil från ett vapen. Detta tyder på att en kollision sannolikt inte kan orsaka en antändning. Denna bedömning är dock förknippad med osäkerheter. Konservativt görs en ingenjörsmässig bedömning i de flesta riskutredningar att 0,2 % sannolikhet för att mekanisk påverkan är tillräcklig för en explosion.

A1.1.2 Tryckkondenserade gaser (ADR 2)

Tryckkondenserade brandfarliga och giftiga gaser transporteras i tjockväggiga tankar vilka klarar relativt stora påfrestningar vid en olycka utan att punktering och utsläpp av gasen sker. Om ett sådant utsläpp ändå sker är skadeområdet starkt beroende av utsläppets storlek, vind- och väderförhållanden samt geografiska- och topografiska förhållanden inom planområdet. Sannolikheten för punktering antas variera med hastigheten (se avsnitt A1.2.2). Därefter görs ett antagande om storleken på hålet.

Brandfarliga gaser (ADR 2.1)

Vid ett läckage av brandfarliga gaser kan utsläppet antända direkt, inte antända alls eller så sker en fördröjd antändning. När eller om gasen antänder får stor inverkan på konsekvensernas omfattning.

Ett utsläpp av brandfarliga gaser kan skada människor dels genom förgiftning, dels genom värmestrålning eller tryckpåverkan om gasen skulle antända. Om ett utsläpp av brandfarlig gas inte antänder i direkt anslutning till olycka skulle ett drivande gasmoln kunna uppstå som sannolikt har toxiska effekter för människor. Ett sådant gasmoln skulle vara mycket lättantändligt eftersom en brännbar blandning bildas tillsammans med luftens

20(35)

RAPPORT
2020-03-04

RISKUTREDNING FARLIGT GODS, NY DETALJPLAN FÖR
TOMTEBO STRAND, UMEÅ

syre. Energin i ett fordon, en cigarett eller ett gatljus skulle potentiellt kunna antända gasmolnet. Detta innebär att ett gasmoln med tillräckligt hög koncentration för att förgifta människor sannolikt antänder och leder till brännskador långt innan allvarlig förgiftning uppstår.

Om ett utsläpp av brandfarlig gas antänds har följande tre scenarier beaktats:

Jetflamma: Gasen skulle kunna antända direkt efter utsläppet och ge upphov till jetflamma. Beroende på utsläppets storlek och trycket i det tryckkärl som gasen förvaras i kan jetflamman nå storlekar på från några få meter upp till 75 m. Jetflamman kan skada människor och egendom dels genom en direkt träff av jetflamman och dels genom värmestrålning från flammen.

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) kan inträffa om ett tryckkärl med kondenserad brandfarlig gas utsätts för extrem upphettning. Tryckkärlet förlorar då sin tryckbärande förmåga och briserar med ett stort eldklot som följd. Människor och egendom kan då skadas av värmestrålning och splitter eller stora kaststycken från t.ex. tryckkärlet. Denna händelse förväntas endas ske som en dominoeffekt av en jetflamma eller pölbrand, som i sin tur hettar upp det lastade tryckkärlet. En BLEVE bedöms konservativt inträffa i 1 % av de olyckor där en vagn med brandfarlig gas är involverad.

Gasmolnsbrand eller gasmolnsexplosion: Dessa skadehändelser kan inträffa om inte gasmolnet antänder direkt efter att utsläppet inträffat. Ett gasmoln kan då driva iväg i vindriktningen och antända långt ifrån utsläppskällan. Vid en gasmolnsbrand bedöms endast allvarliga skador uppstå på de personer och byggnader som är inom molnet. Vid en gasmolnsexplosion kan en tryckvåg uppstå som skadar byggnader och i sin tur människor utanför gasmolnet. För att en gasmolnsexplosion ska inträffa krävs dock mycket stora mängder gas i gasmolnet och gasen måste vara väl omblandad med luft så att explosiva koncentrationer uppstår. En spridningsvinkel för gasmolnsbrand antas konservativt till 45°.

Giftiga gaser (ADR 2.3)

Farligt godsklass 2.3, giftiga gaser, kan ha en starkt toxisk effekt om människor exponeras för något av dessa ämnen. Konsekvenserna som uppstår vid ett utsläpp av giftig gas beror bland annat på läckagets storlek, gasens toxicitet, vind- och väderförhållanden och områdets topografiska förutsättningar. I denna riskutredning antas alla vindriktningar vara lika sannolika.

Spridning av gasmoln påverkas till stor del av rådande väderförhållanden. Beroende på bland annat vindstyrka och solinstrålning påverkas riktning och gaskoncentration. Gasmolnet sprids som en plym vars form är beroende av ett flertal faktorer, bland annat källstyrka och vindstyrka. Vid högre vindstyrkor blir plymen längre med smalare och vid lägre vindstyrkor blir plymen bredare men kortare (WSP 2016). Siffror för spridningsvinkel som redovisas i olika rapporter varierar mellan 15° (Thomasson 2017) och 60° (WSP 2016). Hänsyn har tagits till detta genom att anta att plymens vinkel vid ett utsläpp kan variera med 15-60°.

Exempel på mycket giftiga gaser som transporteras på svenska trafikleder är klor, ammoniak och svaveldioxid. På väg transporteras vanligen inte större mängder än 25 ton gas per fordon.

A1.1.3 Brandfarliga vätskor (ADR 3)

Vid ett utsläpp av brandfarlig vätska skulle människor i närheten av utsläppet kunna skadas allvarligt om utsläppet antänder. Några exempel på brandfarliga vätskor är bensin, E85 (etanol) och diesel. De fysikaliska egenskaperna hos olika brandfarliga vätskor gör att de har olika stor benägenhet att antända, exempelvis antänder bensin och E85 mycket snabbare än diesel. Eftersom transportfördelningen mellan olika brandfarliga vätskor är okänd behandlas samtliga transporter med brandfarliga vätskor som transporter med en lättantändlig vätska (hexan) vilket är en konservativ ansats då det är mer brännbart än bensin.

Ett utsläpp av en brandfarlig vätska med efterföljande antändning resulterar sannolikt i en pölbrand. Konsekvenserna för människor av denna händelse härleds främst till den värmestrålning som pölbranden ger upphov till.

Ett utsläpp av brandfarlig vätska skulle även kunna ge upphov till en gasmolnsbrand. Om ett stort utsläpp sker en varm dag och vätskan är flyktig skulle ett ångmoln kunna bildas och driva iväg. Ångmolnet skulle kunna antända och skada människor och byggnader bortom utsläppsplatsen. Denna händelse bedöms dock som osannolik och antas ske i ca 1,5 % av fallen.

Sannolikhet för antändning av vätskepöl vid olycka på väg uppskattas vanligen till ca 3 % (WSP 2016, WUZ 2016) vilket baseras på den riskanalys som gjordes 1993 för Storbritannien (Purdy, 1993). För ett gasmoln bedöms antändningssannolikheten vara 50 %. Spridning av eventuellt gasmoln följer spridning enligt brandfarlig gas ovan.

A1.1.4 Oxiderande ämnen och organiska peroxider (ADR 5.1 och 5.2)

Oxiderande ämnen (klass 5.1) är klassade som farliga i den mån att de kan fungera som katalysatorer vid brandförlopp men de är inte brandfarliga i sig. Om ämnet kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex diesel, motorolja etc.) kan det leda till självantändning och kraftiga brand- eller explosionsförlopp.

Organiska peroxider (klass 5.2) utgör endast en marginell del av antalet försändelser med farligt gods och har ur ett riskperspektiv liknande egenskaper som oxiderande ämnen. Antalet transporter av klass 5.2 läggs därför i beräkningarna till antalet transporter av klass 5.1

De ämnen som bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Även ammoniumnitrat har historiskt sett varit inblandat i olyckor med kraftiga bränder och explosioner. När det transporteras som ADR klass 5.1 är det dock i blandningar som

22(35)

RAPPORT
2020-03-04

RISKUTREDNING FARLIGT GODS, NY DETALJPLAN FÖR
TOMTEBO STRAND, UMEÅ

minskar sannolikheten för detonation så mycket att detta bedöms vara mycket osannolikt. Regler kring transport gör det mycket osannolikt att oxiderande ämnen kommer i kontakt med t.ex. brandfarliga vätskor.

Gemensamt är att en uppskattning görs av sannolikhet för utsläpp av oxiderande ämnen samtidigt som ett utsläpp av organiskt material som därefter ger upphov till brand eller explosion. Bedömningarna skiljer sig relativt mycket mellan olika rapporter (WUZ 2016, Sweco 2016, WSP 2016). Blandning med annat organiskt material antas till mellan 10 och 50 %, och att det därefter uppstår brand till ca 1 %, alternativt att en explosion inträffar med 1 till 10 % sannolikhet. För vägtransporter ökar sannolikheterna för omblandning med organiskt material eftersom lastbilen som transporterar ämnet och andra fordon har drivmedel som kan läcka ut vid en olycka. Det intervall för sannolikheter som valts bedöms vara tillräckligt konservativt.

A1.2 Frekvensberäkningar för lastbilstrafik

A1.2.1 Frekvensberäkningar för trafikolycka med lastbil

Sannolikheten för olycka med lastbil beräknas enligt följande ekvation:

$$P_o = N \cdot Q \cdot L \cdot F \cdot 365$$

N = Antalet lastbilar per dygn (ÅDT_{tung})

Q = Olyckskvot (antalet olyckor/ fordonskilometer)

L = Längd för berörd vägsträcka (km)

F = Korrigeringsfaktor för antalet fordon per olycka

Denna beräkning upprepas för varje ADR-klass för 1 km väg.

Eftersom det saknas lokal statistik över hur stor andel av lastbilarna som transporterar farligt gods och fördelningen mellan olika ADR-klasser på sträckan antas det följa Sveriges nationella statistik. Andelen farligt gods uppskattas till 3-3,5 %.

Olyckskvoten Q baseras på Vägverkets modell för olycka med tunga fordon (1998). Korrigeringsfaktorn för antalet fordon per olycka (F) ansätts till 1,8 för tätort och 1,5 i landsbygd enligt Vägverket (1998). För att få med parametern i osäkerhetsanalysen ansätts en variation på +/- 25 %. Beräknade frekvenser (sannolikhet per år) för olycka med fördelat på olika godsklasser redovisas i Tabell A-4.

Tabell A-4. Beräkning av olycksfrekvenser (sannolikhet per år) på E4 genom Tomtebo strand.

	E4
Antal lastbilar per dygn	1204

Olyckskvot	0,5
Korrigerig flera fordon	1,5
Olyckfrekvens per år, farligt gods	0,011
ADR 1 – Explosiva ämnen	$1,1 \times 10^{-5}$
ADR 2.1 - Brandfarlig gas	$3,8 \times 10^{-4}$
ADR 2.3 - Giftig gas	$8,0 \times 10^{-4}$
ADR 3 - Brandfarlig vätska	$3,4 \times 10^{-3}$
ADR 5 - Oxiderande ämne och peroxider	$1,3 \times 10^{-3}$

A1.2.2 Utsläpp vid en trafikolycka med lastbil

För att beräkna hur stor sannolikheten för ett utsläpp i händelse av en olycka är, studeras sannolikheten för att en tank brister. Ofta har en modell utvecklad av Statens väg- och transportforskningsinstitut och detaljerad beskriven i VTI-modellen använts för att uppskatta detta (Statens räddningsverk 1996). I senare studier har man konstaterat att en del av underlaget och antaganden som modellen bygger på innebär stora osäkerheter för resultatet av beräkningarna (Ardin & Markselius 2016).

Till exempel har andelen singelolyckor motsatt effekt i VTI modellen jämfört med verkligheten, där en hög andel minskar beräknad frekvens när antalet singelolyckor i själva verket utgör majoriteten av olyckor med farligt gods.

Det har konstaterats att parametern olycksindex för farligt gods, som är ett mått på sannolikheten att en tank brister, är baserad på otillräckligt underlag och trots korrigerig för hastighetsbegränsning bidrar den med betydande osäkerheter i beräkningen av frekvensen för olycka mer farligt gods. Man har sett att till exempel vägrenens lutning, liksom korsningar har påverkan på sannolikheten för om tanken välter i samband med en olycka och därmed sannolikheten för utsläpp.

Sannolikheten för läckage på tank med vätska kan enligt Trafikverkets modell för Yt- och grundvattenskydd (2013) ansättas till 0,03 oavsett hastighetsbegränsning på vägen. Det är ointuitivt att hastighet inte skulle ha någon betydelse så i brist på bättre underlag används VTI-modellen med en justering för att lastbilar inte ska ha högre hastighet än 90 km/h. Detta ger värden på index för farligt godsolycka som presenteras i Tabell A-5 nedan. I beräkningarna antas en osäkerhet på +/- 50 %.

Tabell A-5. Sannolikhet för utsläpp givet olycka.

Hastighetsbegränsning	50	60	70	80	90	100	110
Index för olycka med farligt gods, tunnväggig tank	0,02	0,07	0,11	0,195	0,28	0,28	0,28

Gaser transporteras under tryck i tankvagnar med större tjocklek än vätskor och därmed

större tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med vätskor. Detta har inkluderats i beräkningarna.

A1.2.3 Frekvens för scenario med farligt gods på väg

I Tabell A-6 redovisas beräknade frekvenser för respektive scenario vid olycka med ämnen från respektive ADR-klass. Sannolikhetsfördelningen för respektive scenario bygger på en sammanställning av ett flertal olika riskutredningar som utförts av ett flertal olika konsultfirmor i Sverige de senaste 5 åren.

Tabell A-6. Sammanställning av sannolikhetsfördelningar för de olika scenarierna och beräknade frekvenser för dessa för 1 km av E4 genom Tomtebo strand.

Klass	Scenario	Sannolikhet för scenariot givet utsläpp (%)			Beräknad frekvens (medelvärde)
		Min	Mest troligt	Max	E4
1	Explosion*	0,01	0,1	1	$2,7 \times 10^{-8}$
2.1	BLEVE	0,1	1	2	$1,7 \times 10^{-8}$
	Jetflamma	2	6	20	$1,3 \times 10^{-7}$
	Gasmolnexplosion (UCVE)	6	30	60	$5,1 \times 10^{-7}$
2.3	Giftigt gasmoln		100%		$8,2 \times 10^{-9}$
3	Pölbrand	2	3	13	$1,5 \times 10^{-5}$
	Gasmolnsbrand	0,1	1,5	3	$5,1 \times 10^{-6}$
5.1	Explosion	0,04	0,3	1,0	$5,9 \times 10^{-8}$
	Brand	0,3	0,35	0,4	$5,5 \times 10^{-8}$

*För ADR-klass 1 är det istället krockvåld och brand som kan utlösa en explosion.

A2 Referenser

- Alvarsson & Jonsson, 2016. *Jämförelsestudie av riskbedömningar avseende vägtransport av farligt gods*, Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds tekniska högskola
- Andersson, E. 2014. Säkerhet mot tågurspårning i Väsby Entré.
- Ardin & Markselius, 2016. *Utsläpp av farligt gods vid vägtransport - Utvärdering av modell för frekvensberäkning*. Riskhantering och samhällssäkerhet, Lundstekniska högskola.
- Banverket/Fredén 2001. Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen. Banverket, Miljösektionen, Rapport 2001:5.
- Barkan et al. 2003. Analysis of railroad derailment factors affecting hazardous materials transportation risk.
- Brandskyddslaget 2015. Riskanalys Härnevi 1:17 Upplands bro.
- BRIAB 2016. Riskbedömning, Kvarteret Siv, Uppsala.
- Göteborgs stad 1999. Översiktsplan för Göteborg – fördjupad för sektorn transport av farligt gods.
- International Union of Railways (UIC) 2002. UIC Code 777-2: Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone.
- Länsstyrelsen Skåne län 2007. Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM).
- MSBFS 2012:7, RID-S 2013. Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg.
- Purdy 1993. Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail.
- Räddningsverket 1996. Farligt gods - riskbedömning vid transport.
- Statens räddningsverk, 1996. *Farligt Gods riskbedömning vid transport - Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*. Karlstad: Statens räddningsverk.
- Sweco 2016. *Riskutredning Riddersvik studentbostäder*.
- Trafikverket, 2013. Yt- och grundvattenskydd. Publikation 2013:135
- WSP 2014. Detaljerad riskbedömning för detaljplan. Transport av farligt gods på järnväg - Yllestad 1:21 m.fl., Kättilstorp.
- WSP 2016. *Detaljerad riskbedömning för vägplan. Transport av farligt gods på väg. Trafikplats Fagrabäck, Växjö kommun*.
- VTI 1994. *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods*.

26(35)

RAPPORT
2020-03-04

RISKUTREDNING FARLIGT GODS, NY DETALJPLAN FÖR
TOMTEBO STRAND, UMEÅ

VTI rapport Nr 3 387:4 1994. Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transporter av farligt gods på väg och järnväg.

WUZ 2016. Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods, översiktlig riskanalys för väg och järnväg i Borås Stad.

WUZ, 2015. *Bebyggelseplanering och farligt gods i Norrbottens län.*

Vägverket 1998. *Förorening av vattentäkt vid vägtrafikolycka.*

Bilaga B – Konsekvensberäkningar

I denna bilaga beskrivs hur konsekvenserna av en olycka har beräknats.

Konsekvensberäkningarna har gjorts i följande steg:

Kriterier för vad som ska betraktas som risk för dödlig skada diskuteras för

- tryckpåverkan vid explosion
- värmestrålning vid brand
- förgiftning vid exponering av giftig gas

Avstånden inom vilka dessa kriterier uppnås för de olika scenarierna för varje godsklass har beräknats.

B1.1 Typ av utbredning

Beroende på typ av ämne som är inblandat blir utbredningen av konsekvensområdet runt olyckan olika. En del av de möjliga scenarierna påverkas av vindriktning och väderförhållanden medan andra beror på vilket håll ett läckage är riktat mot. För att beräkna risken för det planerade planområdet används värdena i Tabell B-1.

Beroende på konsekvensavståndet och typ av spridning justeras den beräknade frekvensen för att få fram individrisken på olika avstånd.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet.

Tabell B-1. Typ av spridningsutbredning.

Konsekvens	Spridning	Beräkningsfaktor
BLEVE	Alla riktningar	1
Jetflamma	En av sidorna och uppåt. Spridningsriktning beror på var hål uppstår.	2/3
Gasmolnsbrand	I vindriktningen 45°	45/360
Gasmoln, giftig gas	I vindriktningen 22°	15-60/360
Pölbrand	Alla riktningar	1
Oxiderande ämne	Alla riktningar	1

B1.2 Individriskbidrag beroende på konsekvensavstånd

En olycka som inträffar på sträckan (1 km) har nödvändigtvis inte ett konsekvensavstånd som verkar över hela sträckans längd. Därför görs en korrigering för att räkna ut hur stor andel av frekvensen (som gäller på hela sträckan) som bidrar till individrisken på ett visst avstånd från vägen. Andelen beräknas enligt följande formel, med de olika avstånden förklarade i Figur B-1:

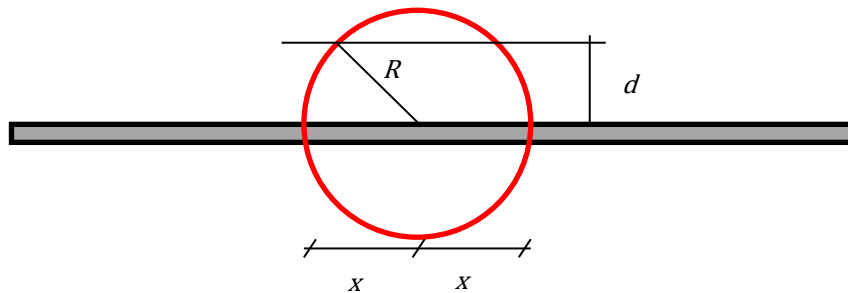
28(35)

RAPPORT
2020-03-04

RISKUTREDNING FARLIGT GODS, NY DETALJPLAN FÖR
TOMTEBO STRAND, UMEÅ

$$\text{Andel av frekvensen för hela sträckan} = \frac{2 \cdot x}{1 \text{ km}}$$

$$x = \sqrt{(R^2 - d^2)}$$



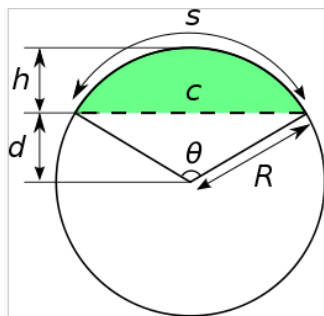
Figur B-1. Skiss över hur individriskbidraget beräknas för avståndet d från transportleden.

B1.3 Beräkning av areor för samhällsrisk

Samhällsrisk beräknas som en summa av de areor som kan påverkas vid en olycka multiplicerat med sannolikheten per år (uppskattad frekvens) för påverkan för respektive area, detta multipliceras slutligen med befolkningstätheten som antas variera med avståndet från vägen enligt kapitel B1.4.

Samhällsrisk har uppskattats för ett område på 150 meter på var sida om transportleden.

Eftersom scenarierna med farligt gods har någon typ av cirkulär utbredning beräknas areorna på olika avstånd från vägen som segment av en cirkel (se Figur B-3).



Figur B-3. Principskiss för hur arean som påverkas bortom ett visst avstånd beräknas vid cirkulärt konsekvensavstånd.

B1.4 Persontäthet

Persontätheten som använts för de olika scenarierna för samhällsriskberäkningarna i redovisas i Tabell B-2. Det bebyggelsefria avståndet bedöms ha lägre persontäthet än

resten av området. Samhällsrisken för vägen har beräknats för flera olika skyddsavstånd. Här redovisas indata för beräkningar med 45 meter skyddsavstånd.

I samhället i stort befinner sig människor till största delen inomhus, därav ansätts att 90 % (98 % nattetid) av befolkningen befinner sig inomhus på avstånd av 45 från vägen och längre.⁵

Tabell B-2. Antaganden om persontäthet som använts i beräkningarna.

Avstånd från E4 (meter)	Andel utomhus (dag)	Andel inomhus (dag)	Andel utomhus (natt)	Andel inomhus (natt)	Persontäthet per km ²
0-45	100 %	0 %	100 %	0 %	0
45-50	10 %	90%	2 %	98 %	15 000
50-55	10 %	90%	2 %	98 %	15 000
...

B1.5 Sannolikhet att omkomma inne/ute

Att befinna sig inomhus ger i många scenarier ett viss skydd, exempelvis mot värmestrålning eller gas (VROM 2005). Vid beräkning av samhällsrisk har därför antaganden gjorts om att sannolikheten att omkomma inomhus är lägre enligt Tabell B-3.

För ADR 1 – Explosiva ämnen och föremål är det istället omvänt så att avståndet för dödliga skador är kortare utomhus än inomhus. Avståndet för där en tryckökning är så stor att det kan leda till dödliga skador på en människa är betydligt kortare än det avstånd där väggar kan raseras och fönster splittras. Även om en person överlever en tryckvåg kan de skadas allvarligt av glassplitter eller att byggnadsdelar kollapsar. Därför används i beräkningarna två konsekvensavstånd, ett inomhus och ett utomhus men där sannolikheten att omkomma inomhus inte är 100% inom detta avstånd utan det avstånd som anges i tabellen.

Antaganden om att omkomma inomhus antas vara konstant inom konsekvensavståndet, vilket precis som för konsekvensavståndet utomhus är en förenkling eftersom värmestrålning, tryckpåverkan och giftiga koncentrationer avtar med avståndet. För de flesta scenarier antas den fördelning som redovisas i Tabell B-3 vara en konservativ uppskattning då byggnader bör ge gott skydd.

⁵ . VROM 2005. Guidelines for quantitative risk assessment.

Tabell B-3. Sannolikhet att omkomma inomhus vid de konsekvensavstånd som beräknats för oskyddade individer.

Scenario	Sannolikhet att omkomma inomhus*
ADR 1 – Explosion, raserade byggnader/splitter	25-75 % pert-fördelning
ADR 2.1 – Jetflamma, gasmolnsbrand	25-75 % pert-fördelning
ADR 2.3 – Giftigt gasmoln	5-15 % uniform fördelning
ADR 3 – Gasmolnsbrand	25-75 % pert-fördelning
ADR 3 – Pölbrand	25-75 % pert-fördelning
ADR 5 – Brand	40-60 % uniform fördelning
ADR 5 – Explosion	25-75 % pert-fördelning

* Inom det konsekvensavstånd som beräknats för oskyddade individer.

B2 Sammanställning över konsekvensavstånd

Konsekvensavstånd för olika scenarier vid utsläpp av farligt gods har beräknats i många olika riskanalyser i Sverige. Flera konsultfirmor i Sverige med specialister inom riskanalys av farligt gods har utarbetat egna modeller för konsekvensberäkningar.

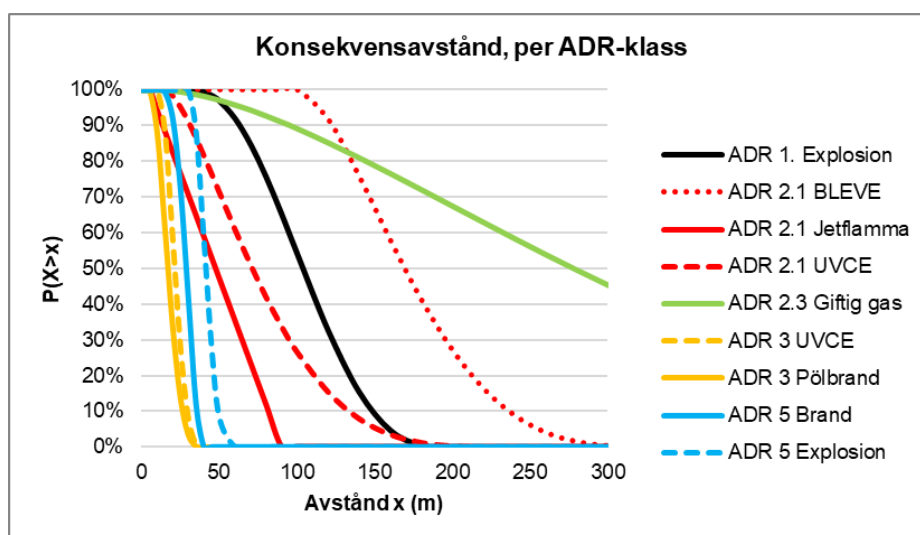
Eftersom det finns olika sätt att göra dessa beräkningar, och att inparametrar kan väljas olika, så finns det en osäkerhet i dessa konsekvensavstånd. Därför har en sammanställning gjorts med beräknade konsekvensavstånd som använts i andra riskutredningar i Sverige (Sweco, 2016; WUZ, 2016; WSP, 2016; Briab, 2016; Brandskyddslaget, 2015), och utifrån dessa underlag har ett troligt intervall för olika olycksscenarioer uppskattats (Tabell B-4). Tabellen åskådliggör vilka scenarier som kan uppkomma kopplat till respektive klass och konsekvensavstånd för dessa scenarier. Avstånden har använts som ingångsparametrar i beräkningarna av individ- och samhällsrisik.

Eftersom det finns anledning att tro att mindre utsläpp är mer sannolika än större (VTI 1994) påverkas sannolikhetsfördelningen för konsekvensavstånden med en förskjutning mot de kortare avstånden. Detta beror på att behållarna och tankarna är utformade för att tåla påfrestningar och det därför är mer sannolikt med mindre hål än större.

Tabell B-4. Sammanställning över uppskattade intervall för indata till konsekvensavstånd som använts i beräkningarna.

Klass	Scenario	Fördelning	Intervall för konsekvensavstånd		
			Min	Troligt	Max
1	Explosion, raserade byggnader	Pertfördelning	30	100	200
	Explosion, direkt tryckpåverkan utomhus	Pertfördelning	10	50	140
2.1	BLEVE	Pertfördelning	100	150	350
	Jetflamma	Pertfördelning	5	40	90
	Gasmolnexplosion/UVCE	Pertfördelning	15	50	250
2.3	Giftigt gasmoln	Pertfördelning	10	200	1000
3	Pölbrand	Pertfördelning	5	15	40
	Gasmoln från avdunstning (UVCE)	Pertfördelning	10	20	40
5	Explosion	Pertfördelning	30	40	60
	Brand	Pertfördelning	10	30	40

I Figur B-4 redovisas fördelning över sannolikheten att ett visst scenario ger dödliga konsekvenser på ett visst avstånd från vägen.



Figur B-4. Fördelning över sannolikheten att ett visst scenario ger konsekvenser på ett visst avstånd från vägen.

B2.1 Väg

Baserat på konsekvensavstånden ovan summeras medelvärden för hur många som beräknas omkomma vid varje scenario, se Tabell B-7. Det är detta värde som tillsammans med frekvensberäkningarna för varje scenario utgör samhällsrisk (sannolikheten att N eller fler omkommer med en viss sannolikhet per år).

Nedan redovisas antal förväntat omkomna för scenariot med en persontäthet på 4 000 personer/km² 25 meter från vägen.

Tabell B-7. Förväntat antal omkomna med en persontäthet på 4 000 personer/km² 25 meter från vägen.

		Förväntat antal omkomna (medelvärde)
Klass	Scenario	Bebyggelsefritt 25 meter
1	Explosion, raserade byggnader	45,5
	Explosion, direkt tryckpåverkan utomhus	1,8
2.1	BLEVE	156
	Jetflamma	3,9
	Gasmolnexplosion - och brand	3,1
2.3	Giftigt gasmoln	5,6
3	Pölbrand	0,1
	Fördröjd pölbrand (gasmoln)	0
5	Explosion	3,7
	Brand	0,2

B3 Farligt godsklasser som inte bedöms avseende konsekvenser

Övriga ADR-klasser, som inte beskrivits ovan, bedöms inte utgöra någon betydande risk för området och anledningarna till detta motiveras nedan.

ADR- klass 4 - Brandfarliga fasta ämnen, beräknas inte eftersom en brand med brandfarliga fasta ämnen inte bedöms spridas särskilt långt utanför olycksområdet och mängderna som transporteras på det svenska vägnätet är små.

ADR-klass 4.3 - Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten kan vid en olycka få allvarliga konsekvenser om brandfarlig gas bildas. Konsekvenser av olyckor med klassen bedöms inte för det aktuella område främst p.g.a. av två anledningar. Den första är att det transporteras små mängder. Den andra är att olyckstypen förutsätter att

ytterligare en händelse (uppblandning med vatten) ska inträffa förutom läckage och antändning. Frekvensen för en sådan olycka bedöms därmed som så liten att olyckstypen får marginell påverkan på den totala samhällsrisk.

ADR-klass 6 - Giftiga och smittförande ämnen omfattar ämnen för vilka det av erfarenhet är känt eller efter djurförsök kan befaras att de vid påverkan vid ett enstaka tillfälle eller under kort tid av relativt små mängder, genom inandning, hudabsorption eller förtäring, kan vara hälsoskadliga eller leda till döden hos människor. Smittförande ämnen avser ämnen som är kända för att kunna innehålla patogener. Patogener är mikroorganismer (inklusive bakterier, virus, parasiter och svampar) eller andra smittförande substanser, exempelvis prioner, som kan orsaka sjukdomar hos människor eller djur. Det bedöms som osannolikt att en olycka med giftiga ämnen ger konsekvenser för omgivningen eftersom transportvolymerna är mycket små. Konsekvenser av olycka med giftiga ämnen bedöms därför inte i denna utredning.

ADR-klass 7 - Radioaktiva ämnen omfattar ämnen som kan ge upphov till strålskador, både på kort och lång sikt. Det bedöms som osannolikt att en olycka med radioaktiva ämnen skall ske eftersom transportvolymerna är mycket små. Konsekvenserna bedöms därför inte i denna utredning.

ADR-klass 8 – Frätande ämnen. Ett utsläpp av frätande ämnen (exempelvis svavelsyra eller salpetersyra) kan resultera i häftiga reaktioner vid kontakt med metall, vatten eller brandfarliga ämnen och i vissa fall även brand med strålningspåverkan och brandspridning som följd. Konsekvenserna av ett utsläpp bedöms dock vara begränsade till utsläppsplatsens närområde. Därför bedöms inte konsekvenserna av en olycka med denna klass. Åtgärder som begränsar vistelse i närområdet till transportleden, skyddar mot spridning av vätskor och mot bränder skyddar även mot händelser som kan orsakas av frätande ämnen.

ADR-klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål omfattar ämnen och föremål som utgör en fara under transport, vilka inte omfattas av definitionen för andra klasser. Exempel på ämnen och föremål är miljöfarliga ämnen, litiumbatterier, vattenförorenade vätskor mm. Olyckor med denna klass bedöms inte kunna ge några betydande konsekvenser och bedöms därför inte i denna utredning.

B4 Referenser

Brandskyddslaget 2015. *Risikanalys Härnevi 1:17 Upplands bro.*

BRIAB 2016. Riskbedömning, Kvarteret Siv, Uppsala.

Försvarets forskningsanstalt (FOA) 1997. Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker.

Försvarsmakten, Krisberedskapsmyndigheten & FOI 2008. Faktainsamling CBRN. Hämtat från <http://www.faktasamlingcbrn.foi.se/>

Göteborgs stad 1999. Översiktsplan för Göteborg – fördjupad för sektorn transport av farligt gods.

Institutionen för Brandteknik vid Lunds universitet 1992. Introduktion till konsekvensberäkningar – Några förenklade typfall, ISSN 1102-8246.

International Union of Railways (UIC) 2002. UIC Code 777-2: Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone.

Länsstyrelsen Skåne län 2007. Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen.

Office of Emergency Management & Emergency Response Division. Mjukvaran: ALOHA v.5.4.2.

VROM 2005. Guidelines for quantitative risk assessment.

WSP 2014. Detaljerad riskbedömning för detaljplan. Transport av farligt gods på järnväg - Yllestad 1:21 m.fl., Kättilstorp.

VTI rapport Nr 3 387:4. 1994. Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transporter av farligt gods på väg och järnväg.

WUZ 2016. Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods, översiktlig riskanalys för väg och järnväg i Borås Stad.