

RISKUTREDNING

Handläggare
Oscar Lindén
Tel
010-505 84 94
E-post
oscar.linden@afry.com
Version
4.0

Datum
2020-12-18
Projekt-ID
739690
Beställare
Anna Fredriksson
Stad
Värmdö kommun

Riskutredning Strömma S6, Värmdö kommun



Utfärdat av: Oscar Lindén
Kvalitetssäkring: Sohrab Nassiri
Uppdragsledare: Anders Norén

Version	Status	Datum
2.0	Färdigställd	2017-08-29
3.0	Reviderad med kvantitativ känslighetsanalys	2020-11-27
4.0	Slutversion efter kunds granskning	2020-12-18

RISKUTREDNING

Sammanfattning

I Värmdö kommun pågår en detaljplaneprocess som är tänkt att öka permanentbosättningen i områdena Herrvikstomten och Strömmadal. Strax nordost om planområdet går väg 222 som på den aktuella sträckningen är utpekad som sekundär led för farligt gods. För att säkerställa att risknivåerna i området är acceptabla vid ny- och ombyggnationer beräknades individ- och samhällsriskerna för området. Ingen giftig gas transporteras på vägen. Det har inte heller identifierats några tankbilstransporter med kondenserad brandfarlig gas. Istället transporteras brandfarlig gas i så kallade flaskpaket vilket kraftigt minskar riskerna för större olycksscenarier. En kvantitativ känslighetsanalys genomförs dock för att visa hur risknivåerna förändras om tankbilstransporter skulle bli aktuellt i framtiden.

Beräkningarna visar att individrisken hamnar inom ALARP-området på avstånd kortare än 40 meter från väggkant.

Samhällsriskerna är också inom ALARP-området. De riskreducerande åtgärder som presenteras är följande:

Separerande åtgärder

- I Herrvikstomten rekommenderas jordvall eller mur (2 meter hög) i obrännbart material. Alternativt föreslås ett tätt dike, vilket dock inte uppvisar något skydd mot värmestrålning eller jetbränder i flaskor som kan förflytta sig. Den separerande åtgärden bör placeras så nära vägen som möjligt för bästa verkningsgrad.
- Planområdets enda befintliga bostadshus inom riskavståndet 40 meter från vägen är Herrviksnäs 2:1 som är en kulturhistoriskt värdefull byggnad. Fastigheten har en befintlig mur med god riskreducerande utformning. Då befintlig mur inte inkluderats i beräkningarna kan riskreduktionen tillgodoräknas. Om muren rekonstrueras rekommenderas att muren är 2 meter hög och utföras i obrännbart material och i lägst brandteknisk klass EI30 längs med hela fastighetsgränsen mot vägen. Muren bör utföras säker ur ett trafiksäkerhetsperspektiv. Inga övriga åtgärder för fastigheten rekommenderas.
- Övriga fastigheter i Strömmadal ligger inom acceptabel risk bortom 40 meter från vägen. Deras befintliga murar skyddar dock mot värmestrålning och kan därmed tillgodoräknas som en åtgärd och är värda att behålla. Däremot hindrar de inte vätska från att rinna in på planområdet via grindar eller portar. Inga ytterligare åtgärder för Strömmadal rekommenderas.

Byggnadstekniska åtgärder föreslagna utifrån BBR

För ny- och ombyggnationer inom 40 meter från vägen föreslås följande byggnadstekniska åtgärder:

- Entré till bostadshus ska mynna bort från väg 222. Dock bedöms det som acceptabelt att en entré från bostäderna vetter mot väg 222 förutsatt att utrymning kan ske bort från väg 222 via t.ex. en altandörr eller dylikt.
- Fasad som vetter mot väg 222 ska utföras i brandteknisk klass EI30 eller bättre. Fönster håller motsvarande brandteknisk klass och kan utföras öppningsbara.
- Friskluftsintag bör sitta på vägg som inte vetter mot väg 222 för att förhindra att brandgaser kommer in med friskluften.

RISKUTREDNING

Några direkta konflikter mellan föreslagna riskreducerande åtgärder och placeringen av busshållplats, telemast, sophämtning, brevlådor, strandskydd, våtmarker och utfarter har i nuläget inte identifierats. Denna bedömning görs emellertid av en trafikutredning och slutligen av planarkitekten.

Under utredningens skede identifierades endast transporter med brandfarlig gas i större flaskpaket. Då det inte kan uteslutas att tankbilstransporter i framtiden kan förekomma genomfördes en kvantitativ känslighetsanalys. Förändringarna för både individ- och samhällsrisk var inom det acceptabla området, varför inga ytterligare åtgärder behöver vidtas för att det eventuellt i framtiden tillkommer tankbilar med brandfarlig gas.

RISKUTREDNING

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Inledning.....	6
1.1 Bakgrund och syfte.....	6
1.2 Metod.....	6
1.3 Avgränsningar.....	7
1.4 Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	7
1.5 Kvantitativa riskmått.....	8
1.6 Samhällsrisk.....	9
2 Riskvärdering.....	10
2.1 Riskkriterier.....	10
3 Skyddsobjekt.....	13
4 Beskrivning av planområde.....	13
4.1 Individtäthet.....	13
5 Riskobjekt.....	15
5.1 Farligt gods.....	15
5.1.1 Olycksscenario.....	16
5.1.2 Sammanfattning olycksscenario farligt gods.....	18
6 Resultat av riskanalys.....	19
6.1 Individrisk.....	19
6.2 Samhällsrisk.....	20
7 Osäkerhet- och känslighetsanalys.....	21
7.1 Känslighetsanalys.....	21
7.1.1 Känslighetsanalys brandfarlig gas.....	21
7.2 Osäkerhetsanalys.....	24
8 Riskbedömning.....	26
9 Riskreducerande åtgärder.....	27
10 Slutsatser.....	29
11 Referenser.....	30
Bilaga A – Frekvensberäkning.....	32
Trafikolycka väg.....	32
Olycka brandfarlig gas.....	33
Olycka brandfarlig vätska.....	37
Bilaga B – Konsekvensberäkning.....	38
Olycka brandfarlig gas.....	38

RISKUTREDNING

Olycka brandfarlig vätska 40

RISKUTREDNING

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

I Värmdö kommun pågår ett detaljplaneärende som är tänkt att öka permanentbosättningen i områdena Herrvikstomten och Strömmadal. De två områdena är belägna sydväst respektive söder om Stavnäsvägen (väg 222) som på den aktuella sträckan är en utpekad sekundär led för farligt gods. Eftersom avstånden mellan planområde och led understiger de säkerhetsavstånd som anges i Länsstyrelsens riktlinjer vid bebyggelse invid led för farligt gods ställs krav på beaktande av risker i detaljplaneprocessen [1]. Syftet med denna utredning är således att uppfylla dessa krav och att ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.2 Metod

Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Inledningsvis bestäms de **mål och avgränsningar** som gäller för den aktuella riskutredningen. Även principer för hur risken värderas ska fastställas.

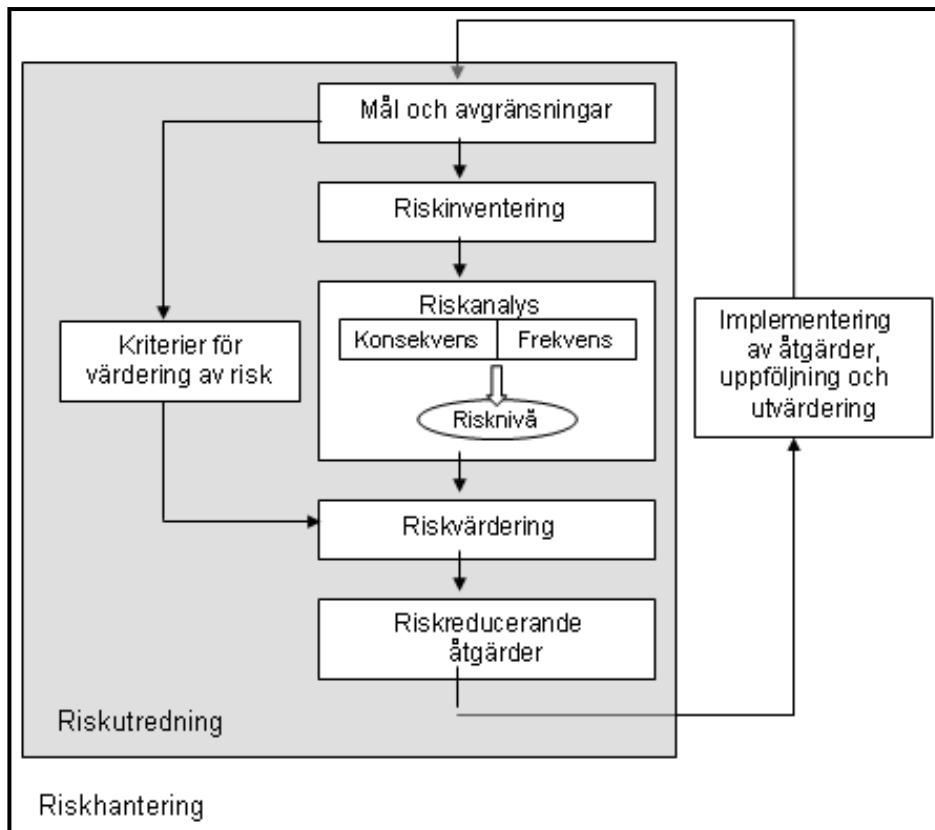
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenarioer presenteras i en så kallad olyckskatalog.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenarioerna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen genomförs kvantitativt med tanke på de korta avstånden till väg 222.

I **riskvärderingen** jämförs resultatet från riskanalysen med principer för värdering av risk för att avgöra om risken är acceptabel eller ej. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av **riskreducerande åtgärder**.

Riskutredningen är en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande. Processen åskådliggörs i Figur 1-1 nedan.

RISKUTREDNING



Figur 1-1. Riskhanteringsprocessen.

1.3 Avgränsningar

Riskutredningen undersöker olyckor som har påverkan på människor inom detaljplaneområdet så att de kan förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks ej.

Risknivåer undersöks endast 150 meter från led för farligt gods, eftersom det på avstånd över 150 meter ej finns riktlinjer kring markanvändning invid led för farligt gods.

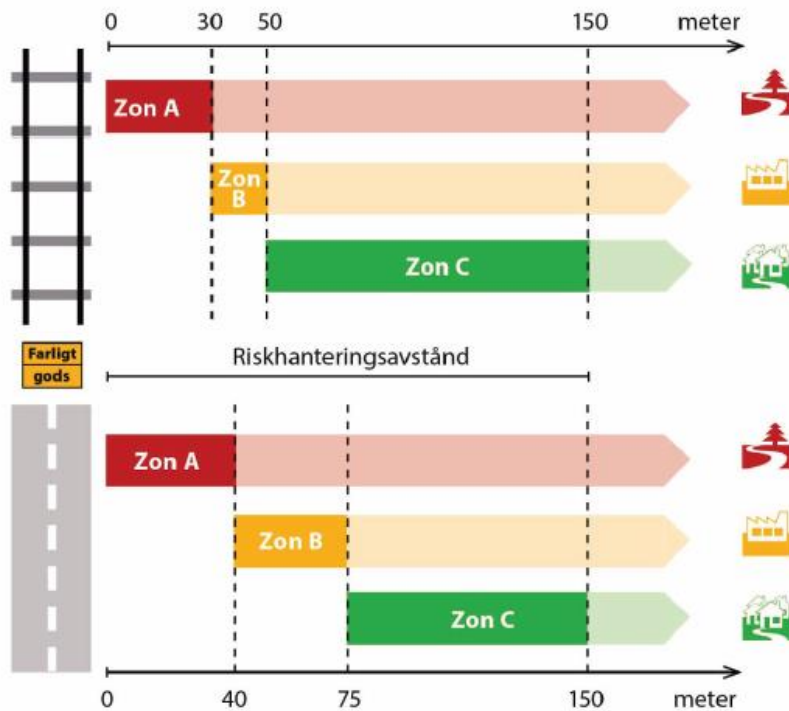
Detaljplaneområdets våtmark, telemast, brevlådor, busshållplats, utfarter och placering av sophämtning ingår inte i denna riskutredning vilken tittar på farligt gods. En separat trafikutredning tar upp ovan nämnda aktiviteter.

1.4 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Den lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, är Plan- och bygglagen (2010:900) och Miljöbalken (1998:808). I Plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk skall utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. I Miljöbalken anges att när en detaljplan upprättas ska en miljöbedömning genomföras, och om planförslaget där kan antas medföra betydande miljöpåverkan (påverkan på miljö eller människors hälsa), ska en miljökonsekvensbeskrivning genomföras.

RISKUTREDNING

Metoden följer i stort de allmänna riktlinjer om markanvändning i närheten av led för farligt gods som Länsstyrelsen i Stockholm tagit fram [1]. Dessa syns i Figur 1-2 och Tabell 1.



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

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

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

1.5 Kvantitativa riskmått

Inom samhällsplanering används två olika kvantitativa riskmått som jämförs med vedertagna riktlinjer, nämligen individrisk och samhällsrisk.

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en enskild individ ska omkomma inom eller i närheten av ett system, d.v.s. sannolikheten att en individ som befinner sig på en specifik plats omkommer. Individrisken är rättighetsbaserad och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen. Med rättighetsbaserad menas att alla individer har den personliga rättigheten att inte behöva utsättas för mer än en viss risknivå att omkomma.

RISKUTREDNING

Individrisken beräknas enligt:

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} \quad \text{formel 1a, 1b}$$

$$IR_{x,y,i} = f_i * p_{f,i}$$

Där f_i är frekvensen för sluthändelsen i . $p_{f,i}$ är sannolikheten för studerad konsekvens. Den antas, enligt ovan, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen. Genom att summera individrisken för de olika sluthändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

1.6 Samhällsrisk

För samhällsrisk beaktas, förutom frekvenserna, även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet individer som omkommer vid olika skadescenarier. Då beaktas personbelastningen inom det aktuella området, i form av individtätethet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att individtätetheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året. Samhällsrisken är ej rättighetsbaserad, utan utgår istället ifrån hur mycket sammanlagd risk ett samhälle kan tolerera.

Samhällsrisken beräknas enligt formel 2 nedan.

$$N_i = \sum_{x,y} P_{x,y} * p_{f,i} \quad \text{formel 2}$$

N_i står för antalet människor som utsätts för den studerade sluthändelsen i . $P_{x,y}$ är antalet individer i punkten x, y och $p_{f,i}$ definieras enligt individrisken ovan.

Samhällsrisken redovisas normalt i F/N-kurvor.

$$F_N = \sum_i F_i \quad \text{för alla sluthändelser } i \text{ för vilka } N_i \geq N \quad \text{formel 3}$$

F_N står för frekvensen av sluthändelser som påverkar N eller fler människor.

F_i är frekvensen för sluthändelse i . N_i definieras enligt ovan.

RISKUTREDNING

2 Riskvärdering

Som allmänna utgångspunkter för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

Rimlighetsprincipen: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.

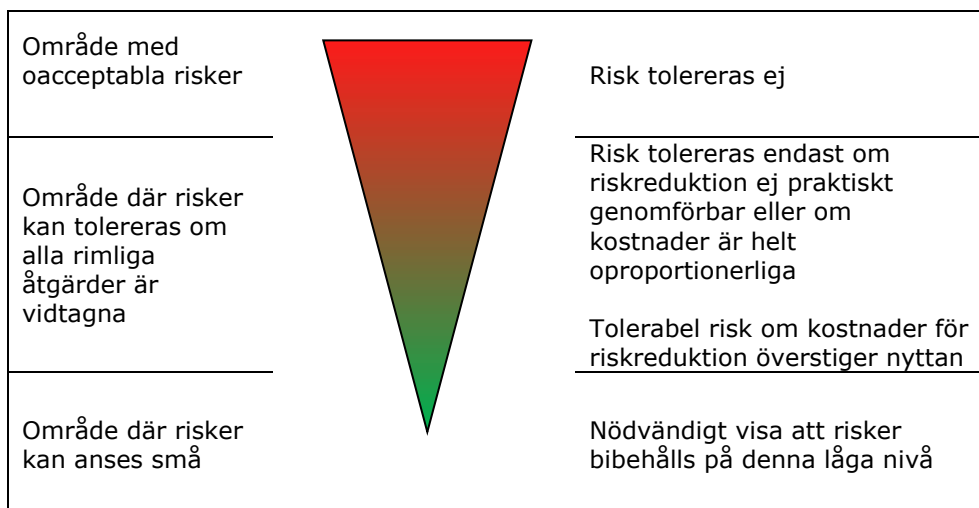
Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

Fördelningsprincipen: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.

Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

2.1 Riskkriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [2] gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som frekvensen med vilken en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med åtgärd eller ej tolerabla, se Figur 2-1.



Figur 2-1: Princip för värdering av risk.

Följande förslag till tolkning rekommenderas:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas där den riskreducerande effekten verifieras.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den

RISKUTREDNING

övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-/nyttanalyser (CBA).

- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

För individrisk föreslås följande kriterier [2]:

- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som små: 10^{-7} per år

Kriterierna avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

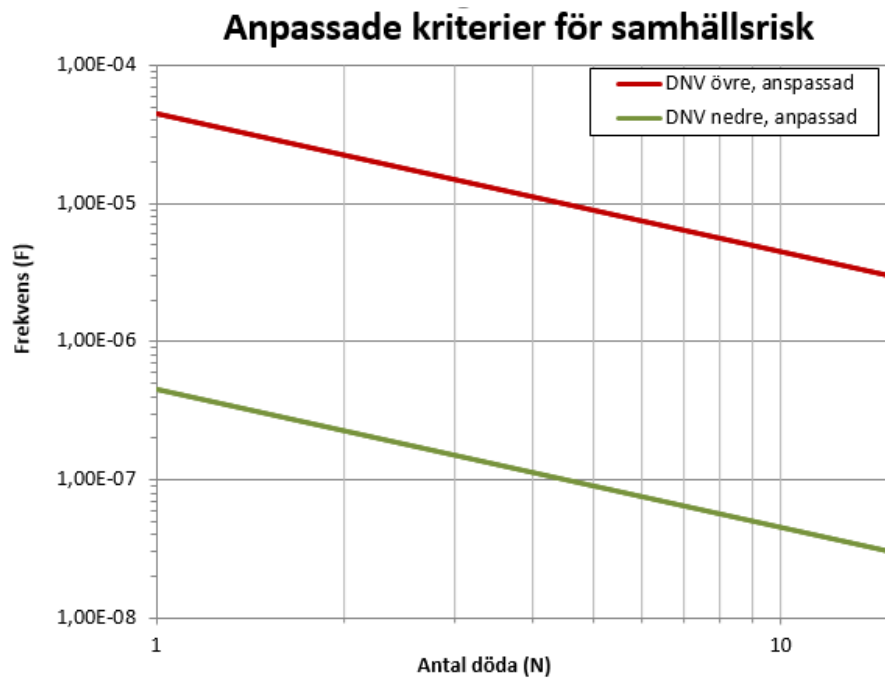
Kriterierna för samhällsrisk enligt Räddningsverket beskrivs av ett intervall i ett logaritmiskt diagram med en övre gräns över vilken risker ej accepteras och en undre gräns under vilken risker är acceptabla. Mellan dessa gränser finns ett intervall som benämns ALARP enligt ovan. Gränserna ska dock inte uppfattas som ett svar på vad samhället faktiskt accepterar utan endast ett exempel på en metod att kvantifiera kriterierna.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier [2]:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1

Kriterierna anpassas med hänsyn till att undersökt sträcka endast är 900 m lång att berört område endast beläget på ena sidan av farligt gods-led. De anpassade kriterierna syns i Figur 2-2.

RISKUTREDNING



Figur 2-2. Acceptanskriterier för samhällsrisk anpassade för områdets utformning.

RISKUTREDNING

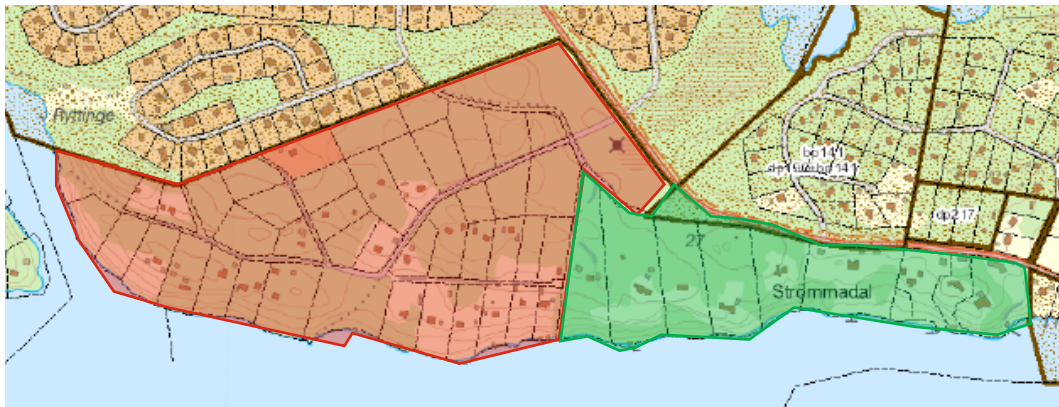
3 Skyddsobjekt

De skyddsobjekt som riskutredningen tar upp är människor inom planområdet, inomhus och utomhus.

4 Beskrivning av planområde

I den västra delen av planområdet, **Herrvikstomten** se Figur 4-1, förekommer främst mindre fastigheter för sport- och fritidsstugor med ett gemensamt vägnät bestående av små grusvägar och gemensam utfart till väg 222. Området Herrvikstomten är delvis obebyggd och planer finns på att utöka bebyggelsen med bostäder för permanentbosättning. Den del av väg 222 som löper förbi utfarten från området är skyltat för 70 km i timmen och har hastighetskameror utplacerade i nära anslutning till utfarten. Här finns också brevlådor för de boende samt busshållplatser i båda riktningar och en telemast vilka utreds mer noggrant i trafikutredning. Vägen i detta område löper över en träskmark vars betydelse för trafiksäkerheten också belyses mer noggrant i framtida trafikutredning.

Sydöstra delen av planområdet, **Strömmadal** se Figur 4-1, består primärt av större fastigheter och villor med egna utfarter mot väg 222. Vissa av fastigheterna har egen vall i obrännbart material mot vägen som kan anses ha viss skyddande effekt mot oönskade händelser även om det inte kan sägas skydda mot vätska som rinner in mot planområdet. Just detta scenario går inte att försumma då marken lutar från vägen in mot planområdet vilket möjliggör att brandfarlig vätska kan rinna in i planområdet. Väg 222 är förbi denna del av området skyltat med 50 km i timmen och är beklädd med förhållandevis tät skog på båda sidor som kan ha begränsande inverkan på en fordonsförare synfält. För vissa delar av området finns också ett så kallat strandskydd med stöd i Miljöbalken (1998:808). Ifall mark behöver tas i anspråk för riskreducerande åtgärder kan dispens behövas för att möjliggöra markanvändningen. Detta utreds i sådant fall närmre av planarkitekten.



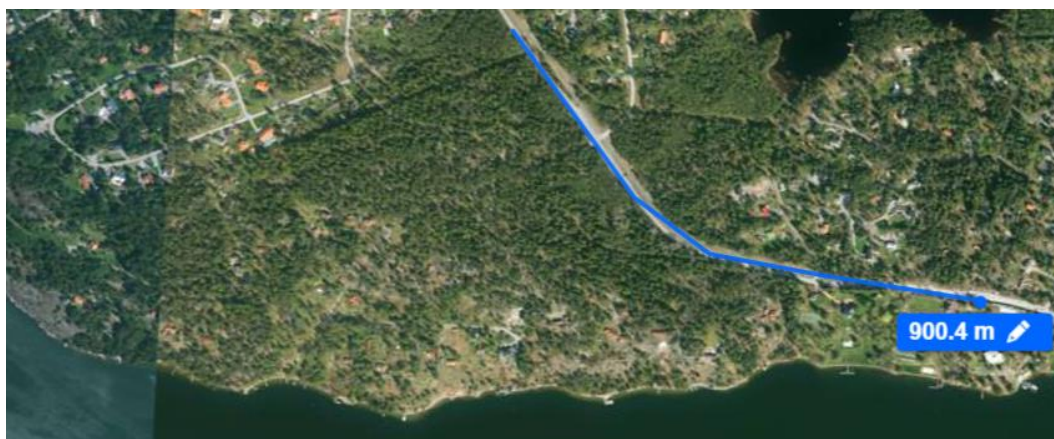
Figur 4-1. Planområde Strömma S6. Ungefärlig markering av Herrvikstomten i rött och Strömmadal i grönt.

4.1 Individtäthet

För att kunna beräkna samhällsrisk för planområdet behöver individtätheten uppskattas. Om alla planerade tomter medges bygglov kommer ett antal av 130 personer att uppehålla sig i området permanent [3]. För att ta höjd för osäkerheter och en potentiell framtida ökning av befolkningen i området kommer ett värde av 200

RISKUTREDNING

personer att användas som ett maximalt värde för persontätheten. Med detta menas att 200 personer kan anses befinna sig inom planområdet vid en och samma tidpunkt. Den verkliga mängden personer varierar med tiden på dygnet som också måste tas i beaktande. För att beräkna en genomsnittlig individtäthet över dygnet samt fördelningen inomhus/utomhus används metoden föreslagen i 'Purple Book' [4]. Detta är en internationellt vedertagen vägledning för beräkning av risknivåer vid samhällsplanering. Andelen personer inomhus och utomhus dagtid har justerats från de föreslagna då områdets natursköna miljöer anses uppmuntra till vistelse utomhus i högre grad än genomsnittet. Andelarna presenteras i Tabell 2. Arealen av hela detaljplaneområdet uppmättes till ca 400 000 m², men vid beräkningarna används istället arean av 150 m från vägen längs hela den 900 m långa sträckan vilket ger 135 000 m² detta är ett konservativt antagande då det ger en högre individtäthet, se Figur 4-2. Anledningen till att 150 m från vägen används är för att det på avstånd längre än 150 m inte finns några krav om att riskbedöma markanvändning intill led för farligt gods.



Figur 4-2. En 900 meter lång sträcka används i frekvensberäkningar i utredningen.

Tabell 2: De tre raderna visar individtäthet som andel av maximal individtäthet, antalet personer beroende av tid på dygnet och inom-/utomhus samt individtäthet per kvadratmeter av planområdet. I utredningen sätts maxantalet personer till 200 och arealen till 135 000 m².

Dagtid inom området		Nattetid inom området		Tid på dygnet
Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus	Inomhus/utomhus
60 %	25 %	93 %	7 %	Fördelning i % enligt 'Purple Book'. (Inomhus/Utomhus dagtid är justerade)
120	50	186	14	Antalet personer inomhus/utomhus för respektive tid på dygnet för planområdet
8,9E-4	3,7E-4	1,4E-3	1,0E-4	Personer/m²

RISKUTREDNING

5 Riskobjekt

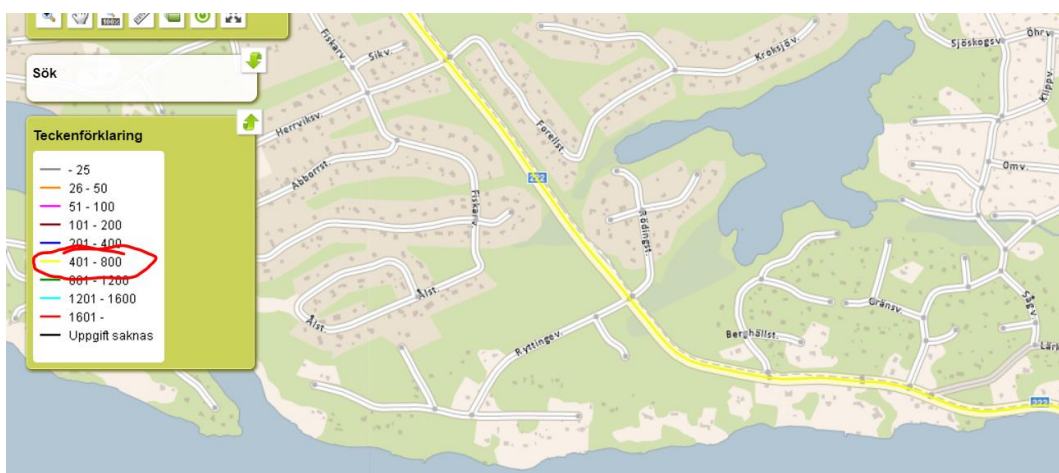
Det riskobjekt som utredningen undersöker är Stavsnäsvägen (väg 222). Denna går från centrala Stockholm ut till Stavsnäs i den yttre delen av skärgården och är mellan trafikplats Ålstäket och Stavsnäs utpekad som sekundär led för farligt gods. Stäckningen förbi planområdet utgörs till mesta delen av en smal tvåfältsväg med omväxlande hastighetsbegränsningar om 50 respektive 70 kilometer i timmen. Längs med planområdet finns bland annat hastighetskameror, busstationer och brevlådor vilket vidare utreds i en separat trafikutredning.

En olycka med farligt gods på en sträcka om 900 m längs med detaljplaneområdet bedöms kunna ha påverkan på planområdet, se Figur 4-2 ovan.

5.1 Farligt gods

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods. Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser (ADR/RID) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterarna in i dessa klasser även i denna rapport. Eftersom väg 222 är en sekundär led för farligt gods innebär det att transporter av farligt gods endast är tillåtet om mottagare eller avsändare för transporten finns i det direkta närområdet.

Efter inventering av mottagare eller avsändare i området är det främst de sjömackar som återfinns längre ut i skärgården samt rederier som transporterar gasolflaskor för privat bruk från Stavsnäs hamn som har identifierats. Detta innebär att betydande andel av transporterarna kommer utgöras av brandfarlig gas (klass 2.1) men framförallt utav brandfarlig vätska (klass 3). För att avgöra vilka mängder av farligt gods som transporteras används Trafikverkets Nationella Vägdatatabas (NVDB) [5] för att uppskatta mängden tung trafik till 800 ÅDT, se Figur 5-1. Av denna mängd utgör 3,6 % farligt gods, enligt statistik från Statistiska centralbyrån.



Figur 5-1. ÅDT för tung trafik på väg 222.

Fördelningen av farligt gods finns att hämta i [6] men även i Räddningsverkets kartläggning [2]. Utifrån båda dessa underlag har en fördelning av farligt gods på aktuell sträcka tagits fram, se Tabell 3. Den överskattar bidraget av klass 2.1 och

RISKUTREDNING

klass 3 som transporteras på riskobjektet i denna riskutredning. Dessa klasser presenteras i avsnitt 5.1.1.

Tabell 3: Uppskattad fördelning av ADR-klasser.

ADR	Typer	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen	0
2.1	Brandfarlig gas	8
2.2	Icke brandfarlig, icke giftig gas	2
2.3	Giftig gas	0
3	Brandfarlig vätska	65
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0
5	Oxiderande ämnen	0
6.1	Giftiga ämnen	1
6.2	Smittförande ämnen	0
7	Radioaktiva ämnen	0
8	Frätande ämnen	6
9	Övriga farliga ämnen och föremål	18
Totalt		100

5.1.1 Olycksscenario

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods. Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser (ADR/RID) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterarna in i dessa klasser även i denna rapport. Nedan beskrivs de transportklasser som transporteras på väg 222.

Kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på kondenserad brandfarlig gas och används för bla restauranger, kylanläggningar och privat bruk. Även acetylenflaskor till svetsarbeten är normalt förekommande. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand/explosion
- BLEVE / Flaskexplosion

Jetbrand:

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en behållare och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i behållaren [7]. Gasflaskor kan vid jetbrand förflytta sig på avstånd uppemot 20 meter ifrån olycksplatsen.

Gasmolnsbrand/explosion:

RISKUTREDNING

Om gasen vid ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Antändning av det brännbara gasmolnet kan leda till två principiellt olika förlopp, gasmolnsbrand respektive gasmolnsexplosion. Gasmolnsbrand är det vanligaste utfallet och kännetecknas av en lägre förbränningshastighet som ej genererar en tryckvåg. En gasmolnsbrand kan medföra skador på människa och egendom till följd av, i första hand, värmestrålning [7].

Vid en gasmolnsexplosion är förbränningshastigheten högre och en tryckvåg genereras. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration, d.v.s. flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg än detonation. För att en gasmolnsexplosion ska kunna uppstå krävs rätt blandningsförhållande mellan den brännbara gasen och luft och, i det flesta fall, att antändning sker i en miljö med många hinder eller i ett delvis slutet utrymme som resulterar i en mer turbulent förbränning. Fria gasmolnsexplosioner i öppna, ohindrade miljöer är mycket ovanliga. En gasmolnsexplosion kan medföra skador på människa och egendom både till följd av värmestrålning och direkta skador av tryckvågen.

Flaskexplosion

Om en flaska hettas upp kommer innehållet i flaskan expandera. Om detta sker långsamt kommer en säkerhetsventil öppna och gasen släpps ut och troligt scenario blir då en gasmolnsbrand. Om flaskan däremot hettas upp snabbt, skulle den kunna explodera. Scenariot bedöms som osannolikt, men tas med i beräkning av kvantitativ risk. I många fall transporteras brandfarlig gas i så kallade flaskpaket. Flaskpaket är enheter om flera, ofta 6 eller 8 flaskor och ibland ännu fler. Dessa är i vissa fall ihopkopplade med gemensamt gasuttag för att underlätta användandet.

Bedömning: Under utredningens skede transporteras brandfarlig gas förbi området, om än endast i större flaskpaket. Om en olycka skulle ske kan det komma att leda till konsekvenser i planområdet. Jetbrand, gasmolnsexplosion och flaskexplosioner bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen. Då det inte kan utslutas att tankbilstransporter i framtiden kan förekomma genomförs en kvantitativ känslighetsanalys för att visa effekten av dessa transporter.

Brandfarlig vätska (klass 3)

Drivmedel till drivmedelsstationer/sjömackar och reservkraftverk samt oljeeldade pannor, målarfärg, lösningsmedel, rengöringsmedel är vanliga transporter av denna klass. En möjlig olycka med brandfarlig vätska är ett spill som bildar en pöl som senare antänds. Många brandfarliga vätskor, t.ex. eldningsolja, har hög flampunkt och sannolikheten för att de ska antändas är lägre än för bensin, som relativt sett har en mycket låg flampunkt. För att erhålla konservativa resultat används sannolikheten för brand i bensin.

Bedömning: Olyckor med brandfarlig vätska transporteras förbi fastigheten, och en sådan olycka kan ha konsekvenser som sträcker sig in på fastigheterna, varför klassen undersöks vidare.

Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på dessa ämnen. För att människor ska utsättas för risk i samband med dessa ämnen krävs att man kommer i fysisk kontakt med dem eller förtäring. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

RISKUTREDNING

Bedömning: Identifierade olycksscenarion bedöms inte vara relevanta i aktuellt planärende, varför det inte är motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp här.

Frätande ämne (klass 8)

Olyckan med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra m.fl.) ger endast påverkan lokalt vid olycksplatsen då skador endast uppkommer om individer får ämnet på huden.

Bedömning: Transporter av frätande ämnen tillhör en av de vanligaste klasserna av farligt gods på de svenska vägarna, transporter på väg 222 kan inte uteslutas även om andelen är lägre än för rikssnittet. Eftersom konsekvenserna begränsas till område precis kring olyckan, och att det är mycket osannolikt att skyddsobjekt inom detaljplaneområdet skulle kunna påverkas bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9)

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material, batterier, fordon eller asbest. Konsekvenserna bedöms inte bli sådana att individer inom planområdet påverkas, eftersom en spridning inte förväntas.

Bedömning: Sannolikt förekommer en hel del transporter av fordon och batterier i mindre skala till och från måldestinationer i skärgården. Däremot bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp eftersom konsekvenserna avgränsas till området precis kring olyckan och medför inte några konsekvenser på skyddsobjekt.

5.1.2 Sammanfattning olycksscenarion farligt gods

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenarion bör beaktas i riskanalysen.

- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och flaskexplosion
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand

I bilaga A och B redogörs för sannolikhets- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenarion.

RISKUTREDNING

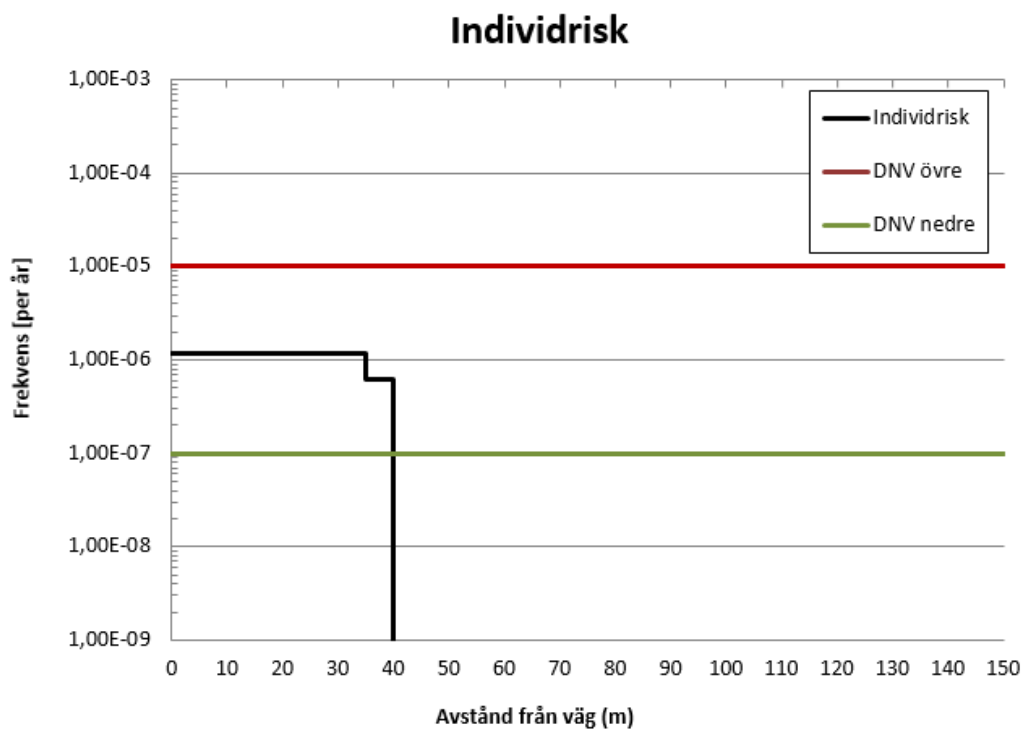
6 Resultat av riskanalys

I detta avsnitt presenteras resultaten från riskanalysen. För att ta höjd för de specifika topologiska förhållandena i området har längden på konsekvensområdet höjts då det lutar in mot planområdet.

6.1 Individrisk

Nivån för individrisken ligger inom ALARP-området på avstånd inom ungefär 40 m från vägkanten, se Figur 6-1. Konsekvenser med längre skadeområde än så har inte identifierats för väg 222. I avsnitt 7.1.1 genomförs en kvantitativ känslighetsanalys där framtida utnyttjande av tankbilar för gasol inkluderas i beräkningen.

Sett till en sammanvägning av frekvens och konsekvens har pölbränder från utsläppt brandfarlig vätska det klart största riskbidraget.

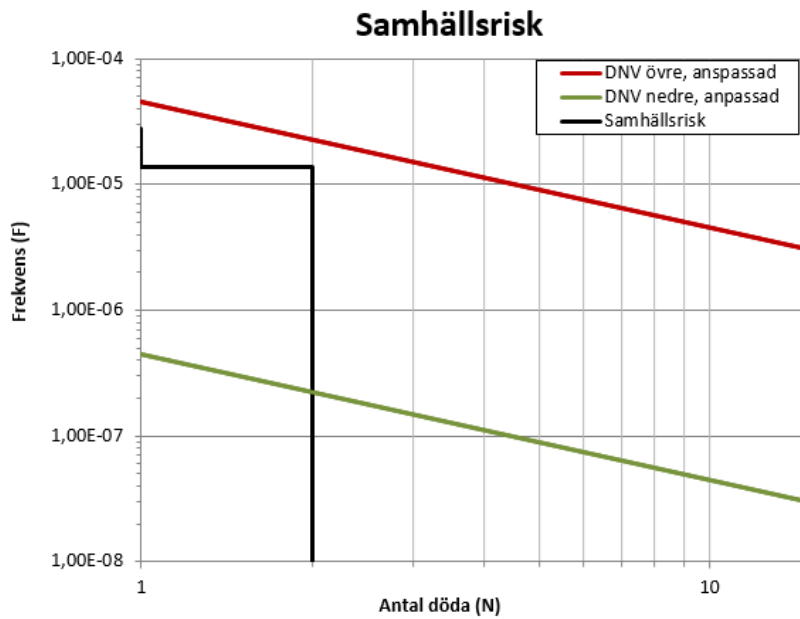


Figur 6-1. Individrisk på avstånd från väg 222.

RISKUTREDNING

6.2 Samhällsrisk

Även samhällsrisken ligger på nivåer inom ALARP-området. Den förhållandevis låga persontätheten och avsaknaden av stora tanktransporter med kondenserad brandfarlig gas eller giftig gas bidrar till att det främst är skadehändelser med få antal döda som kan inträffa. Däremot är frekvensen tillräckligt hög för att samhällsrisken ska hamna inom ALARP-området, se Figur 6-2.



Figur 6-2. Samhällsrisken för planområdet med korrigerade acceptanskriterier.

RISKUTREDNING

7 Osäkerhet- och känslighetsanalys

7.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Variationer studeras här avseende följande parametrar:

- Transportarbete
- Sannolikhet för olyckor
- Individtäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i såväl transportarbete som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en procentuell förändring av dessa parametrar ger motsvarande variation av resultatet. Exempelvis medför en ökning av transportarbetet med 10% att den beräknade risken ökar med 10% inom frekvensdelen.

Det kan konstateras att förändring i individtäthet inom det studerade planområdet har en påverkan på samhällsrisken men inte på individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i individtäthet och samhällsrisken känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av individtätheten ger en allmän ökning av samhällsrisken men det är svårt att ange i exakt vilket område av f/N-kurvan ökningen sker. Klart är dock att en ökning i individtäthet innebär en förskjutning av f/N-kurvan åt höger.

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms som relativt stor men endast möjlig att värdera kvalitativt. Anledningen till detta är att scenarieroendet är avgörande för konsekvensberäkningen. Att konsekvensen vid ett utsläpp av brandfarlig gas är starkt beroende på vindriktning och styrka är exempelvis uppenbart.

7.1.1 Känslighetsanalys brandfarlig gas

Under utredningens skede identifierades endast transporter med brandfarlig gas i större flaskpaket förbi planområdet. Då det inte kan uteslutas att tankbilstransporter i framtiden kan förekomma genomförs en kvantitativ känslighetsanalys där antagande görs att det utöver transporter i flaskpaket tillkommer ytterligare 40 % transporter av brandfarlig gas. Dock är dessa transporter istället tankbilstransporter med brandfarlig gas. Nedan presenteras individ- och samhällsrisckurvorna med detta antagande.

När tankbil med brandfarlig gas introduceras till beräkningen blir en BLEVE med ett eldklot på 150 – 300 meter i diameter det värsta scenariot. Detta är emellertid ett extremt osannolikt scenario då det kräver att en extern brand eller jetflamma hettar upp tanken med brandfarlig gas under lång tid utan att kylning eller släckning av branden kan genomföras. Individrisckurvan får därmed ett längre potentiellt skadeavstånd medan frekvenshöjningen i övriga delar av kurvan är mycket små.

Utöver BLEVE-scenariot erhålls större potentiella utsläpp av gas, vilket skulle kunna medföra större gasmolnexplosioner och gasmolnsbränder. Även en jetflamma skulle kunna bli större och ha en högre varaktighet.

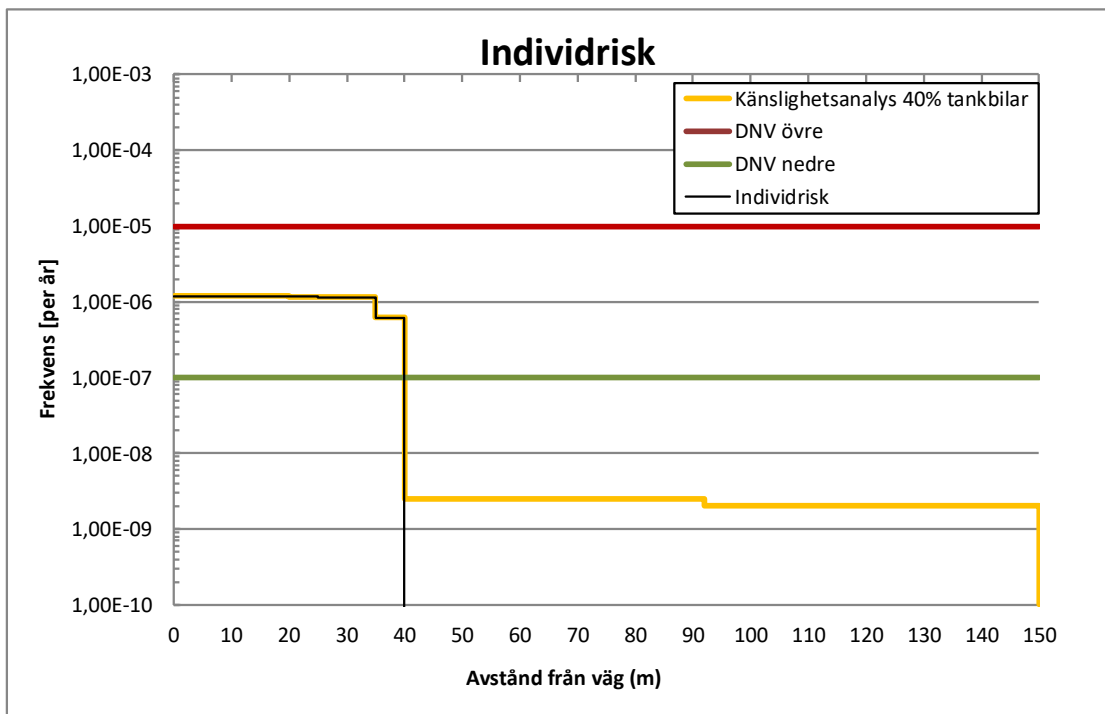
Samhällsrisckurvan genomgår en liknande förändring som individrisckurvan då en höjning av "värsta scenariot" inträffar. Istället för att endast ett fåtal personer kan

RISKUTREDNING

omkomma skulle en BLEVE kunna påverka 18 personer. I ett mer tätbefolkat område hade denna siffra kunnat vara betydligt högre. Aktuellt område är dock glesbefolkat, vilket är gynnsamt ur samhällsrisikperspektiv. Förändringar i övriga delar av kurvan är emellertid mycket små.

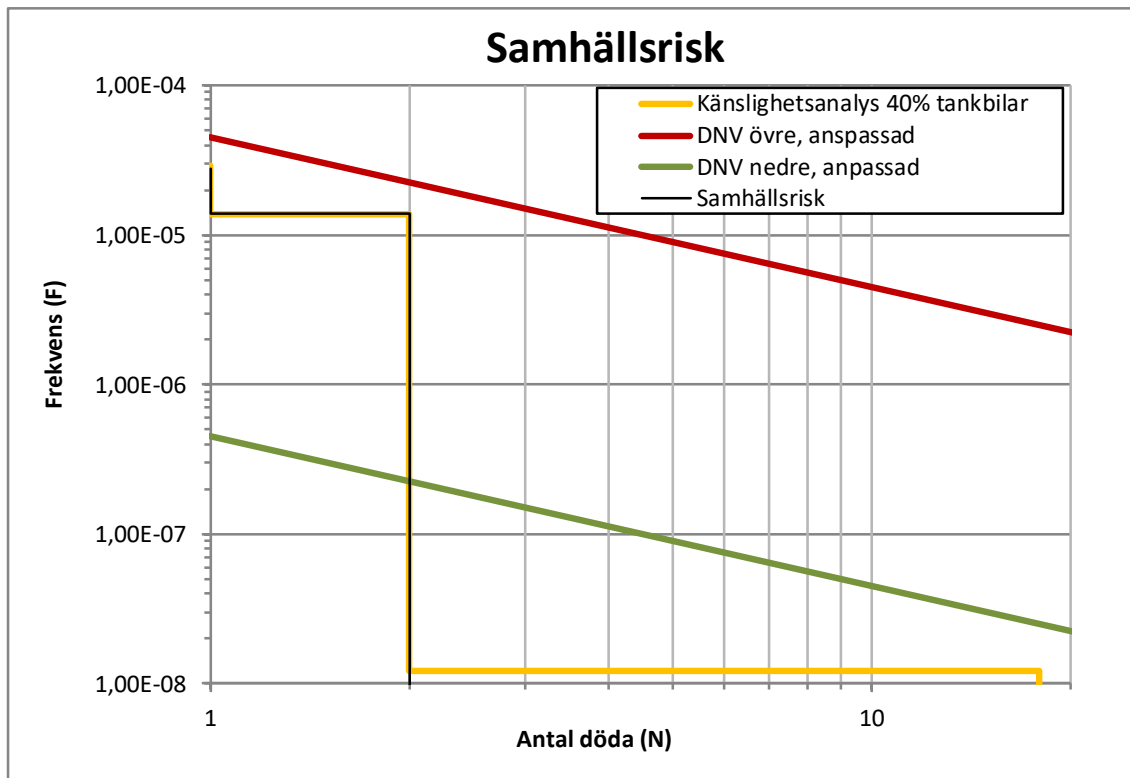
Förändringarna för både individ- och samhällsrisik är inom det acceptabla området, varför inga ytterligare åtgärder behöver vidtas för att det eventuellt i framtiden tillkommer tankbilar med brandfarlig gas.

Att känslighetsanalysen för både individ- och samhällsrisikkurvan ser ut på detta sätt beror på att de största riskbidragen kommer från transport av brandfarlig vätska som transporteras i större skala och i atmosfäriska tankar som inte är lika motståndskraftiga mot skador.



Figur 7-1 Känslighetsanalys för individrisk. 40% transporter med brandfarlig gas på tankbil tillkommer.

RISKUTREDNING



Figur 7-2 Känslighetsanalys för samhällsrisk. Ytterligare 40% transporter med brandfarlig gas på tillkommer och transporteras på tank.

RISKUTREDNING

7.2 Osäkerhetsanalys

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa hur osäkert det underlag är som slutsatser är grundade på. Osäkerheten analyseras avseende följande parametrar:

- Transportarbete
- Sannolikhet för olyckor
- Individtäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende transportarbetet är underlaget i denna utredning baserat på kvalitativa uppgifter, som sedan legat till grund för en uppskattning av typ och mängd av farligt gods. Metoden för att hantera denna osäkerhet är att genomgående anta konservativa bedömningar.

Osäkerheten avseende individtäthet kan bedömas som liten utifrån nuvarande utformning och planerade aktiviteter i området. Inga större händelser såsom evenemang med stort personantal (tex. konserter) bedöms planeras inom planområdet även på längre sikt. Erhållna data från kommunen var 130 personer som uppehåller sig permanent i området ifall alla medges bygglov. För att ta höjd för osäkerheter användes siffran 200 personer istället.

Osäkerheten avseende konsekvenser vid studerade scenarion bedöms vara beroende på scenariobeskrivningarna. Här bedöms å ena sidan osäkerheten avseende representativa scenarier vara liten samtidigt som det otvetydigt finns en betydande osäkerhet inför så kallade extremhändelser såsom flygplanshaverier, transporter av farligt gods utanför gällande regelverk eller uppsåtliga risker. Det kan emellertid konstateras att övergripande metodik för en riskutredning av detta slag inte rymmer en analys av sådana konsekvenser.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämpande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras att det presenterade resultatet troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller. Exempel på val som innebär en inbyggd säkerhetsmarginal i resultatet är:

- Genom att öka konsekvensavståndet för berörda scenarier som påverkas av topografin har beräkningarna utgått ifrån att marken sluttar ner mot planområdet längs med *hela* den undersökta vägsträckan om 900 m. Men detta är inte fallet i verkligheten då stora delar av sträckan har sten och berg som istället höjer upp landskapet. Detta är således ett konservativt antagande.
- Den säkerställda trend som visar generellt minskande trafikolycksfrekvens med allvarliga konsekvenser har inte beaktats [8]. I stället förutsätts den olycksfrekvens som gällde vid tidpunkten för framtagande av de modeller som används, vilket ger en högre frekvens än den som idag är aktuell.
- Teknikutveckling torde leda till minskad olycksfrekvens då modernare fordon kontinuerligt utrustas med teknik som ska minska risken för olyckor. Exempel på detta är instrument som motverkar risken att fordonet ouppsåttligt lämnar vägbanan. Sådana åtgärders inverkan på olycksfrekvensen har inte beaktats.
- ADR-klasser som brukar inkluderas i farligt gods-utredningar har överskattats jämfört med de som inte brukar inkluderas.

RISKUTREDNING

- ÅDT total trafik väljs som översta gränsen i spannet. Dessutom antas trafiken ha ökat med 1 % per år fram till år 2030 som väljs som prognosår. Trafikanalys visar dock att godsmängderna på väg har minskat [9].
- Flera av de befintliga byggnaderna i Strömmadal har en egen privat mur i obrännbart material som vetter mot vägen. Dessa hindrar till viss utsträckning utsläppt brandfarlig vätska kan rinna in mot planområdet även om den kan rinna in vid grindar och portar. I beräkningarna har antagande gjorts att det inte finns några murar.

RISKUTREDNING

8 Riskbedömning

Individrisken ligger inom ALARP-området på avstånd närmre än 40 m från vägkanten av väg 222, vilket till största delen beror på transportererna av brandfarlig vätska. Planområdets enda befintliga bostadshus inom avståndet 40 meter från vägen är Herrviksnäs 2:1 som är en kulturhistoriskt värdefull byggnad. Fastigheten har en befintlig mur med god riskreducerande utformning. Om muren rekonstrueras rekommenderas att muren vara 2 meter hög och utföras i obrännbart material och i lägst brandteknisk klass EI30 längs med hela fastighetsgränsen mot vägen.

Samhällsrisken hamnar också inom ALARP-området. Den relativt låga persontätheten och de korta konsekvensavstånden bidrar till att hålla samhällsrisken lägre än den *tolerabla* nivån. De faktorer som bidrar till att samhällsrisken hamnar över den *acceptabla* gränsen är de topografiska förutsättningarna och mängderna brandfarlig vätska som transporteras. Därför bör fortsatta åtgärder för att sänka risken inriktas på dessa scenarier. Lämpliga åtgärder analyseras i nästa avsnitt.

Under utredningens skede identifierades endast transporter med brandfarlig gas i större flaskpaket. Då det inte kan uteslutas att tankbilstransporter i framtiden kan förekomma genomfördes en kvantitativ känslighetsanalys. Förändringarna för både individ- och samhällsrisk var inom det acceptabla området, varför inga ytterligare åtgärder behöver vidtas för att det eventuellt i framtiden tillkommer tankbilar med brandfarlig gas.

RISKUTREDNING

9 Riskreducerande åtgärder

I detta kapitel föreslås åtgärder för att hantera konsekvenserna av de olycksscenario som bidrar mest till individ- och samhällsrisk som nämns i riskbedömningen. Det bedöms att dessa åtgärder uppfyller principen att riskreducerande åtgärder ska värderas om risknivåerna ligger inom ALARP-området. Endast åtgärder föreslås som i Räddningsverkets (nuvarande MSB) dokument 'Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplanen' [10] har klassats som möjliga att reglera i detaljplan.

Separerande åtgärder

Herrvikstomten:

En av de vanligaste riskreducerande åtgärderna är att uppföra en fysisk, skyddande barriär mellan riskobjekt och skyddsobjekt. En jordvall eller mur (2 meter hög) som hindrar vätska från att rinna in mot planområdet har skyddande effekt som kortar konsekvensavstånden då det tar upp en del av strålningsvärmen. Ett alternativ till en mur eller vall är ett dike mellan vägen och planområdet som samlar upp utsläppt vätska och på så sätt hindrar att den rör sig in på planområdet. Ett dike har däremot inte något skyddande effekt mot värmestrålning. Den separerande åtgärden bör placeras så nära vägen som möjligt för bästa verkningsgrad. Ifall en mur eller vall sätts upp bör åtgärden i det här fallet utformas i obrännbart material så att skyddet inte kan oskadliggöras av en pölbrand på vägbanan som sedan kan röra sig mot planområdet. En jordvall bedöms ha bättre skyddande effekt mot brinnande och exploderande flaskor av brandfarlig gas än vad ett dike har, detta då jetbränder i flaskor kan få flaskan att flytta sig på avstånd upp till 20 meter. En vall av denna typ har också möjlighet att ta upp en del energi från värmestrålningen vilket skyddar mot samtliga identifierade scenarier.

Strömmadal:

Planområdets enda befintliga bostadshus inom avståndet 40 meter från vägen är Herrviksnäs 2:1 som är en kulturhistoriskt värdefull byggnad. Fastigheten har en befintlig mur med god riskreducerande utformning. Då befintlig mur inte inkluderats i beräkningarna kan riskreduktionen tillgodoräknas. Om muren rekonstrueras rekommenderas att muren är 2 meter hög och utföras i obrännbart material och i lägst brandteknisk klass EI30 längs med hela fastighetsgränsen mot vägen. Muren bör utföras säker ur ett trafiksäkerhetsperspektiv. Inga övriga åtgärder för fastigheten rekommenderas.

Även övriga fastigheter i Strömmadal har murar som skyddar mot värmestrålning. Dessa förhindrar emellertid inte alltid vätska från att kunna rinna in till planområdet via öppningar för grindar och portar. Den skyddande effekten mot värmestrålning kan dock tillgodoräknas som en åtgärd då den inte har inkluderats i beräkningarna. Därtill ligger dessa bostäder inom acceptabel risknivå på mer än 40 meters avstånd från väg 222. Skydd mot brandfarlig vätska som rinner in mot planområdet skulle kunna erhållas genom att komplettera grindar och portar med en asfalterad eller betonglagd upphöjning liknande en vägbula om 20-30 centimeter. Den samhällsekonomiska nyttan med detta skulle kunna behöva utredas vidare i en kostnad-/nyttoanalys.

Byggnadstekniska åtgärder föreslagna utifrån BBR

För nybyggnationer eller ombyggnationer inom planområdet på avstånd längre än 40 meter från väggkant är byggnadstekniska åtgärder inte nödvändiga eftersom de

RISKUTREDNING

olycksscenario som identifierats inte har konsekvenser över 40 m. För ny- och ombyggnationer inom 40 meter från vägen föreslås följande byggnadstekniska åtgärder:

- Entré till bostadshus ska mynna bort från väg 222. Dock bedöms det som acceptabelt att en entré från bostäderna vetter mot väg 222 förutsatt att utrymning kan ske bort från väg 222 via t.ex. en altandörr eller dylikt.
- Fasad som vetter mot väg 222 ska utföras i brandteknisk klass EI30 eller bättre, med fönster i motsvarande brandteknisk klass. Fönster kan utföras öppningsbara utan andra begränsningar än de nämnda i BBR.
- Friskluftsintag bör sitta på vägg som inte vetter mot väg 222 för att hindra att brandgaser ska komma in med friskluften.

RISKUTREDNING

10 Slutsatser

Förutsatt att de åtgärder som föreslagits införs och att riskbilden inte förändras avsevärt bedöms risknivåerna i detaljplaneområdet vara acceptabla.

Några andra summerande slutsatser som efterfrågats tydliggörs nedan:

- Några direkta konflikter mellan föreslagna riskreducerande åtgärder och placeringen för busshållplats, telemast, sophämtning, brevlådor, våtmarker och utfarter har i nuläget inte identifierats. Nämnade objekt utreds mer noggrant i trafikutredning längre fram i detaljplaneprocessen.
- Strandskyddet bedöms inte stå i konflikt med de riskreducerande åtgärderna. Detta eftersom de föreslagna separerande åtgärderna främst rör Herrvikstomten vilket är den del av detaljplaneområdet som inte har något strandskydd. Denna bedömning görs emellertid slutligen av planarkitekten.
- Planområdets enda befintliga bostadshus inom riskhanteringsavståndet 40 meter från vägen är Herrviksnäs 2:1 som är en kulturhistoriskt värdefull byggnad. Fastigheten har en befintlig mur med god riskreducerande utformning som inte inkluderats i beräkningarna. Riskreduktionen från denna kan tillgodoses. Om muren rekonstrueras rekommenderas att muren är 2 meter hög och utförs i obrännbart material och i lägst brandteknisk klass EI30 längs med hela fastighetsgränsen mot vägen. Muren bör utföras säker ur ett trafiksäkerhetsperspektiv. Inga övriga åtgärder för fastigheten rekommenderas.
- Övriga bostadshus i Strömmadal ligger inom acceptabel risknivå på mer än 40 meters avstånd från vägen och behöver inte kompletteras med åtgärder. Därtill har de flesta fastigheterna befintliga murar som har en viss skyddande effekt mot värmestrålning från pölbränder på vägområdet men kan inte sägas hindra mot att vätska rinner in på planområdet via grindar och portar.

RISKUTREDNING

11 Referenser

- [1] Länsstyrelsen Stockholm, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [2] Räddningsverket, "Värdering av risk," Karlstad, 2006.
- [3] A. Fredriksson, "Platsbesök strömma S6, Ryttinge, Herrvikstomten," Planenheten Värmdö kommun , Gustavsberg, 2017.
- [4] Haag och Ale, "Purple Book - Guidelines for quantitative risk assessment," RVIM, 2005.
- [5] Trafikverket, "Nationellvägdatabas," 09 05 2017. [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/>.
- [6] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2010 (Statistik 2011:7)," 2010.
- [7] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [8] M. Ågren, "Trafiksäkerheten i Sverige," Transportstyrelsen, Norrköping, 2016.
- [9] Trafikanalys, "Godstransporter i Sverige, redovisning av ett regeringsuppdrags. Rapport 2012:7," 2012.
- [10] Räddningsverket, Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006, Karlstad: Räddningsverket, 2006.
- [11] VTI, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [12] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [13] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [14] HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety, London, 1991.
- [15] EPA & NOAA, *ALOHA, version 5.4.7*, Office of Emergency Management (EPA) & Emergency Response Division, (NOAA), 2016.
- [16] TNO Riskcurves, "RISKCURVES 10.1.9.12276," 2018. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/riskcurves-software-for-quantitative-risk-assessment/>.

RISKUTREDNING

RISKUTREDNING

Bilaga A – Frekvensberäkning

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för farligt gods-olycka på väg E4 på sträckan förbi aktuella områden för de händelser som tidigare identifierats och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar de båda fastigheterna.

Trafikolycka väg

I Räddningsverkets "Farligt gods - riskbedömning vid transport" [11] presenteras en metod för beräkning av frekvens för trafikolycka med farligt godstransport. Denna riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg (VTI-metoden) analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farlig godsolycka på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, dels att använda olycksstatistik för sträckan, dels att skatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägavsnittet. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ.

Olyckskvotens storlek samvarierar med ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning. Med hjälp av beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp kan följande parametrar bestämmas: olyckskvoten, andel singelolyckor och index för farligt godsolyckor (se nedan).

Enligt uppskattningar av Trafikverkets data på NVDB [5] är den totala trafikmängden, ÅDT, på väg förbi planområdet cirka 12 000 fordon. Vägsträckan som kan påverka planområdet är cirka 900 meter.

Totalt trafikarbete på den studerade vägsträckan beräknas som:

Totalt trafikarbete = 12000 (fordon/dygn) x 365 (dygn) x 0,9 (km) = 3,94 miljoner fordonskilometer per år

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

Antal förväntade fordonsolyckor = O = Olyckskvot x Totalt trafikarbete x 10⁻⁶

Där olyckskvoten kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp. Olyckskvoten uttrycks i enheten olyckor/miljon fordonskilometer. Väg 222 utgörs på platsen av 70 km/h landsväg. Olyckskvoten för dessa förhållanden är 0,8 olyckor per miljon fordonskilometer per år.

Nedan beräknas det förväntade antalet fordonsolyckor med avseende på ovanstående trafikarbete.

Förväntade fordonsolyckor (O) = Olyckskvot x trafikarbete = 0,8 x 3,94 = 3,16 olyckor/år

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor =

$$O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2X - X^2))$$

där X = Andelen transporter skyltade med farligt gods

Y = Andelen singelolyckor på vägavsnittet

O = Antal förväntade fordonsolyckor

Andelen farligt gods på väg 222 beräknas som:

RISKUTREDNING

$Andelen\ farligt\ gods = \frac{\text{ÅDT farligt gods}}{\text{ÅDT total}}$

ÅDT farligt gods på väg 222 förbi aktuellt område beräknas till 29 stycken (3,6 % av tung trafik som NVDB identifierat till 800 (övre gräns).

Andelen farligt gods beräknas till $X = 2,4 \cdot 10^{-3}$.

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp, och för väg 222 som på aktuellt vägnitt utgörs av landsväg med hastighetsgräns 70 km/h är denna 0,3.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor / år =

$$= 0 \cdot ((Y \cdot X) + (1 - Y) \cdot (2 \cdot X - X^2)) = 1,29 \cdot 10^{-2} \text{ per år.}$$

Frekvensen för en trafikolycka med ett fordon skyltat med farligt gods är $1,29 \cdot 10^{-2}$ per år, vilket motsvarar en olycka med farligt gods ungefär vart 80:e år inom det studerade området.

Frekvens för farligt gods-olycka fördelas sedan på respektive ADR-kategori enligt antagen fördelning som presenteras i avsnitt 5.1 **Fel! Hittar inte referensälla..** Händelseträdet syns i figur A1 nedan.

	Explosiva varor 0,00%	0,00E+00
	Brandfarliga gaser 8,00%	1,03E-03
	Giftiga gaser 0,00%	0,00E+00
	Brandfarliga vätskor 65%	8,36E-03
Farligtgods- olycka 1,29E-02	Brandfarliga fasta ämnen 0%	0,00E+00
	Oxiderande ämnen 0%	0,00E+00
	Giftiga ämnen 1%	1,29E-04
	Frätande ämnen 6%	7,71E-04
	Övriga farliga ämnen 18%	2,31E-03

Figur A1: Händelseträdet för farligt godsolycka.

Olycka brandfarlig gas

Det faktum att en behållare med farligt gods är inblandat i olycka innebär inte nödvändigtvis att uppstår ett läckage. I de flesta fall håller tanken och inget av innehållet strömmar ut. För tjockväggiga tankar som används för gaser under övertryck är sannolikheten 0,01 både för ett litet läckage och för ett stort läckage i samband med urspårning [12].

Givet ett litet läckage är sannolikheten för en direkt antändning (jetflamma) och fördröjd antändning (gasmolnsexplosion) 0,1 respektive 0,01 [13]. Givet ett stort

RISKUTREDNING

läckage är sannolikheten 0,2 för direkt antändning (jetflamma) 0,2 och fördröjd antändning 0,5. En fördröjd antändning antas leda till en gasmolnsbrand.

Jetbrand

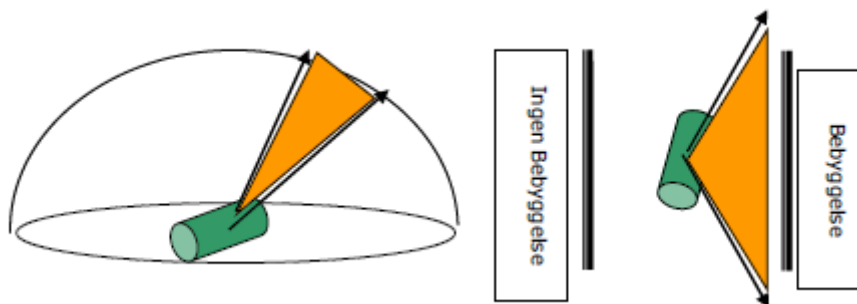
En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en flaska och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och ansätts i detta fall till följande [13]:

$$S_{\text{direkt antändning litet läckage}} = 0,1$$

Flammans längd beror av storleken på hålet i flaskan samt trycket i denna. Det krävs dessutom att flammans riktning är mot det aktuella området och med hänsyn både till den vertikala och också den horisontella riktningen. För att anta en rimlig sannolikhet att jetflamman är riktad mot bebyggelsen antas den påverkande zonen vara inom en vinkel på 20° i vertikalplanet (20°/360°) samt i horisontalplanet (135°/360°). Till detta vägs sannolikheten att skadan sker på behållarens ovansida genom en ytterligare reduktion på 0,5 vilket anses mycket konservativt.

Sannolikheten för att jetbrand blir riktad in mot området ansätts till:

$$S_{\text{jetbrand mot bebyggelse}} = 20/360 * 135/360 * 0,5 = 0,0104$$



Figur A2: Illustration av jetflammors utbredning vertikalt (till vänster) respektive horisontellt (till höger).

Gasmolnsbrand

Om gasen vid ett läckage inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning.

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. För detta krävs som regel ett större läckage [13] men konservativt ansätts även en sannolikhet för mindre utsläpp. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

Sannolikheten för sen antändning sätts till:

$$S_{\text{sen antändning litet läckage}} = 0,01$$

RISKUTREDNING

För att gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta antas ske när vindriktningen är mot området. Sådana vindförhållanden antas föreligga vid 50 % av tiden.

BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

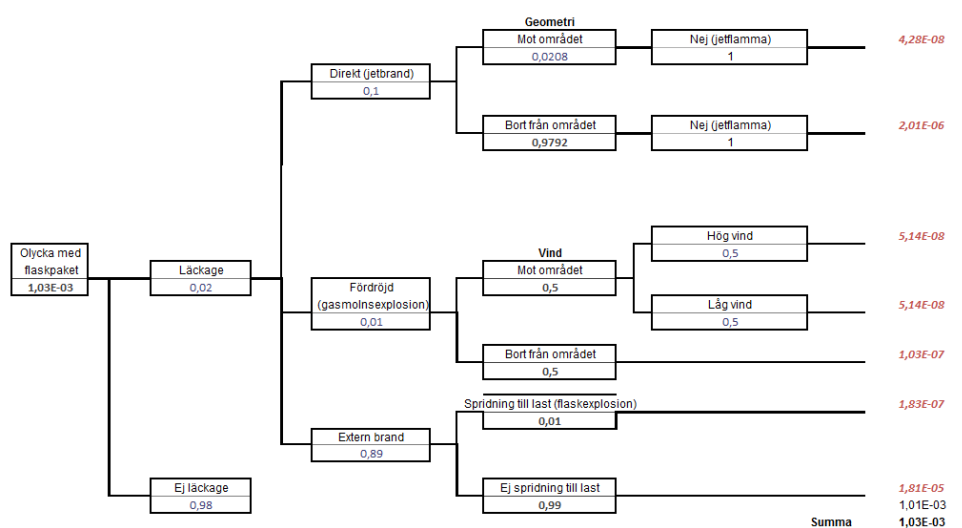
Eldklotet som skapas har en diameter uppemot 200 meter. Detta avstånd används i beräkningarna. Notera att individriskavståndet endast presenteras upp till 150 meter från vägen.

Flaskexplosion

Om en jetbrand riktas mot andra flaskor på flaket kommer temperaturen i flaskan stegra. Acetylenflaskor är ej utrustade med säkerhetsventiler som släpper tryck efterhand, varför det finns risk att trycket i flaskan som utsätts för brand ökar tills höljet går sönder. Då kommer flaskans innehåll momentant ut i atmosfären och antänds. Förhållandena motsvarar en BLEVE för en flaska.

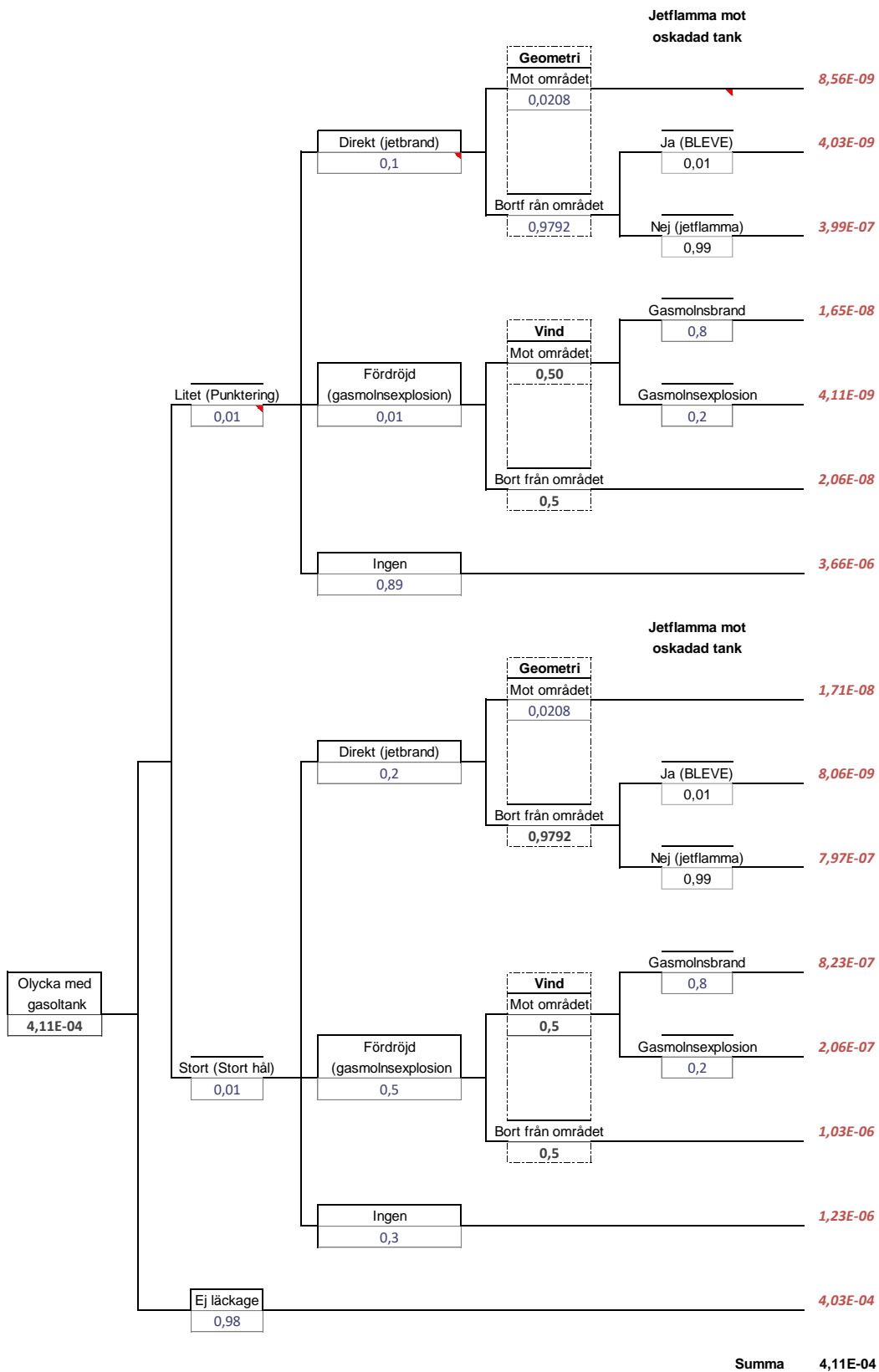
Eldklotet som skapas har enligt ALOHA en diameter på 12 m. Inom 30 meter från utsläppskällan är strålningen 10 kW/m^2 , vilket anses dödligt inom 60 sekunder. Detta avstånd används i beräkningarna.

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträdet som presenteras i figur A3.



Figur A3: Händelsetråd olycka med brandfarlig vätska.

RISKUTREDNING



Figur A4 Händelsetråd för olycka med tankbil för brandfarlig gas.

RISKUTREDNING

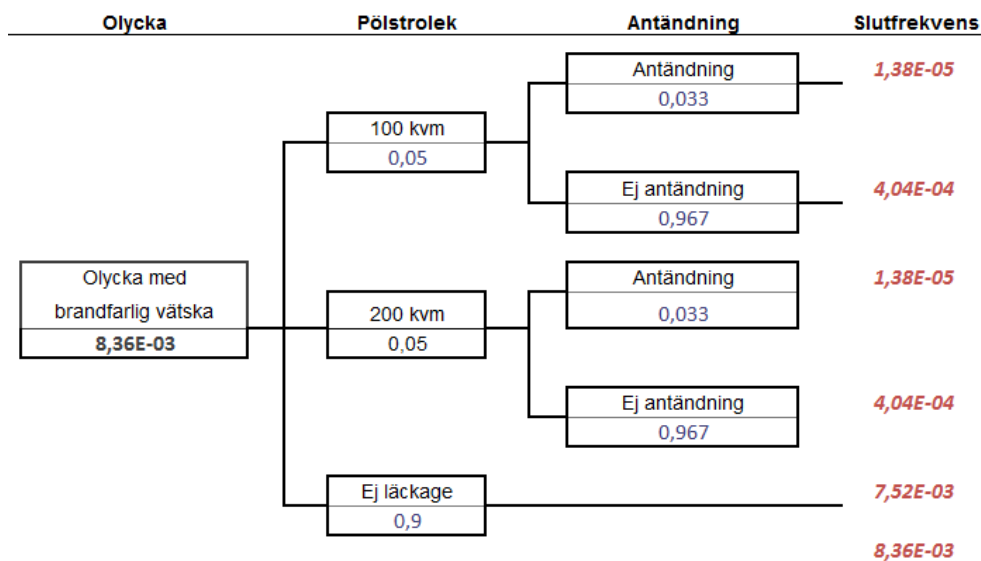
Olycka brandfarlig vätska

Tankar för bensin etc. utförs för att klara transport av vätska under atmosfärstryck och sannolikheten att tanken skadas vid en olycka så att läckage sker kan med viss konservatism ansättas till 0,05 [11].

För analysen antas konservativt att olyckor på vägen kan ge en mellanstor pöl (100 m²), detta baserat utifrån vägbredd och att ett fack i tankbilen (4-5 m³) töms vid olyckan och medverkar i brandförloppet. Ett ytterligare konservativt antagande är att pölen trots vägens lutning är cirkulär, vilket ger upphov till högre flamma och därigenom högre strålningseffekt som funktion av avståndet.

Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning men även typen av utsläppt vätska. Bensin och etanol antänds t.ex. lättare än diesel och eldningsolja. Detta beaktas dock inte utan konservativt antas att all brandfarlig vätska utgörs av, eller antänds lika lätt som, bensin. Vid ett momentant eller större utsläpp är risken stor att ingen åtgärd hinner vidtas innan bensinen antänds. Sannolikheten för antändning ansätts till 0,033 [14].

Med ovanstående bedömningar kan händelseträdet konstrueras enligt Figur 0-1.



Figur 0-1: Händelsetråd för olycka med brandfarlig vätska.

RISKUTREDNING

Bilaga B – Konsekvensberäkning

Olycka brandfarlig gas

Brandfarlig gas transporteras på den aktuella vägen endast i flaskor och/eller flaskpaket. Mängden brandfarlig gas i en flaska antas vara ca 110 liter förvätskad gas.

Vidare antas att det är tryckkondenserad gasol som transporteras eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns och medföra att antändning kan inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen än med andra gaser.

En utsläppsstorlek (för jetflamma och gasmoln) antas enligt följande:

- Litet - punktering (hålstorlek 20 mm)
- Stort läckage (hålstorlek 50 mm)

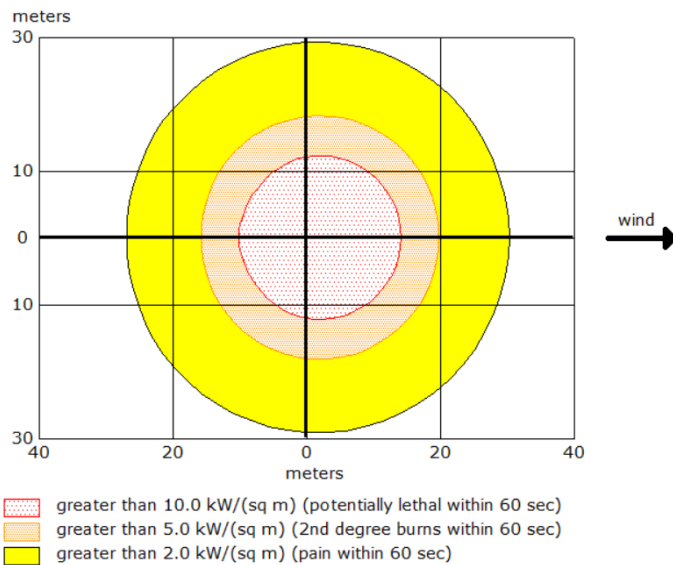
För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med tiden till antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. I beräkningarna antas att utsläppet sker nära vätskefas, då detta ger värden mellan det sämsta och bästa utfallen. De värsta konsekvenserna uppstår om utsläppet sker i vätskefasen.

De indata som använts i ALOHA® [15] för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

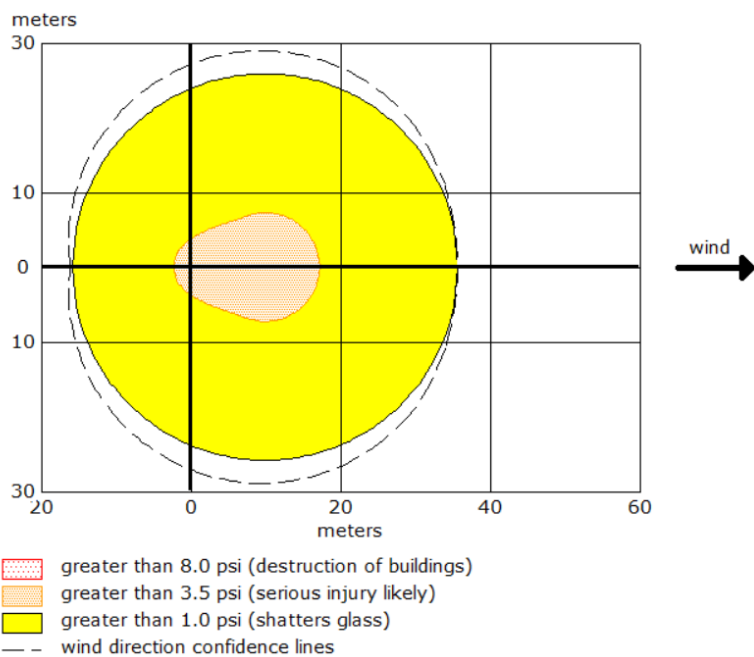
- Lagringstemperatur: 10°C
- Flaskdiameter: 31cm
- Flaskhöjd: 1,5m
- Flaskvolym: 110 liter (största tillåtna flaskstorlek för gasoltransport)
- Flaskfyllnadsgrad: 85 %
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Halvklart
- Omgivning: Öppen terräng
- Vindhastighet: 3 m/s

Resultatet i figur B1-B3 erhålls. Vid bedömningen av antalet omkomna antas 100% av de som vistas utomhus och befinner sig inom skadeområdet att omkomma. Av de individer som vistas inomhus och är inom skadeområdet antas 25% omkomma då byggnaden utgör strålskydd, men några antas omkomma eftersom byggnaden antas börja brinna.

RISKUTREDNING



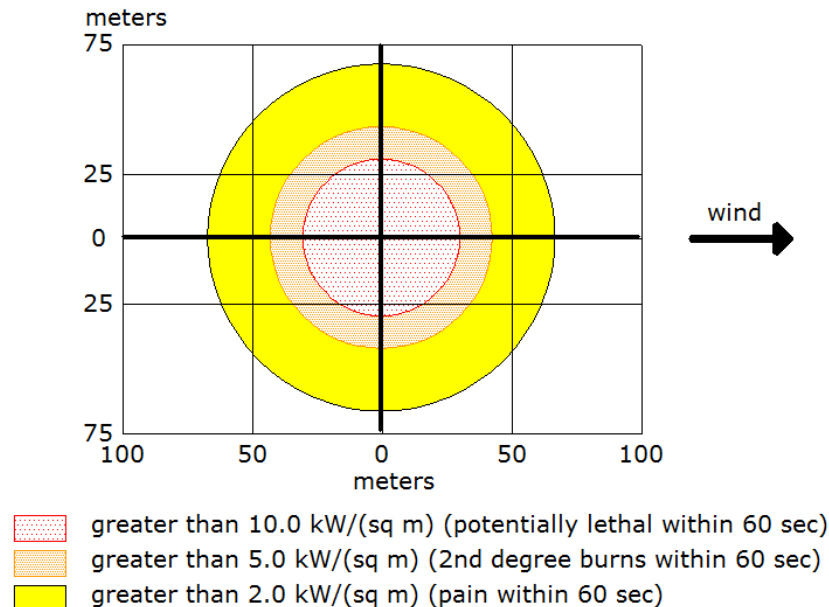
Figur B1: Konsekvensområde av jetflamma. 25m används i beräkningarna.



Figur B2: Konsekvensområde av gasmolnexplosion. 40m används i beräkningarna för att ta höjd för att mer än en flaska kan läcka vid händelse av fordonsolycka.

Flaskexplosion simulerades i programvaran ALOHA®. Detta är ett program som genomgående använder sig av konservativa modeller för beräkningar av konsekvensområden. För ett flaskpaket på 110 liter förvätskad gasol (vilket motsvarar den största tillåtna transporterade flaskstorleken för gasol vid flaktransporter) erhålls ett eldklot på 11 m radie med strålning enligt figur B3 nedan.

RISKUTREDNING



Figur B3: Konsekvensområde av flaskexplosion. 30m används i beräkningarna.

BLEVE av gasol simuleras i programvaran Riskcurves [16]. Tankvolym på 40 m³ används. Burst pressure för tanken sätts till 25 bar(a) På 145 meters avstånd erhålls 50 % omkomna. På 200 meters avstånd erhålls 10 % omkomna. Detta avstånd används som 100 % omkomna i beräkningarna för att ta höjd för osäkerheter.

Olycka brandfarlig vätska

Strålningen från pölen beräknas enligt beräkningsmodell från FOA [7]. Data har valts för bensin. Detta eftersom bensin har högst energivärde och förbränningshastighet av de olika typer av bränsle som kan vara aktuella vilket gör beräkningen konservativ. Konsekvenserna för två utsläppsstorlekar har beräknats. Som dimensionerande storlek har valts ett 100 m² stort läckage. I känslighetsanalysen bedöms arean vara fördubblad till 200 m².

Följande data gäller för bensin [7]:

- Förbränningshastighet $b' = 0,048 \frac{kg}{m^2s}$
- Energivärde $h_c = 43,7 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}$

En cirkulär pöl används i beräkningarna vilket bedöms vara ett konservativt antagande, eftersom pölen snarare kommer anta en mer avlång form då vätskan förväntas röra sig åt sydost. Vid en pölbrand med en cirkulär pöl approximeras flammans geometri med en cylinder där flammans diameter, d_f är lika stor som pölens diameter, d_p . Flammans höjd, h_f , kan beräknas enligt:

$$h_f = d_p \cdot 42 \cdot \left(\frac{b'}{\rho_a \sqrt{g \cdot d_p}} \right)^{0,61} \quad \text{formel C1}$$

där b' = förbränningshastigheten i $\frac{kg}{m^2s}$ enligt ovan,

$$\rho_a = \text{luftens densitet} = 1,29 \frac{kg}{m^3}$$

RISKUTREDNING

$$g = \text{tyngdaccelerationen} = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

Denna formel gäller under förutsättning att $0,8 < h_f / d_f < 4$.

Flamman fluktuera mycket och den höjd som beräknas är den genomsnittliga flammhöjden under brandförloppet. Då pölen antas vara cirkulär och flamgeometrin en cylinder är $d_f = d_p$ och beräknas utifrån grundläggande cirkelgeometri. Detta ger $d_f = d_p \approx 11$ m för en pölbrand om 100 m² respektive 16 m för en pölbrand om 300 m².

Strålningen per ytenhet från flamman beräknas enligt:

$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4h_f / d_f} \quad \text{formel C2}$$

där h_c = energivärdet i $\frac{J}{kg}$ enligt ovan. Faktorn 0,35 utgör den andel av den totala energin som omsätts till strålningsvärme.

Vidare beräknas strålningen från en ideal svartkropp blir enligt Stefan-Boltzmanns lag:

$$P_s = \sigma \cdot T^4 \quad \text{formel C3}$$

där P_s = utstrålad effekt $[\frac{W}{m^2}]$,

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} [\frac{W}{m^2 K^4}]$ (Stefan-Boltzmanns konstant) och

T = temperaturen [K].

Approximationen med en svart kropp som strålar ger konservativa värden på värmestrålning. Vid större pölbränder antas strålningen normalt ha sitt ursprung i flammans mitt och här ligger emissionsfaktorn (ϵ) nära 1 varför denna approximation anses rimlig. Närmare flammans mantelyta minskar emissiviteten snabbt. En beräkning baserad på att all strålning kommer från flammans mitt är därför konservativt.

Värmestrålningen från en yta 1 som faller in mot en yta 2 på ett visst avstånd kan då beräknas som:

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12} \quad \text{formel C4}$$

Där P_{12} = infallande strålning från 1 till 2 $[\frac{W}{m^2}]$,

P_1 = strålningen från yta 1 $[\frac{W}{m^2}]$

F_{12} = vinkelkoefficienten för 1 mot 2.

Den atmosfäriska transmissionsförmågan, τ_a , har att göra med det faktum att den utsända strålningen delvis absorberas av luften mellan strålkällan och mottagaren. Den atmosfäriska transmissionsförmågan kan skrivas enligt:

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c \quad \text{formel C5}$$

Där α_w = absorptionsfaktorn för vattenånga och

α_c = absorptionsfaktorn för koldioxid.

RISKUTREDNING

Båda faktorerna beror på respektive ämnes partialtryck, längden som strålningen färdas från den strålande ytan till mottagaren, strålningens temperatur och omgivningens temperatur. α_w och α_c bestäms grafiskt utifrån flamtemperaturen och partialtryck från figur 11.2 i [7].

Vinkelkoefficienten (F) definieras som den andelen av strålningen från en yta i alla riktningar som träffar en annan yta (vid fullständig transmissionsförmåga). Den är en rent geometrisk faktor som kan bestämmas för varje ytkonfiguration.

Vinkelkoefficienten bestäms grafiskt för en cylinder från figur 11.3 i [7].

Beräkningar utförs vidare utifrån ovanstående förutsättningar för de två olika pölstorlekarna.

Flamhöjd enligt formel C1, utfallande strålning enligt formel C2 och temperatur enligt C3, resultaten samlas i Tabell 4 .

Tabell 4: Initial egenskapsberäkning pölbrand

Pölstorlek	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m²)	Temperatur på den strålande ytan/flammans mitt (K)
100 m ²	15	114	1191
200 m ²	19	128	1226

Mättad vattenångas tryck vid 100 % luftfuktighet och 20 °C är $p_w = 2340$ Pa. Luftfuktighet på 50 % antas vilket ger $p_w = 1170$ Pa. Absorptionsfaktorer och transmissionsförmåga bestäms för detta värde i kombination med flammans temperatur. Utifrån höjden på flammorna, pölens radie och avståndet till mottagaren bestäms ett antal olika vinkelkoefficienter. Värmestrålning på olika avstånd beräknas sedan enligt formel C4.

Skadenivån bestäms förutom av strålningsnivån även av strålningens varaktighet. För beräkning av skador på människor redovisas i Tabell 5 nedan en varaktighet på 10 s som en rimlig tid tills man satt sig i säkerhet.

Sambandet mellan strålningens varaktighet och skador på människan beskrivs av probitfunktionen $t \cdot P^{4/3}$. Om denna tidsvägda strålningsdos är över $3 \cdot 10^6$ finns en risk för 2:a gradens brännskador. Risken ökar sedan exponentiellt med ökad strålning. Sannolikheten för andra gradens brännskador utläses sedan ur figur 11.9 i [7]. Beräkningsresultat sammanställs i Tabell 5 nedan.

För individriskkurvan används de värden som är fetmarkerade i Tabell 5, alltså där 1,5 % respektive 0,2 % förväntas omkomma som konsekvensområde, vilket bedöms som ett mycket konservativt antagande. Här antas 50 % av de som befinner sig i konsekvensområdet omkomma. Beräkningsresultat sammanställs i Tabell 5. Flamfronten antas infinna sig vid väggkanten.

RISKUTREDNING

Tabell 5: Beräkningsresultat strålning och konsekvens pölbrand.

Brand	Avstånd från flamfront (m)	α_w	α_c	τ_a	F_{max}	$P_{1,2}$ (kW/m ²)	$t^*_{p,4/3} \times 10^6$ (s(W/m ²) ^{4/3})	2:a grad bränn-skada (%)	Andel döda (%)
100 m ²	0 (flamfront)	0,10	0,01	0,89	1	101	47	100	100
	5	0,13	0,01	0,86	0,35	34,3	11,1	77	12
	10	0,15	0,02	0,83	0,21	19,8	5,35	10	1,5
	15	0,18	0,03	0,79	0,15	13,5	3,21	1	0,2
200 m ²	0 (flamfront)	0,11	0,01	0,88	1	113	54,6	100	100
	10	0,15	0,02	0,83	0,27	28,6	8,75	60	9
	20	0,19	0,03	0,78	0,15	15	3,7	1	0,2
	30	0,20	0,03	0,77	0,08	7,9	1,57	0	0

Sammanfattningsvis kan följande konstateras att det bortom 15 m från flamfronten (vägkant) ej föreligger risk för dödsfall vid händelse av pölbrand med 100 m² stor pöl. Bortom 15 m understiger strålningen dessutom 15 kW/m², vilket är tillåtet gränsvärde enligt förenklad dimensionering i Boverkets rekommendationer (BBRAD). Vid beräkningarna tas höjd för att marken lutar in mot planområdet. Konsekvensavståndet för liten pölbrand sätts till 35m från vägen och för stör pölbrand till 40m.