



Detaljplan för polishus vid Exportgatan

NPH

Backa 20:5

Göteborgs stad

Risikanalyis

Transport av farligt gods

2021-06-28 (A)

FAST Engineering

Brandingenjör Henrik Rosenqvist

Dokumentinformation			
Uppdragsnummer (internt):	20-0206		
Uppdragsgivare:	Castellum AB		
Uppdragsgivarens referens:	Marcus Zetterberg		
Uppdragsansvarig (internt):	Brandingenjör Henrik Rosenqvist (HR)		
Handläggare (internt):	Brand- och Civilingenjör Leo Kardell (LK)		
Granskad av (internt):	Brandingenjör Henrik Rosenqvist (HR)		
Dokumenthistorik:	Handling	Datum	Version
	Riskanalys	2020-10-20	FHK
	Riskanalys	2020-12-11	-
	Riskanalys	2021-06-28	A ¹
1. Revidering har utförts för att arbeta in yttrande från Trafikverket och Länsstyrelsen gällande samråd för detaljplan. Ändrade delar markeras med vertikal kantlinje.			

SAMMANFATTNING

Risakanalysen tas fram som underlag för detaljplan vid nybyggnation av Polishus utmed E6 i Hisings Backa, Göteborgs stad. Krav på upprättande av riskanalys har uppkommit med anledning av att den planerade byggnadens placering är på cirka 40 meters avstånd från E6, vilken är en primär farligt godsled. Risker som uppstår i samband med transporter av farligt gods ska normalt beaktas upp till 150 m från farligt godsled.

Risakanalysen behandlar riskerna med avseende på farligt gods, kvantifierar dem och vid behov tas även skyddsåtgärder fram.

Med den genomförda risakanalysen som grund anses skyddsåtgärder behöva vidtas för att byggnadens placering skall anses som acceptabel med avseende på risk för farligt godsolyckor. Detta då risakanalysen visar att både individ- och grupprisken för området hamnar inom ALARP-zonen. Följande åtgärder bör beaktas:

- Ett förstärkt räcke för tung trafik utförs längs den aktuella sträckan så att tunga fordon inte kan köra av vägen och närma sig området.
- Området runt vägen ska utformas på ett sätt som motverkar spridning av vätska in mot området, vilket erhålls via befintligt svackdike.
- Området runt vägen ska kontrolleras så att konsekvensen av ett avåkande fordon begränsas. Sidoområdet skall vara fritt från oefftergivliga och spetsiga föremål, detta för att minska sannolikheten av att en tank skadas och att utsläpp sker.
- Området mellan byggnaden och E6 ska vara utformat så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Undantag kan göras för parkeringsområde, trafik och gångstråk, då det inte kan anses bidra till stadigvarande vistelse. På samma sätt kan mindre byggnader för icke stadigvarande vistelse, så som garage och förråd, accepteras.
- Byggnaden ska förses med manuellt avstängningsbar ventilation. Tilluft ska ej tas i riktning mot vägen.
- Minst en utrymningsväg från byggnaden ska vetta bort från E6.
- Byggnadens fasader utförs i obrännbart material. Fönster som vetter mot E6 utförs i lägst brandteknisk klass E 30. Brandklassade fönster utförs ej öppningsbara annat än med nyckel/verktyg.

Med den genomförda risakanalysen som grund föreslås följande marknyttjande i anslutning till E6:

- 0-40 m: Ej stadigvarande vistelse. Parkering, trafik, gångstråk och mindre byggnader för icke stadigvarande vistelse, så som förråd och garage, accepteras.
- >40 m: Polishus, kontor, sällanköpshandel och motsvarande verksamhet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	2
1 INLEDNING	4
2 FÖRUTSÄTTNINGAR	4
2.1 Områdesbeskrivning.....	4
2.2 Byggnadsbeskrivning.....	7
2.3 Avgränsningar	7
3 FARLIGT GODS	8
3.1 Farligt gods transporter	8
3.2 Relativ fördelning av ADR-klasser och möjliga konsekvenser vid olycka	8
4 IDENTIFIERING AV OLYCKSSCENARIER	10
4.1 Olycksscenario 1: Explosion av massexplosiva och oxiderande ämnen.....	10
4.2 Olycksscenario 2: Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas	10
4.3 Olycksscenario 3: Utsläpp av kondenserad giftig gas	11
4.4 Olycksscenario 4: Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska	11
4.5 Olycksscenario 5: Utsläpp av giftiga vätskor	11
4.6 Olycksscenario 6: Utsläpp av frätande vätska.....	11
5 ANALYS	12
5.1 Sannolikhet för identifierade olycksscenarier.....	12
5.2 Beräkning av individ- och samhällsrisk	12
5.3 Känslighetsanalys	19
6 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	24
7 EFFEKTER AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	25
8 OSÄKERHETER OCH ANTAGANDEN	26
8.1 Trafikflöden	26
8.2 Olycksfrekvens.....	27
8.3 Sannolikhet och konsekvens för olycksscenarier	27
9 SLUTSATS	27
10 REFERENSER	28
BILAGA A – BERÄKNING AV SANNOLIKHET	29
BILAGA B - BEDÖMNING AV KONSEKVENSN	37

1 INLEDNING

Med risk avses i denna handling produkten av sannolikheten och konsekvensen för en negativ händelse.

Risakanalysen tas fram som underlag för detaljplan vid nybyggnation av Polishus utmed E6 i Hisings Backa, Göteborgs stad. Krav på upprättande av riskanalys har uppkommit med anledning av att den planerade byggnadens placering är på cirka 40 meters avstånd från E6, vilken är en primär farligt godsled. Risker som uppstår i samband med transporter av farligt gods ska normalt beaktas upp till 150 m från farligt godsled [1]. Riskanalysen behandlar därmed riskerna med avseende på farligt gods, kvantifierar dem och vid behov tas även skyddsåtgärder fram.

Med farligt godsled avses väg för transport av ämnen och produkter som kan skada människa, miljö och egendom. E6 är klassificerad som en primär farligt godsled. På primära farligt godsleder tillåts transport av samtliga farligt godsclasser.

Risakanalysen syftar till att utreda huruvida olycksriskerna avseende farligt gods är att betrakta som tolerabla eller ej. I det fall då risken inte är att anse som tolerabel kan skyddsåtgärder tas fram för att reducera riskerna.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

I detta kapitel presenteras de förutsättningar och antaganden som ligger till grund för analysen.

2.1 Områdesbeskrivning

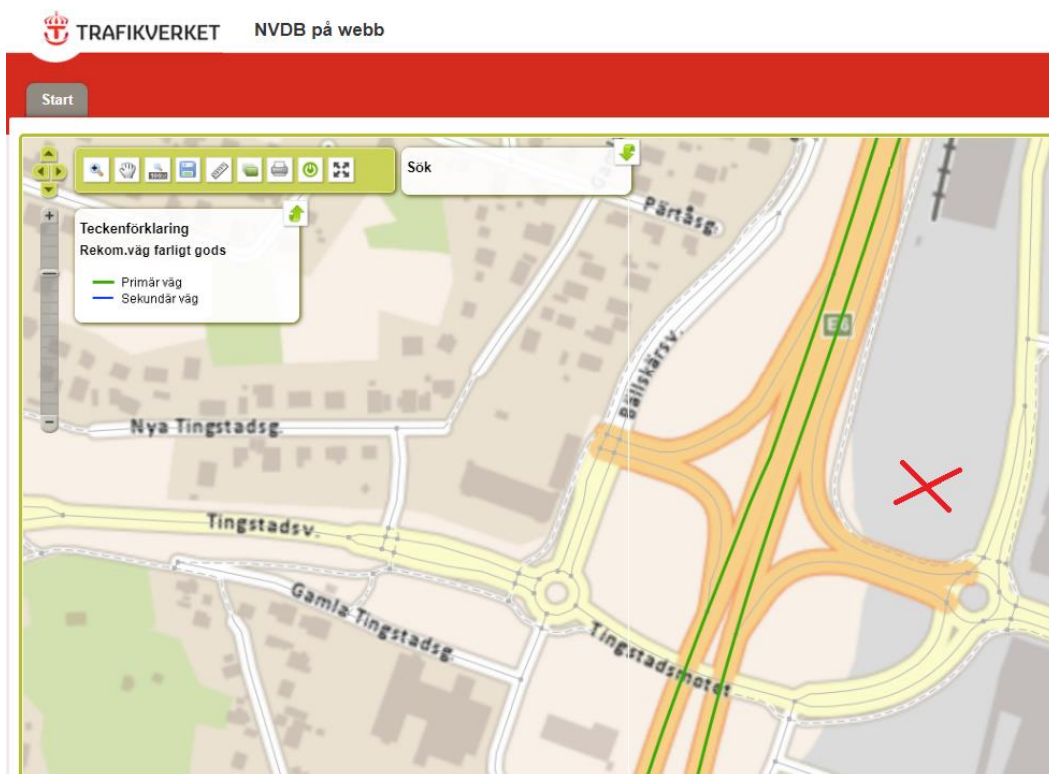
Aktuellt område är beläget vid E6 utmed Hisings Backa. Det aktuella området utgörs av ett industriområde. Ytan där byggnaden ska placeras har tidigare inrymt parkering.

Byggnadens kortsida med en längd av ca 40 m är placerad parallellt med E6.

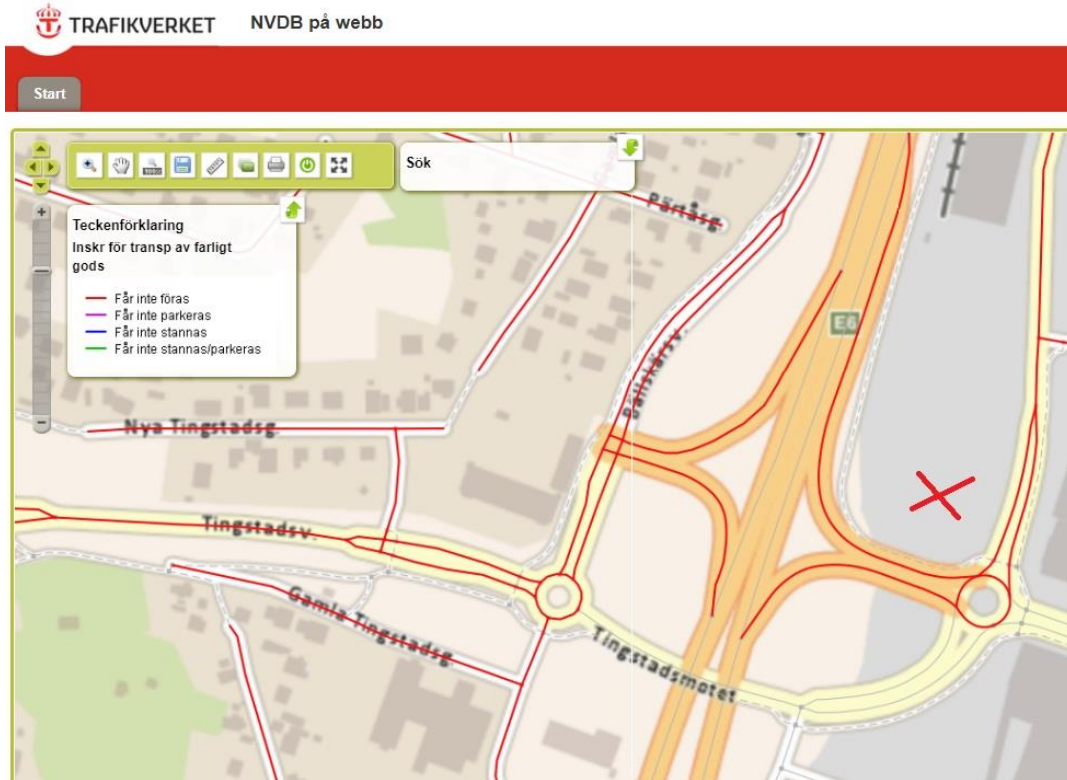
Analysen grundar sig dock i en vägsträcka på 500 meter utmed E6, för att ta höjd för olyckor som inträffar före och efter planområdet. Inom sträckan på 500 meter finns befintliga industri/kontorsbyggnader och parkering. Mellan aktuell byggnad och E6 finns en cykelbana och buskar/sly. Marken är plan i närområdet. Se Figur 1 för översikt och Figur 4 för mer detaljerad markkarta för området.



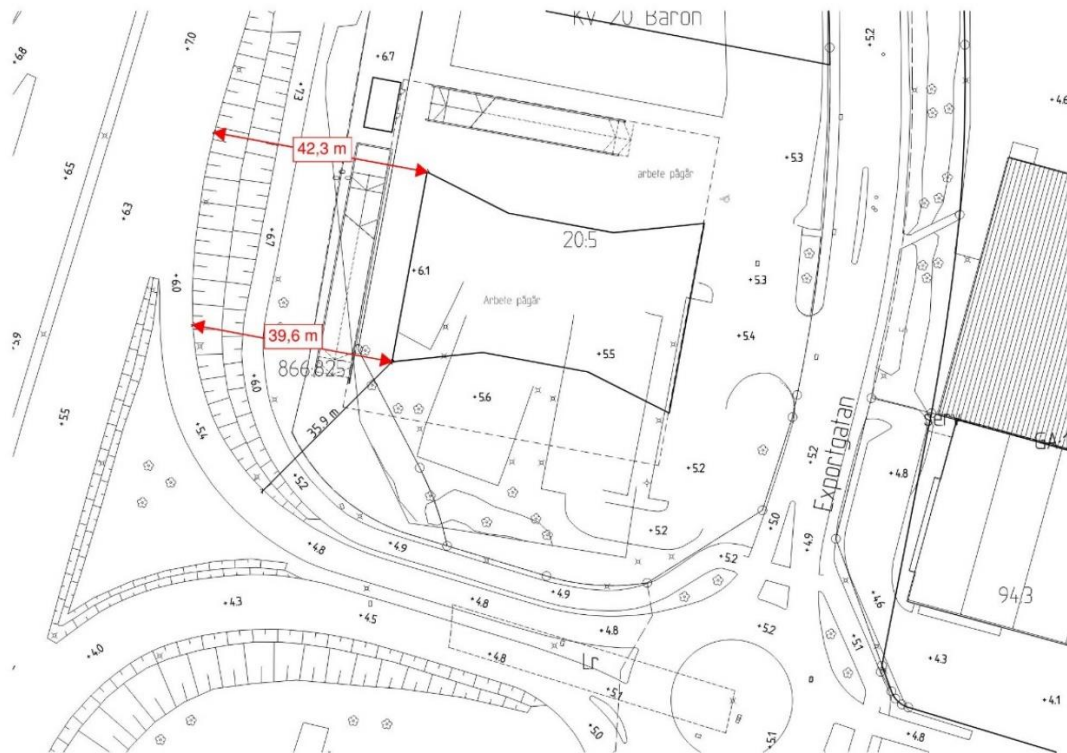
Figur 1: Området, översiktsbild. "Röd" väg är E6. Karta från <https://www.openstreetmap.org>



Figur 2: Området, med grön markering för farligt godsled. Det röda krysset markerar aktuell byggnads placering. Karta från <https://nvdb2012.trafikverket.se/>



Figur 3. Området, med röd markering där farligt gods ej får framföras. Det röda krysset markerar aktuell byggnads placering. Karta från <https://nvdb2012.trafikverket.se/>



Figur 4: Avstånd mellan byggnaden och E6.

I figur 2 redovisas primära farligt godsleder och i figur 3 redovisas vägar där farligt gods ej får framföras. Som kan utläsas i figurerna ska ingen farlig gods transporteras på påfarten i anslutning till byggnaden.

I figur 3 kan avstånden till E6 utläsas. Beräkningar i rapporten utgår från ett avstånd till E6 på 40 meter, vilket bedöms konservativt ansatt då påfarten i anslutning till byggnaden inte utgör farligt godsled.

2.2 Byggnadsbeskrivning

Byggnaden uppförs i fyra våningsplan och uppförs med en byggnadsarea om cirka 1700 m².

Byggnaden ska inrymma ett polishus, vars verksamhet klassificeras som samhällsviktig verksamhet. Avseende riskvärderingen bedöms dock inte detta faktum vara avgörande, då risken i den aktuella verksamheten inte är kopplad till farligt gods. Ett fåtal personer kan hållas inlåsta inom byggnaden, men det gäller endast kortare perioder och då den delen även är fördelaktigt placerad i byggnaden med hänsyn till risk för skada vid olycka bortses det från i analysen. Verksamheten bedöms till stor del kunna likställas med kontor, varvid den typen av verksamhet också bedöms möjlig inom byggnaden. Även sällanköpshandel och motsvarande verksamhet bedöms vara tillämpbar. Baserat på det beräknade viktade personantalet för aktuell verksamhet så kan det jämföras med ett personantal vid kontorsverksamhet på ca 400 personer och ca 180 personer vid sällanköpshandel, vilket behandlas i avsnitt 5.2.2.

Majoriteten av personerna i byggnaden utgörs av personer med god lokalkännedom, men vissa delar inom entréplan utgör publik verksamhet med besökare för passhantering och dylikt. Vissa delar utgör även förhörtrum och dylikt. Delar för besökare är dock belägna i byggnadsdel som ligger ytterligare 20 m från E6.

Byggnaden uppförs med stomme av betong och stål, bjälklag av betong samt med fasader av glas och tegel.

Material på bjälklag, fasader samt taktäckning är inte fastställt vid upprättande av denna handling.

Byggnaden uppförs fritt belägen på tomt inom industriområde.

Huvudentrén för besökare vetter mot öster, dvs bort från E6. Personalentré vetter åt söder.

2.3 Avgränsningar

Riskanalysen behandlar enbart riskerna förknippade med transport av farligt gods på E6, vilka presenteras kvantitativt som individ-och samhällsrisik.

Konsekvenserna som bedöms i analysen är dödsfall, hänsyn tas inte till ej livshotande skador samt miljörelaterade konsekvenser.

Risker inom 150 meter från farligt godsled ska beaktas varpå verksamheter som är belägna mer än 150 meter från E6 ej berörs vidare i denna riskanalys.

3 FARLIGT GODS

Med farligt gods avses ämnen och produkter som har farliga egenskaper vilka kan orsaka skada på människa, miljö och egendom. Utifrån ämnenas och produkternas egenskaper klassificeras farligt gods i nio olika ADR-klasser [2] med tillhörande underkategorier, se Tabell 1.

Tabell 1. Klassificering av farligt gods.

Klass	Egenskap
1	Explosiva ämnen och föremål
2	Gaser
3	Brandfarliga vätskor
4	Brandfarliga fasta ämnen
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider
6	Giftiga ämnen
7	Radioaktiva ämnen
8	Frätande ämnen
9	Övriga farliga ämnen

3.1 Farligt gods transporter

Trafikverket [3] har gjort mätningar av årsdygnsmedeltrafiken (ÅDT) längs den aktuella sträckan. Aktuell analys baseras på mätdata för år 2015, vilket utgör det senaste underlaget, med Trafikverkets uppräkningsstal som gäller från och med 2020-06-15, vilket ger 88 706 fordon per dygn på aktuell sträcka år 2040.

Redovisad trafikmängd avser all sorts trafik (personbilar samt tung trafik). Cirka 2 promille av all trafik utgörs av farligt gods enligt Räddningsverkets rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [4]. Detta innebär att 64 755 stycken farligt gods transporter kan förväntas transporteras på aktuell sträcka av E6 år 2040. Troligen är detta mycket konservativt då ingen farligt godstrafik går i Tingstadstunneln vilket är det dominerande trafikflödet i området.

3.2 Relativ fördelning av ADR-klasser och möjliga konsekvenser vid olycka

För att få en uppskattning om hur fördelningen ser ut för farligt godstransporter på aktuell sträckning nyttjas fördelningen från Räddningsverkets mätning 2006 [5] till hur frekvent godset transporteras på transportleder. Statistiken har idag en låg tillförlitlighet men nyare kartläggning saknas. Beräkningen av andelar baseras på maximala mängder enligt statistiken. Förändrad fördelning analyseras i känslighetsanalys.

Andelarna presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Fördelning av klasser som transporteras på aktuell sträckning på E6 enligt nationell statistik.

Klass	Egenskap	Total andel [%]	Möjlig konsekvens och påverkansområde
1	Explosiva ämnen och föremål	0,10 %	Kan ge upphov till explosion med skador till följd av övertryck, splitter och strålningspåverkan. Massexplosiva ämnen kan ha ett påverkansområde på flera hundra meter, medan övriga ämnen i klass 1 endast ger upphov till effekter koncentrerade till fordonets närhet.
2.1	Brännbara Gaser	8,0 %	Kan ge upphov till effekter i form av brand och explosion. Påverkansområdet varierar beroende på utfallet i form av jetflamma, BLEVE eller UVCE. Gasmoln kan driva iväg med vinden och ge toxiska effekter.
2.2	Icke brandfarliga/giftiga gaser	6,4 %	
2.3	Giftiga gaser	0,037 %	
3	Brandfarliga vätskor	48 %	Kan ge upphov till brännskador till följd av stålning från pölbrand eller jetflamma. Explosion kan också uppstå om antändning sker efter att avdunstning har skett från vätskepöl. Påverkansområde beroende på typ av följd effekt.
4	Brandfarliga fasta ämnen	2,0 %	Risk för brännskador till följd av strålningspåverkan.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	0,74 %	Risk för brännskador till följd av strålningspåverkan vid brand. I händelse av explosion till följd av blandning med andra brännbara ämnen kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6	Giftiga ämnen	0,45 %	Direkt toxisk påverkan där utsläppet sker samt risk för att gasmoln bildas och driver iväg med vinden, vilket kan ge upphov till toxiska effekter utanför närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	0,072 %	Ger normalt inte upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8	Frätande ämnen	17 %	Kan ge upphov till frätskador.
9	Övriga farliga ämnen	17 %	Framförallt miljörelaterade skador. Skada på människa osannolik.

4 IDENTIFIERING AV OLYCKSSCENARIER

Vid kvantitativa riskanalyser kan generellt klass 4, 7 och 9 avskrivras då dessa enbart bedöms ge begränsade konsekvenser alternativt påverkan i fordonets direkta närhet, vilket styrks av Länsstyrelsen i Skånes riktlinjer [6] och Hallands länsstyrelses riktlinjer [7]. Därmed kan riskanalysen begränsas till att behandla risker som uppkommer till följd av transport av ADR-klass 1, 2, 3, 5, 6 och 8.

Med anledning av att nämnda klasser avskrivs och baserat på de ämnesklasser som transporteras på E6 väljs följande scenarier ut för vidare analys:

1. Explosion till följd av olycka med massexplosiva och oxiderande ämnen som kan ge skada från tryckpåverkan och brännskador till följd av strålningpåverkan.
2. Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas som kan ge upphov till jetflamma, BLEVE eller UVCE, vilket kan leda till brännskador samt tryckpåverkan.
3. Utsläpp av kondenserad giftig gas som kan medföra förgiftning vid inandning.
4. Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor, vilket leder till pölbrand med efterföljande brännskador.
5. Utsläpp av giftiga vätskor som kan ge förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
6. Utsläpp av frätande vätska som kan ge upphov till frätskador samt toxiska effekter till följd av att giftiga gaser avges.

4.1 Olycksscenario 1: Explosion av massexplosiva och oxiderande ämnen

4.1.1 Massexplosiva ämnen

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka personskada vid händelse av olycka [7]. Explosion av massexplosiva ämnen kan uppstå genom deformation eller hål på tank till följd av krock eller avkörning, yttre brandpåverkan mot tank eller via spontan reaktion. Transport och paketering av massexplosiva ämnen är hårt reglerat vilket minskar risken för att explosion skall uppkomma. Vid explosion är det inte enbart risk för direkt skada på människa som är aktuell utan även indirekt skada genom att byggnader kan rasa.

4.1.2 Oxiderande ämnen

I de fall då oxiderande ämnen läcker ut och blandas med brännbara ämnen kan explosion uppstå, med konsekvenser jämförbara med explosion av massexplosiva ämnen.

4.2 Olycksscenario 2: Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas

Beroende på om tanken är utsatt för yttre termisk påverkan och om direkt eller fördröjd antändning sker vid läckage kan kondenserad brännbar gas ge upphov till olika följd effekter.

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) kan uppstå om en tank med tryckkondenserad gas värms upp utifrån (vanligen till följd av brand). Uppvärmningen kan leda till att den tryckkondenserade gasen i vätskeform börjar koka, vilket ger en snabb volymexpansion tills tanken brister och momentan explosion uppstår. BLEVE uppstår relativt sällan men med allvarliga konsekvenser till följd.

Vid utsläpp och direkt antändning av kondenserad brännbar gas uppstår en jetflamma. Flamman har generellt lång sträckning i samma riktning som utsläppet och dess höga intensitet medför stor strålningspåverkan och risk för brännskador.

I de fall då utsläpp sker av brännbar gas och antändning inte sker direkt kan ett brännbart gasmoln bildas. Gasmolnet kan driva iväg med vinden och antändas i ett senare skede. Detta fenomen kallas för UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion)

4.3 Olycksscenario 3: Utsläpp av kondenserad giftig gas

Effekten av ett utsläpp av kondenserad giftig gas beror i huvudsak på väderförhållanden i form av vindhastighet, vindriktning och stabilitetsklass samt utsläppets storlek och ämnets egenskaper. Giftiga gaser transporteras under tryck i vätskeform och då läckage uppstår minskar trycket och snabb förångning sker. Giftig gas är generellt tyngre än luft och spridningen sker därför i regel längs marken.

4.4 Olycksscenario 4: Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska

Vid utsläpp av brandfarlig vätska kan pölbrand uppstå. Pölens utbredning beror till stor del på närområdets utformning, där diken kan hindra utbredningen i en viss riktning och lutningen på marken kan styra utbredningen åt ett visst håll. Hålets storlek och vart på tanken läckaget uppstår har stor påverkan på brandens omfattning. Konsekvensen av pölbranden beror till stor del också på om antändning sker direkt eller fördröjt. Värst konsekvenser blir det vid fördröjd antändning i och med att pölen då har hunnit få en större utbredning.

Olika typer av brandfarlig vätska har olika antändningstemperaturer. Bensin kan lätt antändas vid normala utomhustemperaturer medan diesel har en flampunkt på ca 55°C. Transport av brandfarlig vätska sker under atmosfärstryck, varvid tankarna generellt sett är tunna och risken för läckage är överhängande om olycka uppstår.

4.5 Olycksscenario 5: Utsläpp av giftiga vätskor

Vid utsläpp av giftiga vätskor kan gasmoln bildas som driver iväg med vinden. Väderförhållanden och ämnets egenskaper har stor påverkan på konsekvensområdet. Ämnen i klass 3 (brännbara vätskor) kan även ha toxiska egenskaper och ska därmed också beaktas.

4.6 Olycksscenario 6: Utsläpp av frätande vätska

Vid utsläpp av frätande ämnen finns risk för frätskada till följd av att personer träffas av den läckande vätskan. Vid läckage av frätande vätska kan även giftiga gaser avges.

5 ANALYS

I detta avsnitt presenteras den genomförda analysen. Detaljerad beskrivning av de beräkningar som har genomförts återfinns i bilaga A och B.

5.1 Sannolikhet för identifierade olycksscenarier

I Tabell 3 presenteras de beräknade frekvenserna för de olika olycksscenariernas konsekvenser, vilka ligger till grund för den fortsatta analysen. Beräkningsgången redovisas i Bilaga A.

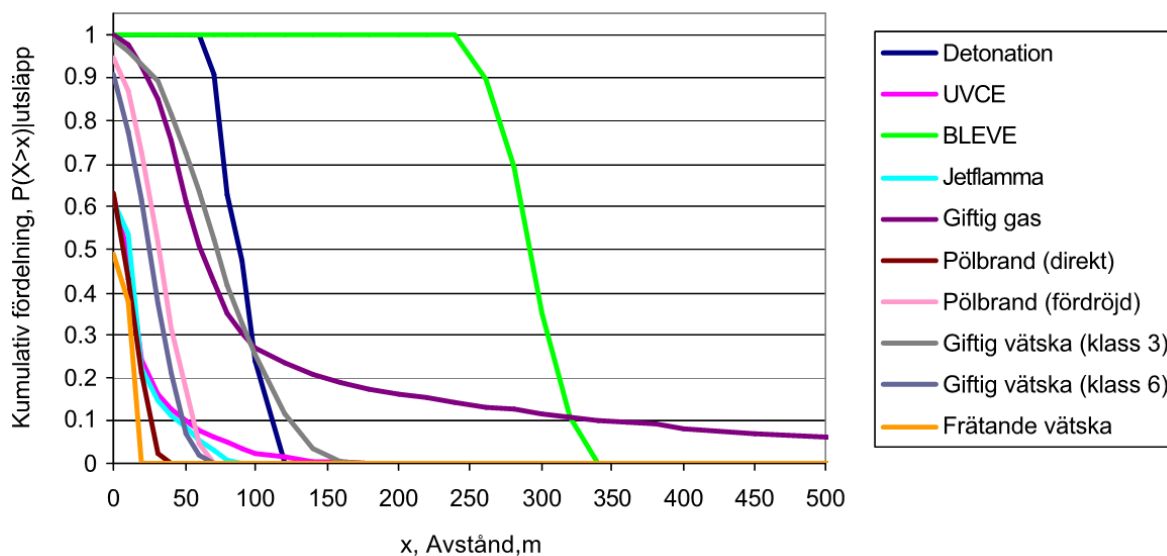
Tabell 3. Beräknade frekvenser för respektive konsekvensscenario.

Olycksscenario	Frekvens [år ⁻¹]
Explosion	1.66E-08
Oxiderande ämnen	7.13E-07
Jetflamma	1,98E-06
BLEVE	1.04E-07
UVCE	5.21E-06
Utsläpp av giftig gas	2.96E-08
Pölbrand (direkt antändning)	5.62E-05
Pölbrand (fördröjd antändning)	5.62E-05
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,87E-05
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	9.66E-06
Utsläpp av frätande vätska	6.60E-04

5.2 Beräkning av individ- och samhällsrisk

Till grund för beräkningen av individ- och samhällsrisk ligger riskavstånd för de olika olycksscenarierna framtagna av Länsstyrelsen i Skånes län [6]. Riskavstånden har tagits fram med hjälp av väletablerade handberäkningsmetoder och statistiska simuleringar. För att ta hänsyn till varierande förhållanden avseende vindriktning, vindhastighet, utsläppets storlek m.m., har statistiska fördelningar tilldelats de ingående variabelerna.

Resultatet som presenteras i Figur 5 bygger på 10 000 iterationer och avser avståndet där 50 % av populationen kan förväntas omkomma.



Figur 5. Riskavstånd för olika olycksscenarioer [6].

De riskavstånd som används i beräkningarna av individ- och samhällsrisken utläses från den åttionde percentilen i grafen, det vill säga det riskavstånd som vid 80 % av fallen inte överstigs. Tabell 4 redovisar de riskavstånd som används i beräkningarna för respektive konsekvensscenario.

Tabell 4. Dimensionerande riskavstånd för respektive olycksscenario.

Olycksscenario	Riskavstånd [m]
Explosion (detonation)	105
Jetflamma	25
BLEVE	310
UVCE	25
Utsläpp av giftig gas	150
Pölbrand (direkt antändning)	20
Pölbrand (fördröjd antändning)	50
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	105
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	40
Utsläpp av frätande vätska	15

5.2.1 Individrisk

Individrisken innebär risken för en person att omkomma om denne står på en specifik plats utomhus under ett års tid. Individrisken beräknas genom ekvationen:

$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v} \cdot \frac{15}{360}$, där f är olycksfrekvensen [år⁻¹], r är riskavståndet [m], a är avståndet från olyckan [m] och s_v är vägsträckan som har använts för beräkning av olycksfrekvensen [m].

$2 \cdot \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v}$ används för att ta hänsyn till att risken avser en person på en specifik plats och risken ska därför inte beräknas för hela vägsträckan som har använts för att ta fram olycksfrekvensen.

Kvoten $\frac{15}{360}$ används för att ta hänsyn till olyckans spridningsriktning, där spridningszonen delas upp i delar om 15°. Vid detonation, BLEVE och pölbrand sker påverkan i samtliga riktningar och formeln som används vid beräkningen av individrisken i de fallen blir därmed:

$$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v}$$

Individrisken för varje scenario beräknas först och sedan summeras risken till en total individrisk, se Tabell 5. Beräknad individrisk på olika avstånd från E6. De olika scenarierna numreras i tabellen enligt följande:

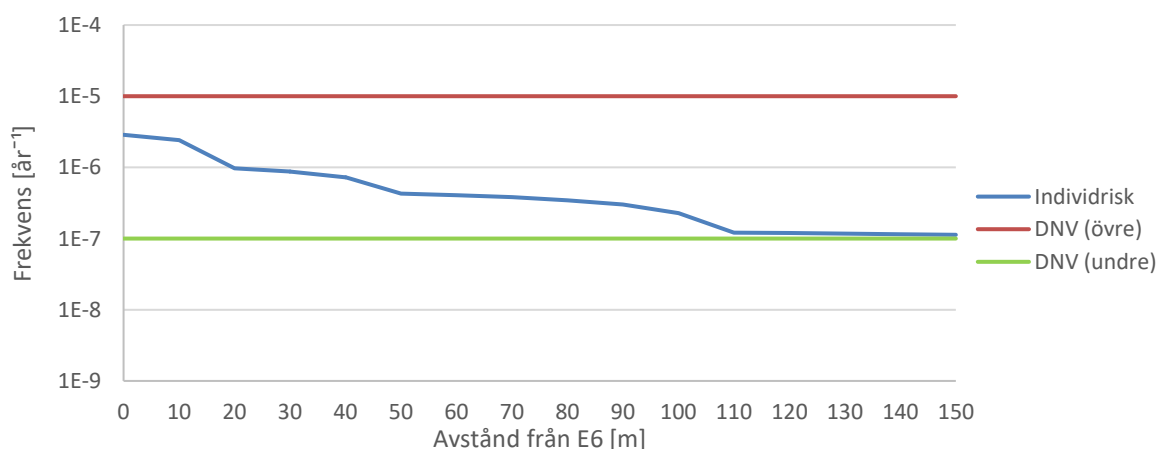
1. Explosion med massexplosiva ämnen
2. Explosion med oxiderande ämnen
3. Jetflamma
4. BLEVE
5. UVCE
6. Utsläpp av giftig gas
7. Pölbrand (direkt antändning)
8. Pölbrand (fördröjd antändning)
9. Utsläpp av giftig vätska (klass 3)
10. Utsläpp av giftig vätska (klass 6)
11. Utsläpp av frätande vätska

Vid beräkning av individrisk tas inte hänsyn till det skydd som byggnader m.m. kan ge.

Tabell 5. Beräknad individrisk på olika avstånd från E6.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	2,90E-10	1,25E-08	7,40E-10	8,24E-09	1,29E-07	2,17E-08	1,87E-07	4,69E-07	3,28E-07	6,44E-08	1,65E-06	2,87E-06
10	2,89E-10	1,24E-08	7,38E-10	7,56E-09	1,29E-07	1,99E-08	1,62E-07	4,59E-07	3,27E-07	6,23E-08	1,23E-06	2,41E-06
20	2,85E-10	1,22E-08	7,33E-10	4,95E-09	1,29E-07	1,30E-08	0,00E+00	4,29E-07	3,22E-07	5,57E-08	0,00E+00	9,67E-07
30	2,78E-10	1,20E-08	7,25E-10	0,00E+00	1,29E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,75E-07	3,14E-07	4,26E-08	0,00E+00	8,73E-07
40	2,68E-10	1,15E-08	7,13E-10	0,00E+00	1,28E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,81E-07	3,03E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,25E-07
50	2,55E-10	1,10E-08	6,97E-10	0,00E+00	1,27E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,28E-07
60	2,38E-10	1,02E-08	6,78E-10	0,00E+00	1,27E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,69E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,07E-07
70	2,16E-10	9,30E-09	6,54E-10	0,00E+00	1,26E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,44E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-07
80	1,88E-10	8,08E-09	6,26E-10	0,00E+00	1,25E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,46E-07
90	1,49E-10	6,43E-09	5,92E-10	0,00E+00	1,24E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,69E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,00E-07
100	8,84E-11	3,80E-09	5,51E-10	0,00E+00	1,22E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,27E-07
110	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-10	0,00E+00	1,21E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-07
120	0,00E+00	0,00E+00	4,44E-10	0,00E+00	1,19E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-07
130	0,00E+00	0,00E+00	3,69E-10	0,00E+00	1,17E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,18E-07
140	0,00E+00	0,00E+00	2,66E-10	0,00E+00	1,15E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-07
150	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-07

Den beräknade individrisken presenteras som en riskprofil i Figur 6. Avståndet utgår ifrån E6 med riktning mot det aktuella området, vars placering är på ca 40 meters avstånd från E6.



Figur 6. Beräknad individrisk och acceptanskriterier från DNV.

I Figur 6 presenteras även kriterier för tolerabel risk framtagna av DNV (Det Norske Veritas). I Sverige finns inga vedertagna kriterier för tolerabel individ- och samhällsrisk. Den erhållna risken behöver därmed utvärderas från fall till fall, utefter rådande förutsättningar. DNV:s kriterier för tolerabel risk är de som vanligen används. För individrisk anges där att risker mindre än $1 \cdot 10^{-7}$ år⁻¹ kan anses som tolerabla utan att skyddsåtgärder behöver övervägas. Gränsen för icke tolerabel risk går vid $1 \cdot 10^{-5}$ år⁻¹ och mellan de båda gränserna ligger ALARP-zonen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som hamnar inom denna zon, ska normalt åtgärdas i sin helhet såvida det inte är orimliga kostnader i förhållande till risken.

I analysen har DNV:s riktlinjer tillämpats för att bedöma huruvida de beräknade riskerna är tolerabla eller ej. Dessa anses som ett bra stöd för att kunna bedöma behovet av skyddsåtgärder.

Den framtagna riskprofilen visar på att individrisken ligger inom ALARP-området inom hela det undersökta området (upp till 150 meter), vilket innebär att åtgärder skall vidtas för att minska risken.

5.2.2 Samhällsrisk (grupprisk)

Riskmättet samhällsrisk används för att beakta hur stora konsekvenserna blir för en större grupp personer inom ett givet område, till skillnad från den platsbaserade individrisken.

När ett mindre område studeras benämns samhällsrisk ofta som grupprisk istället. Vid beräkning av grupprisk beaktas befolkningssituationen för det aktuella området, hänsyn tas till att personfördelningen kan se olika ut under olika tidsperioder och att påverkan kan variera beroende på om personerna befinner sig inomhus eller utomhus.

I analysen beaktas grupprisk för de personer som befinner sig på det aktuella området och det konservativa antagandet görs om att respektive konsekvensscenario förväntas inträffa mitt för området.

Då grupprisk skall beräknas behöver sannolikhet för att personer befinner sig inomhus respektive utomhus bedömas. Här används riktlinjerna från [6] om att 10 % befinner sig utomhus och 90 % inomhus under dagtid. Detta anses som ett konservativt antagande då personer endast kan antas befinna sig utomhus i området när de skall ta sig till och från den aktuella byggnaden och byggnader i närområdet.

För beräkning av grupprisk behöver persontätheten bedömas.

- I aktuell byggnad kommer det vid vissa tillfällen förekomma större utsättningar, vilket medför ett högre personantal än normalt. Personantalet antas vid dessa tillfällen, som bedöms inträffa 10 gånger per år, vara 400 (100 pers tillkommande jämfört med normalt). Vistelsetiden för dessa 100 ytterligare personer antas vara 0,5 h per tillfälle. I övrigt antas det på dagtid (8 timmar per dag, 5 dagar i veckan) vara maximalt 300 personer i byggnaden, medan det på kvällstid och helger antas vara maximalt 40 personer i byggnaden). Personantalen baseras på lokalernas utformning samt uppgifter från verksamheten. Utifrån detta blir ett viktat dimensionerande personantal på årsbasis 98,9 personer. Det beräknade viktade personantalet för aktuell verksamhet i byggnaden kan jämföras med ett dimensionerande personantal vid kontorsverksamhet på ca 400 personer vid arbetstid (med vistelsetid 8 timmar per dag och 5 dagar i veckan). Motsvarande dimensionerande personantal för sällanköpshandel skulle bli ca 180 personer under öppettider (med vistelsetid på 12 timmar per dag, 7 dagar i veckan).
- Den intilliggande byggnaden som inrymmer butik, kontor och lager har ett viktat dimensionerande personantal på årsbasis om 14,8 personer, hämtat från riskanalys utförd av FAST Engineering med datering 2019-03-29.

- Vidare så har bilhallen som ligger i området ett viktat dimensionerande personantal på årsbasis om 25,2 personer, hämtat från riskanalys utförd av FAST Engineering med datering 2018-09-17 (Rev A).
- Ytan i övrigt (dvs. övrig sträckning 500 m längst E6, 150 m i sidled) är ca 45 000 m². Som nämnts består den främst av parkering och industribyggnader. För denna typ av verksamhet kan en persontäthet på 1 person per 1000 m² tillämpas [6]. Detta ger ett viktat personantal på 22,5 personer på årsbasis utifrån antagande om 50 % vistelsetid.

Utifrån ovanstående är dimensionerande personantal i beräkningen 161. Då värdet utgör en grov uppskattning ska känslighetsanalys göras.

5.2.2.1 Förväntat antal döda

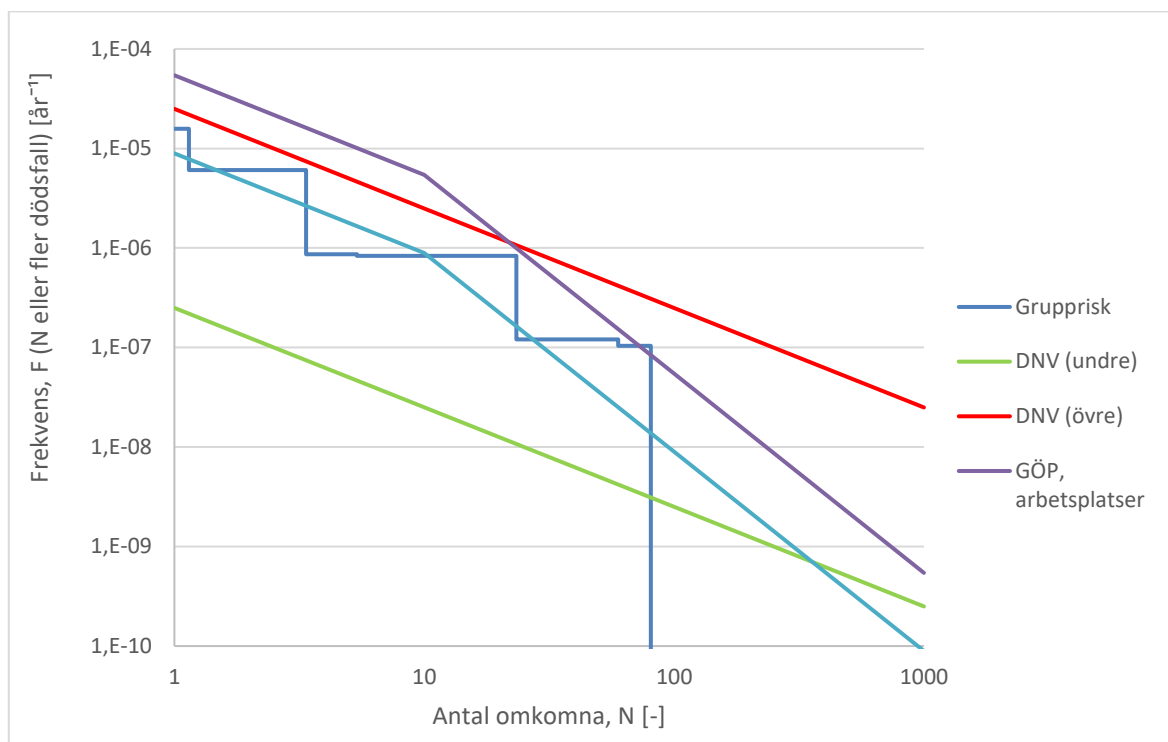
För att kunna beräkna grupprisken behöver förväntat antal döda för de olika scenarierna bedömas. Beräkningsgången presenteras i bilaga B. I tabell 6 presenteras frekvensen och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna, vilka ligger till grund för beräkning av grupprisken.

Tabell 6. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,66E-08	59,72
Explosion med oxiderande ämnen	7,13E-07	23,41
Jetflamma	1,98E-06	0,740
BLEVE	1,04E-07	80,71
UVCE	5,21E-06	3,36
Utsläpp av giftig gas	2,96E-08	5,38
Pölbrand (direkt antändning)	5,62E-05	0,151
Pölbrand (fördröjd antändning)	5,62E-05	0,378
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,87E-05	0,471
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	9,66E-06	1,143

5.2.2.2 FN-kurva

Utifrån den beräknade frekvensen och det förväntade antalet döda för respektive konsekvensscenario kan följande FN-kurva för området tas fram:



Figur 7. FN-kurva som visar olycksfrekvens och antalet omkomna.

I FN-kurvan presenteras även kriterier för riskvärdering enligt DNV och GÖP.

DNV:s kriterier för tolerabel risk tillämpas även på grupprisken. DNV:s övre gräns för samhällsrisk/grupprisk vid $N=1$ motsvarar en frekvens på 10^{-4} per år med lutningen -1 och den undre gränsen motsvarar 10^{-6} per år med lutningen -1 . Dessa kriterier är dock framtagna för en sträcka på 1 km och påverkan åt båda hållen. För att ta hänsyn till att det undersökta området omfattar en sträcka på 0,5 km och påverkan endast undersöks i en riktning, vilket medför att en lägre risknivå accepteras/tolereras, skalas därför gränserna om med en faktor 0,25 (0,5·0,5). De omskalade kriterierna för det aktuella området motsvarar de två linjerna som presenteras i Figur 7.

Den övre gränsen för ett dödsfall är $2,5 \cdot 10^{-5}$ år $^{-1}$ och följer en lutning på -1 . Risker större än denna gräns accepteras inte. Den andra linjen utgör gränsen för tolerabel risk, vilket är satt till $2,5 \cdot 10^{-7}$ år $^{-1}$ för ett dödsfall med lutningen -1 . Risker lägre än den undre gränsen kan tolereras utan att skyddsåtgärder behöver övervägas.

Området mellan de båda gränserna bildar ALARP-zonen. Risker som hamnar inom denna zon, bör åtgärdas i den mån det är praktiskt möjligt och platsspecifika förhållanden ska tas i beaktning.

Därtill presenteras acceptanskriterier utefter Översiktsplan för Göteborg – Fördjupad för sektorn farligt gods [9], hädanefter benämnd GÖP. Där presenteras två acceptanskriterier; ett för arbetsplatser (där riskacceptansen är större) och ett för bostäder (med lägre riskacceptans). Acceptanskriterierna i GÖP är baserade på ett typområde på 2 km samt med påverkan åt båda håll, varvid kriterierna har skalats om för att gälla det aktuella området där 0,5 km analyseras med enkelsidig påverkan. Acceptanskriterierna har därför

skalats om med en faktor 0,125 $((0,5/2) \cdot 0,5)$. Aktuell byggnad kan primärt hänföras till acceptanskriterier för arbetsplatser, men kriteriet för bostäder tas också i beaktning vid värdering av risken.

Utvärdering av grupprisen

FN-kurvan visar att grupprisen för området hamnar inom det övre ALARP-området enligt DNV:s kriterier.

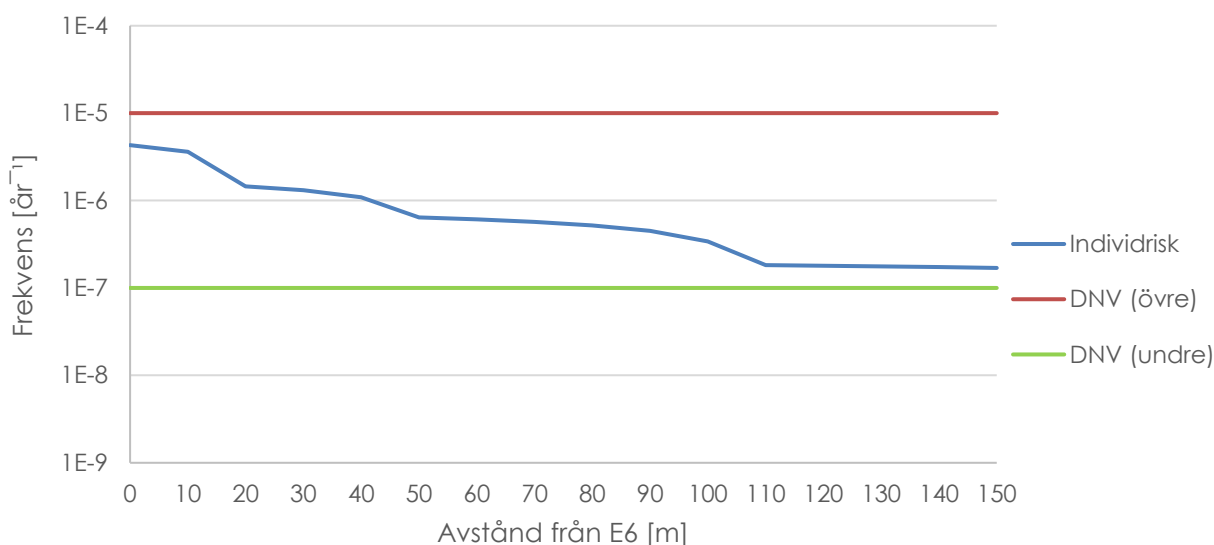
FN-kurvan visar vidare att grupprisen för området bryter upp genom acceptanskriteriet för arbetsplatser enligt GÖP på två ställen och primärt ligger över acceptanskriteriet för bostäder.

Skyddsåtgärder skall därmed vidtas för att minimera risken.

5.3 Känslighetsanalys

5.3.1 Individrisk

En grundläggande faktor för beräkningen av individrisken är årsmedeldygnstrafiken. Om det dimensionerande värdet ökas med 50 % till 133 000 erhålls följande resultat:

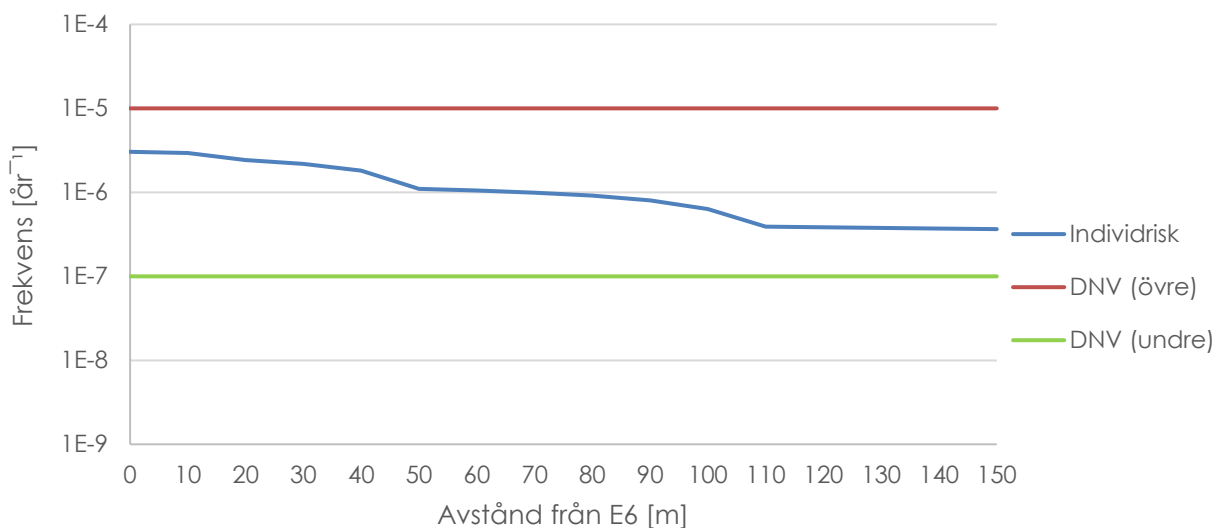


Figur 8: Känslighetsanalys av individriskberäkning, ÅDT ökad med 50 %

Vidare utgör fördelningen av farligt godsmängderna en stor osäkerhet. Den dimensionerande beräkningen baserades på max-värden utifrån mätningar. Om beräkningen istället baseras på min-värden erhålls resultat enligt Figur 9. Fördelningen är då enligt följande:

Tabell 7: Fördelning av ämnen baserat på minvärden

Klass	Egenskap	Andel
1	Explosiva ämnen och föremål	0 %
2.1	Brandfarliga gaser	17 %
2.3	Giftiga gaser	0 %
3	Brandfarliga vätskor	77 %
4	Brandfarliga fasta ämnen	5 %
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	0,04 %
6	Giftiga ämnen	0,42 %
7	Radioaktiva ämnen	0 %
8	Frätande ämnen	0 %
9	Övriga farliga ämnen	0 %

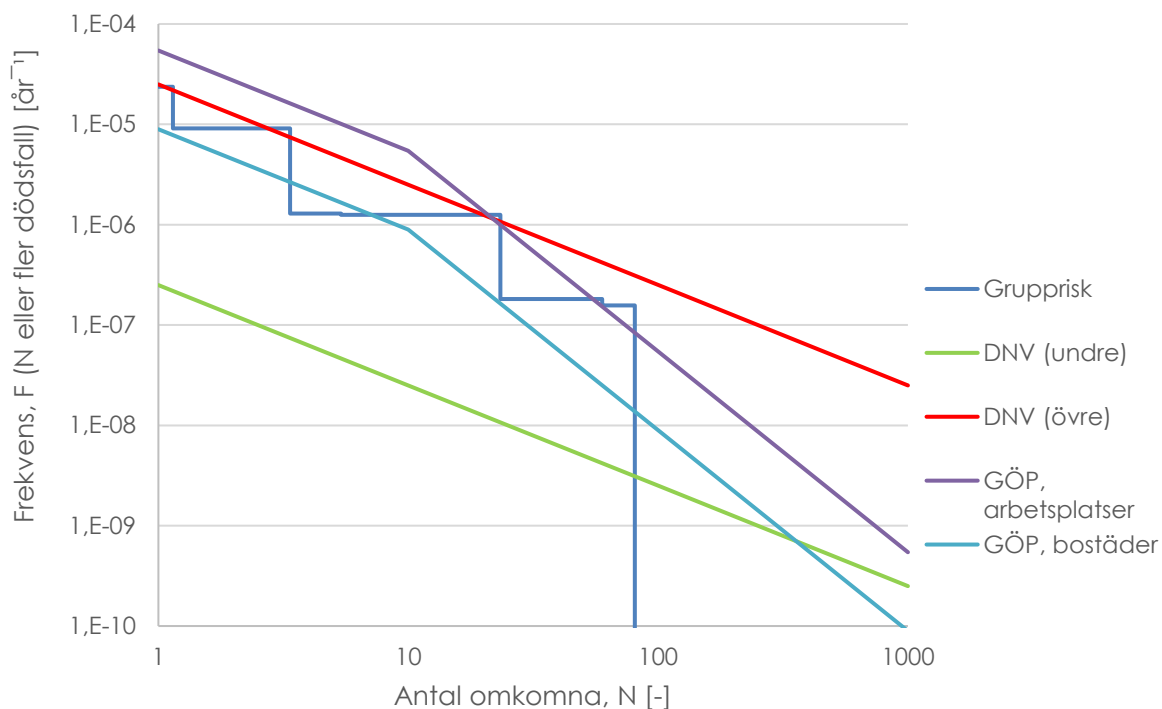


Figur 9: Känslighetsanalys av individriskberäkning, godsfordelning baserad på min-värden

Känslighetsanalysen visar att risknivån vid båda känslighetsanalyserna ligger under det övre kriteriet utifrån DNV:s förslag till riktlinjer. Inom det aktuella området ligger risken dock fortfarande inom ALARP.

5.3.2 Samhällsrisk

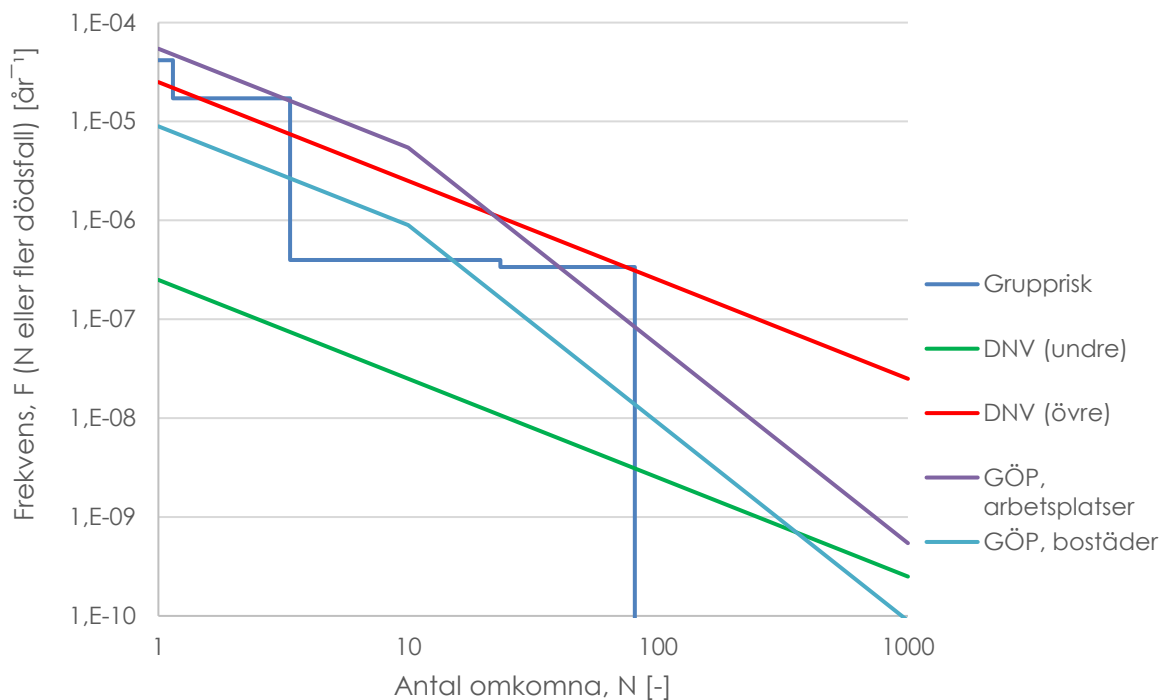
En grundläggande faktor även för beräkningen av samhällsrisken är årsmedelgygnsstrafiken. Om det dimensionerande värdet ökas med 50 % till 133 000 erhålls följande resultat:



Figur 10: Känslighetsanalys av gruppriskberäkning, ÅDT ökad med 50 %

Figur 10 visar som väntat att frekvensen för samtliga konsekvenser höjs, som en direkt konsekvens av den ökade risken för trafikolycka. Risknivån bryter igenom DNV:s övre kriterie på tre ställen, men ligger primärt inom ALARP.

FN-kurvan visar vidare att grupprisken för området bryter upp genom acceptanskriteriet för arbetsplatser enligt GÖP på tre ställen och primärt ligger över acceptanskriteriet för bostäder.

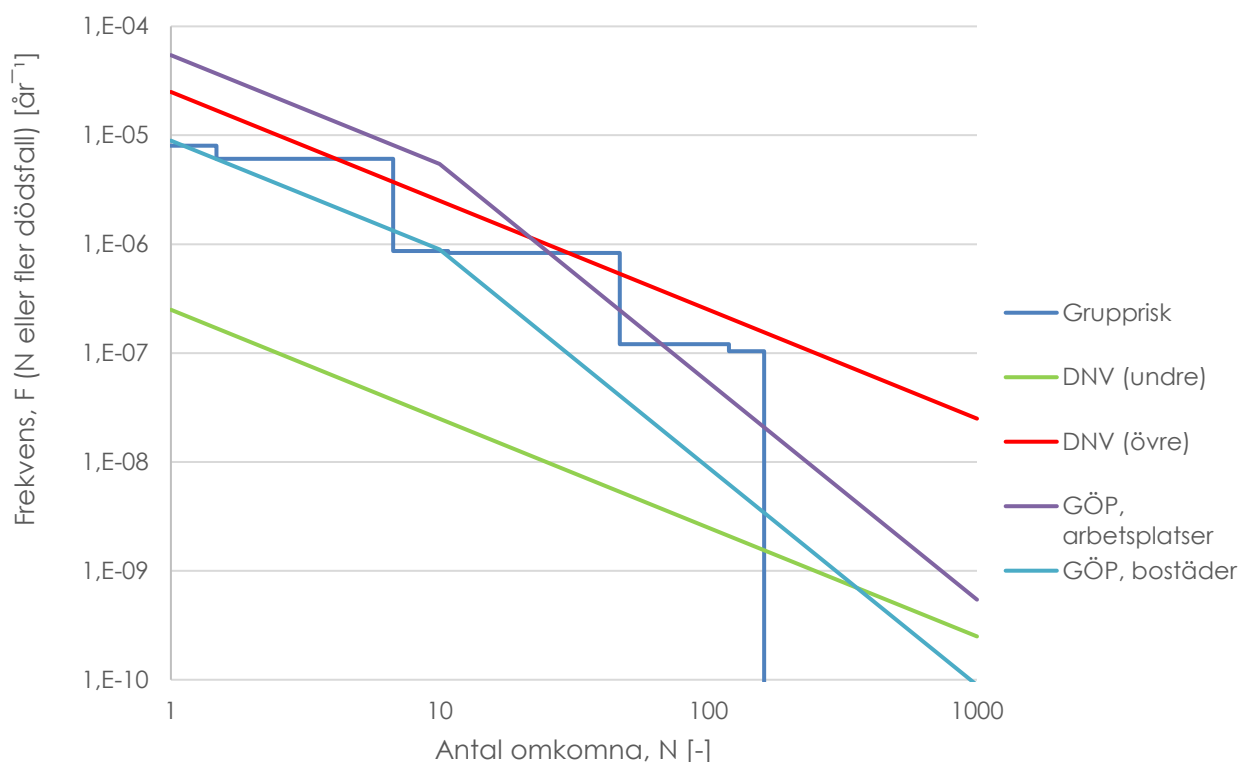


Figur 11: Känslighetsanalys av gruppriskberäkning, gods fördelning baserad på min-värden

Figur 11 visar att när fördelningen av transporterade mängder ändras till min-värdena ökar frekvensen för olyckor med färre antal omkomna och frekvensen av olyckor med större konsekvens minskas. En mindre del av risken ligger ovan DNV:s övre kriterie, men en övervägande del av risknivån ligger inom ALARP.

FN-kurvan visar vidare att grupprisken för området bryter upp genom acceptanskriteriet för arbetsplatser enligt GÖP på två ställen och primärt ligger över acceptanskriteriet för bostäder.

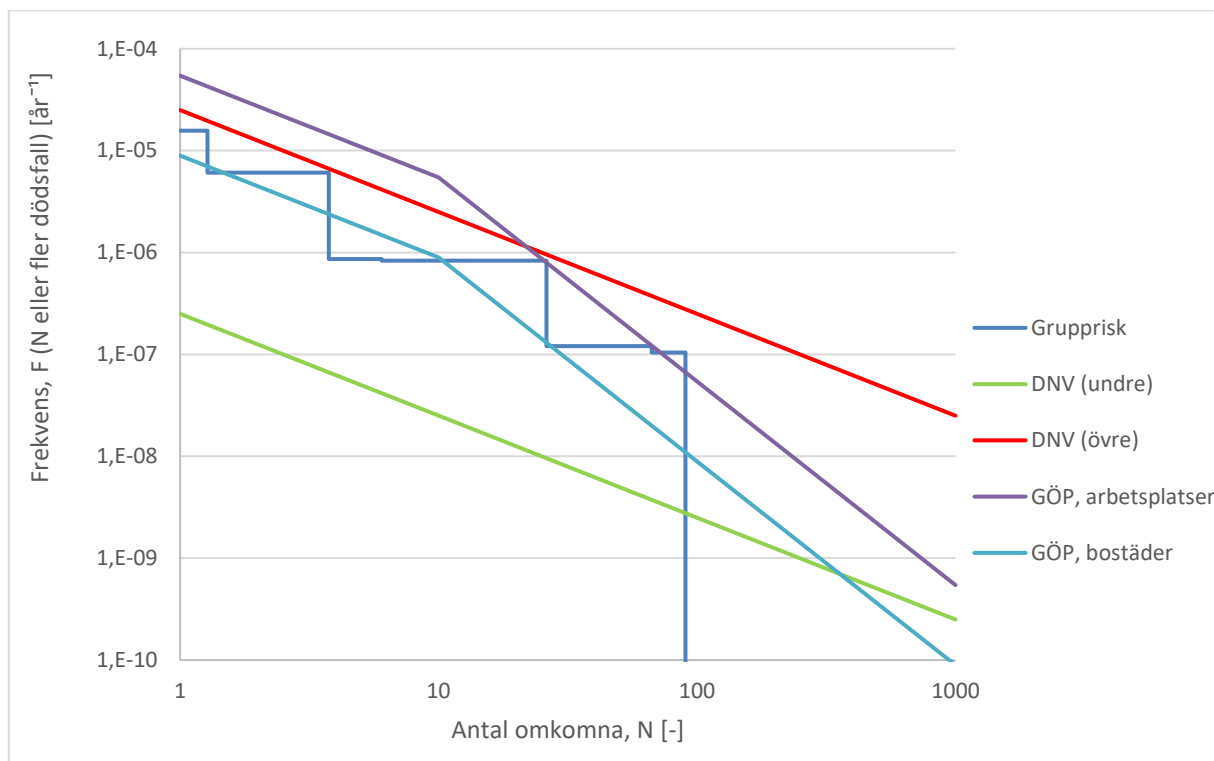
Känslighetsanalysen visar att åtgärder bör fokuseras på risker med hög frekvens.



Figur 12: Känslighetsanalys av gruppriskberäkning, viktat personantal dubblerat

Figur 12 visar att dubblerat personantal som väntat inte påverkar frekvensen men antalet omkomna vid varje scenario. Kurvan bryter igenom DNV:s övre gräns på två ställen och är i övrigt inom den övre delen av ALARP med denna förutsättning.

FN-kurvan visar vidare att grupprisken för området bryter upp genom acceptanskriteriet för arbetsplatser enligt GÖP på tre ställen och primärt ligger över acceptanskriteriet för bostäder.



Figur 13. Känslighetsanalys av gruppriksberäkning, personantal kvällstid och helger dubblerat (80 pers istället för 40 pers).

Figur 13 visar att ett dubblerat personantal på kvällstid och helger inte ger så stort genomslag på riskbilden.

6 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Riskanalysen visar på att både individ- och gruppriksken för området hamnar inom ALARP-zonen, varför följande skyddsåtgärder rekommenderas för att minimera riskerna:

- Ett förstärkt räcke för tung trafik utförs längs den aktuella sträckan så att tunga fordon inte kan köra av vägen och närma sig området.
- Området runt vägen ska utformas på ett sätt som motverkar spridning av vätska in mot området, vilket erhålls via befintligt svackdike.
- Området runt vägen ska kontrolleras så att konsekvensen av ett avåkande fordon begränsas. Sidoområdet skall vara fritt från oefftergivliga och spetsiga föremål, detta för att minska sannolikheten av att en tank skadas och att utsläpp sker.
- Området mellan byggnaden och E6 ska vara utformat så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Undantag kan göras för parkeringsområde, trafik och gångstråk, då det inte kan anses bidra till stadigvarande vistelse. På samma sätt kan mindre byggnader för icke stadigvarande vistelse, så som garage och förråd, accepteras.
- Byggnaden ska förses med avstängningsbar ventilation. Tilluft ska ej tas i riktning mot vägen.
- Minst en utrymningsväg från byggnaden ska vetta bort från E6.

- Byggnadens fasader utförs i obrännbart material. Fönster som vetter mot E6 utförs i lägst brandteknisk klass E 30. Brandklassade fönster utförs ej öppningsbara.

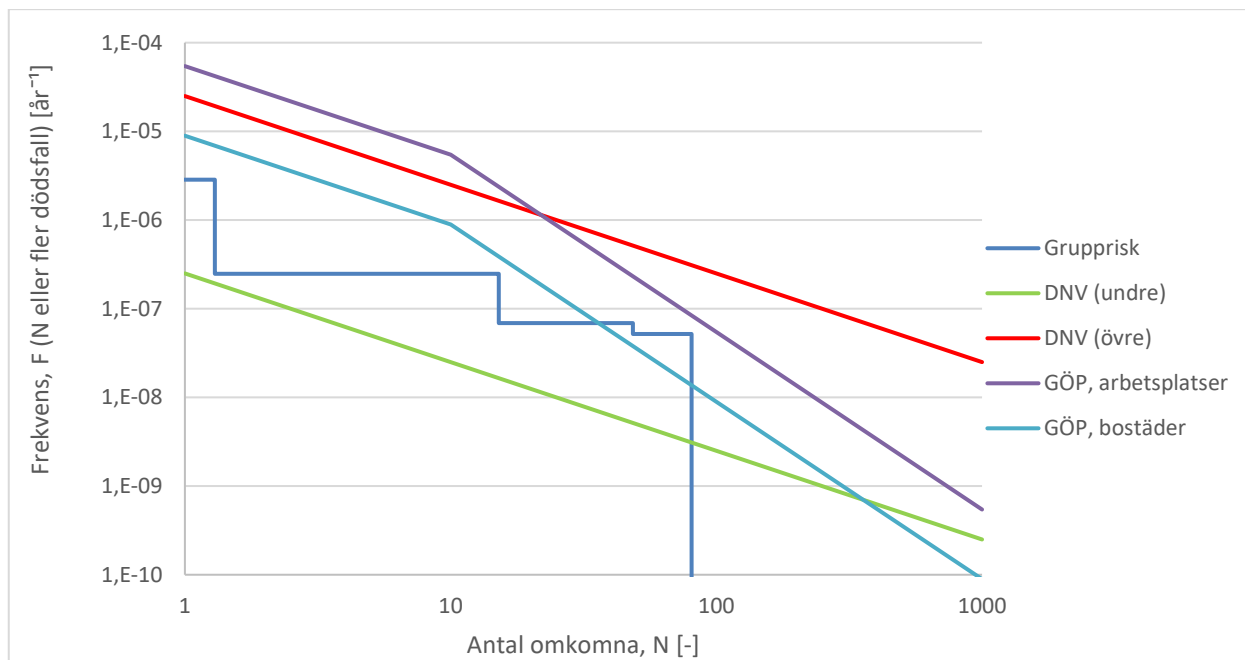
7 EFFEKTER AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

För att utvärdera effekterna av de riskreducerande åtgärderna har en uppdaterad FN-kurva tagits fram med hänsyn till dessa. För att kunna jämföra risknivån gentemot framtagen FN-kurva utan hänsyn till åtgärder har de riskreducerande effekterna ansatts på hela det undersökta området. Då övriga byggnaders skydd inte förbättras genom samtliga åtgärder ska kurvan nedan endast ses som ett stöd för utvärdering, dvs inte som en rättvisande riskbild över hela det analyserade området efter åtgärder. Justeringar har gjorts baserat på ingenjörsmässiga antaganden.

Följande justeringar har gjorts till följd av åtgärderna:

- Sannolikheten för att läckage uppstår vid olycka har halverats (baserat på att förstärkt räcke upprättas och att området görs fritt från oeftergivliga föremål).
- Sannolikheten för att omkomma inomhus vid jetflamma har skattats till 0 (baserat på brandklassad fasad, inkl fönster och dörrar, mot E6).
- Sannolikheten för att omkomma inomhus vid UVCE har halverats (baserat på brandklassad fasad, inkl fönster och dörrar, mot E6).
- Sannolikheten för att omkomma inomhus vid utsläpp av giftig gas och vätska har skattats till 0 (baserat på avstängningsbar ventilation samt tilluft bort från E6).

Nedanstående FN-kurva erhålls baserat på antaganden om riskreducerande effekter enligt ovan.



Figur 14. FN-kurva med hänsyn till riskreducerande åtgärder (inkl. brandklassad fasad).

Som kan utläsas i FN-kurvan är risknivån sänkt gentemot tidigare och ligger kring medel av ALARP-zonen. Att risknivån inte hamnar under den nedre gränsen för ALARP är starkt kopplat till att olycksfrekvensen inte har justerats. Detta då den är baserad på nationell statistik och därmed bygger på en stor variation av förutsättningar. Bedömningen är

därmed att en justering av denna till följd av åtgärderna inte hade kunnat göras på ett rättvisande sätt.

De planerade åtgärderna har gett en sänkt risknivå för samtliga scenarier, genom sänkt sannolikhet och/eller sänkt konsekvens, bortsett från scenariot med explosion med massexplosiva ämnen. Att vidta åtgärder för att minska konsekvensen av en explosion bedöms inte skäligen med hänsyn till att åtgärder skulle bli allt för omfattande och komplicerade med hänsyn till den låga sannolikheten för att scenariot uppstår. Med hänsyn till att risknivån i den uppdaterade FN-kurvan ligger kring medel av ALARP-zonen, samtidigt som risknivån fortsatt bedöms konservativt beräknad, bedöms eventuell åtgärd för att minska konsekvensen av explosion kunna avskrivas med ovanstående resonemang.

Jämfört med acceptanskriterier i GÖP ligger risknivån under acceptanskriteriet för arbetsplatser och bryter upp genom acceptanskriteriet för bostäder på två ställen.

Baserat på den aktuella riskbilden bedöms polishus, kontor, sällanköpshandel och motsvarande verksamhet kunna bedrivas inom området.

8 OSÄKERHETER OCH ANTAGANDEN

En riskanalys omgärdas alltid av osäkerheter och antaganden. Osäkerheter utgörs av indata, underlag, beräkningsmodeller, statistiska underlag samt expertbedömningar. Generellt hanteras osäkerheter genom att använda konservativa uppskattningar och bedömningar. Detta innebär att risken sannolikt överskattas snarare än underskattas.

Exempel på några konservativa bedömningar som görs är följande:

- Trafikflöden
- Olycksfrekvens
- Sannolikhet och konsekvens för olycksscenarioer

8.1 Trafikflöden

Mängden och fördelningen mellan de olika klasserna av farligt gods är baserad på årsdygnsmedeltrafiken för E6 2015, med Trafikverkets senaste uppräkningsstatistik fram till 2040, samt klassfördelning enligt mätningar som inte är uppdaterade sedan 2006. Ansatt årsmedeldygnstrafik bedöms vara på den konservativa sidan och den erhållna risknivån baserat på ÅDT kan därmed snarare anses vara överskattad än underskattad.

Avseende kartläggningen av farligt gods, så är det den senaste kartläggningen som är genomförd och anses vara den mest tillförlitliga referensen att utgå ifrån, även om det finns ett nationellt behov av en uppdaterad kartläggning.

För att få fram mängden farligt gods har statistik från Räddningsverket nyttjats som menar på att 2 promille av all trafik är farligt gods. Det medför osäkerheter, men i brist på specifik statistik för den undersökta vägsträckan avseende farligt gods anses det som det bästa alternativet.

Trafikflödets utveckling framåt i tiden är även det svår att bedöma, men då Trafikverkets senaste uppräkningsstatistik har tillämpats anses detta ha hanterats på bästa möjliga sätt.

8.2 Olycksfrekvens

Vid bedömningen av olycksfrekvensen på E6 ansattes en fast sannolikhet för lastbilsolycka med farligt gods, rekommenderad i Länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer [7]. Den ansatta sannolikheten för lastbilsolycka med farligt gods kan anses representera ett riksgenomsnitt, men med korrigering för godsflödet på den aktuella vägen. Då hänsyn därigenom togs till aktuellt trafikflöde anses den beräknade olycksfrekvensen spegla E6 förhållandevis bra.

8.3 Sannolikhet och konsekvens för olycksscenarioer

Då sannolikheten för de olika olycksscenarioerna har bedömts har antaganden gjorts med stöd i olika studier och riktlinjer. Fokus har legat på att använda så aktuella referenser som möjligt samt att de ska anses representativa för rådande förhållanden på området. Varje antagande som görs bidrar dock med osäkerheter till analysen, men med bra underlag blir osäkerheterna mindre.

För att bedöma konsekvenserna användes riskavstånd framtagna av Länsstyrelsen i Skåne och Halland samt handberäkningsuttryck angivna i FOA-handboken [8]. Riskavstånden är framtagna med hjälp av väletablerade handberäkningsuttryck, datorprogram och statistiska simuleringar. Hänsyn har tagits till olika förhållanden i form av väder och utsläppsstorlekar m.m. Konsekvensen är dock väldigt beroende av vilket ämne som transporteras, vilken mängd och fas samt vart läckaget sker. Detta faktum medför att beroende på vilka antaganden som görs så kan det bli stor variation i utfallet. Då hänsyn har tagits till olika förhållanden vid framtagandet av riskavstånden och val av ämne har gjorts konservativt anses dock riskavstånden som representativa och väl fungerande för ändamålet.

Avstånd mellan väg och första byggnad har mätts från vägkant till byggnad istället för mitten av vägen. Detta medför att olyckor som sker på bortre delen av vägen (från byggnaderna sett) kommer få lägre konsekvens än vad som är redovisat i beräkningarna i denna analys.

9 SLUTSATS

Med den genomförda riskanalysen som grund anses skyddsåtgärder behöva vidtas för att byggnadens placering skall anses som acceptabel med avseende på risk för farligt godsolyckor. Detta då riskanalysen visar att både individ- och grupprisken för området hamnar inom ALARP-zonen enligt DNV:s kriterier samt då risknivån inte ligger under GÖP:s acceptanskriterium för arbetsplatser utan åtgärder.

Detta innebär att skyddsåtgärder enligt kapitel 6 bör vidtas.

10 REFERENSER

- [1] Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Länsstyrelsen Skåne. Stockholm och Västra Götalands län. September 2006
- [2] ADR-S, Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, 2013, MSB.
- [3] Vägtrafikflödeskartan Trafikverket (<http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>)
- [4] Räddningsverket Karlstad – Farligt gods – riskbedömning vid transport, 1996
- [5] Kartläggning av farligt godstransporter – september 2006, 2008, Räddningsverket.
- [6] Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, 2007, Länsstyrelsen i Skåne län.
- [7] Riskanalys av farligt gods i Hallands län, 2011, Länsstyrelsen i Hallands län.
- [8] Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, 1998, Fischer m.fl.
- [9] Översiktsplan för Göteborg – Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, 1999, Göteborgs stadsbyggnadskontor.
- [10] Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, 1993, Grant Purdy - Journal of Hazardous Materials.
- [11] Riskanalys av farligt gods transporter i Borlänge kommun – Ett underlag till rekommendationer i planprocessen, 2003, Thomas Carlsson, LTH.
- [12] Göteborgs stad – Trafikmängd på olika gator (Elektronisk)
- [13] SCB – Villa vanligaste boendeformen (Elektronisk)

BILAGA A – BERÄKNING AV SANNOLIKHET

Denna bilaga redovisar de beräkningar och antaganden som har gjorts för att beräkna sannolikheten för att en olycka uppstår som leder till utsläpp av farligt gods med påverkan på omgivningen.

A.1 Olycksfrekvens

Som behandlats i avsnitt 3.1 ansätts totalt 64 755 stycken farligt gods transporter som dimensionerande för aktuell sträcka av E6 år 2040.

Länsstyrelsen i Hallands län [7] har jämfört statistik och olika metoder för att beräkna olycksfrekvensen för farligt gods som transporteras med lastbil och kommit fram till att en olycksfrekvens på $4 \cdot 10^{-7}$ per farligt gods lastbilskm och år kan ansättas. Olycksfrekvensen är generell och baserad på nationell statistik, men hänsyn till aktuell sträcka tas genom att mängden farligt gods ger utslag på sannolikheten för att en olycka med farligt gods ska inträffa. Vägsträckan som kan antas ge skada på området ansätts till 500 meter och ger tillsammans med det bedömda antalet farligt godstransporter per år en olycksfrekvens på $1,30 \cdot 10^{-2}$ olyckor per år.

A.2 Beräkning av frekvens för olycksscenarier

Då olycksfrekvensen för farligt godsolycka har bedömts är nästa steg att beräkna frekvensen för respektive olycksscenario.

De olycksscenarier som utreds och deras följd effekter är följande:

1. Explosion till följd av olycka med massexplosiva och oxiderande ämnen
2. Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas
 - a. Jetflamma
 - b. BLEVE
 - c. UVCE
3. Utsläpp av kondenserad giftig gas som kan medföra förgiftning vid inandning.
4. Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor
 - a. Pölbrand med direkt antändning
 - b. Pölbrand med fördröjd antändning
5. Utsläpp av giftiga vätskor
6. Utsläpp av frätande vätska

A.2.1 Explosion till följd av olycka med massexplosiva och oxiderande ämnen

Klass 1.1: Massexplosiva ämnen

För att beräkna sannolikheten för olycka med massexplosivt ämne behöver dels sannolikheten för kollision och avåkning, $1,30 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$, som leder till explosion och sannolikheten för att brand uppstår i fordonet vilket leder till explosion tas i beaktning. Sannolikheten för brand i lastbilen ansätts till $1 \cdot 10^{-7}$ per lastbilskm med farligt gods och år, baserat på bedömningar gjorda i Göteborgs kommuns översiktsplan [9]. Det antas att explosion sker vid 1 % av fallen både vid sammanstötning eller avåkning och brand i lastbilen, baserat på rekommendationer i Länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer [7].

Då statistiken inhämtad från nationell statistik inte anger underkategorier till klass 1 görs antagandet att 10 % av transportererna med explosiva ämnen och föremål utgörs av massexplosiva ämnen. Baserat på detta antagande blir den totala andelen av farligt godstransporter med lastbil som utgörs av massexplosiva ämnen 0,01 %.

Följande beräkningsgång används för att ta fram den årliga frekvensen för explosion:

$$f_{ex(klass\ 1.1)} = f_{olycka} \cdot p_{me} \cdot p_d + f_{brand} \cdot N_{fg} \cdot s_v \cdot p_{me} \cdot p_d$$

f_{ex} = Frekvens för explosion (klass 1.1) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,3 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

p_{me} = Andel som transporterar massexplosiva ämnen (0,0001)

p_d = Sannolikhet för explosion (0,01)

f_{brand} = Brandfrekvens ($1,0 \cdot 10^{-7}$ farligt gods lastbilskm $^{-1}$ år $^{-1}$)

N_{fg} = Antalet farligt godstransporter under ett år (64 755)

s_v = Studerad vägsträcka (0,5 km)

Detta ger en förväntad frekvens på $1,66 \cdot 10^{-8}$.

Klass 5.1: Oxiderande ämnen

Explosion kan uppstå om oxiderande ämnen läcker ut och blandas med brännbara ämnen, vilket utgörs av lastbilens driv- och smörjmedel. Beräkningarna av den förväntade frekvensen för explosion till följd av olycka med oxiderande ämnen baseras på föreslagen beräkningsgång i Göteborgs kommuns översiktsplan [9]. Där anges att läckage kan antas uppstå i 10 % av olyckorna med oxiderande ämnen. För att en explosiv blandning ska uppstå ska fordonets bränsletank också skadas, vilket kan antas uppstå i 15 % av fallen. När en explosiv blandning har bildats är risken för antändning relativt stor och ansätts i beräkningarna till 50 %⁶. Beräkningsgången blir som följer:

$$f_{ex(klass\ 5.1)} = f_{olycka} \cdot p_{ox} \cdot p_l \cdot p_{bl} \cdot p_{ant}$$

$f_{ex(klass\ 5.1)}$ = Frekvens för explosion (klass 5.1) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,3 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

p_{ox} = Andel som transporterar oxiderande ämnen (0,0073)

p_l = Sannolikhet för läckage (0,1)

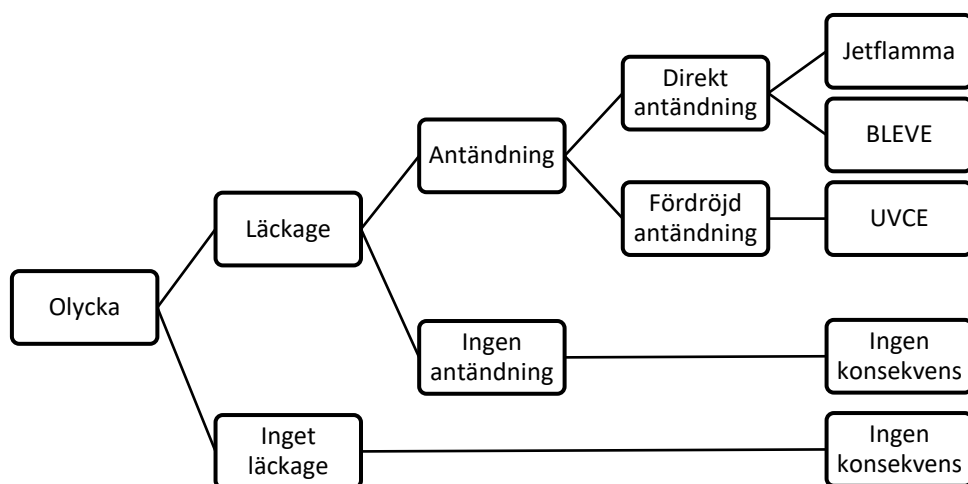
p_{bl} = Sannolikhet för bränsleläckage (0,15)

p_{ant} = Sannolikhet för antändning (0,5)

Detta ger en förväntad frekvens på $7,13 \cdot 10^{-7}$.

A.2.2 Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas

Ett utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas kan leda till ett flertal olika konsekvenser: jetflamma, BLEVE, UVCE, vilket Figur 15. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas. Åskådliggör. De faktorer som har störst påverkan på konsekvensen är om läckage sker eller inte, om antändning sker eller inte och om antändningen sker direkt eller fördröjt.



Figur 15. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas.

Länsstyrelsen i Hallands län har tagit fram ett bedömningsunderlag för sannolikhet för läckage [7], baserat på en utredning genomförd av Räddningsverket. Där anges att sannolikheten för läckage givet olycka kan antas till 0,3 generellt. För att ta hänsyn till den brännbara gasen transporteras under tryck i tjockväggiga tankar rekommenderar dem att en reduceringsfaktor på 30 ansätts till den generella sannolikheten. Sannolikheten för läckage givet olycka med kondenserad brännbar gas blir genom denna bedömning 0,01.

I nämnda riktlinjer [7] har även en bedömning av fördelningen mellan konsekvenserna givet läckage gjorts, baserat på holländska riktlinjer för farligt gods och en utredning som genomfördes i samband med bebyggelseplanering i anslutning till farligt godsled i Helsingborg. Där anges följande sannolikheter givet läckage:

- Ingen antändning, 30 %
- Jetflamma, 19 %
- BLEVE, 1 %
- UVCE, 50 %

Beräkningsgången för den förväntade frekvensen av de olika konsekvenserna blir enligt följande:

$$f_k = f_{olycka} \cdot p_{l,t} \cdot p_{bg} \cdot p_k$$

f_k = Frekvens för undersökt konsekvens [år⁻¹]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,3 \cdot 10^{-2}$ år⁻¹)

$p_{l,t}$ = Sannolikhet för läckage på trycksatt tank (0,01)

p_{bg} = Sannolikhet för transport av brandfarlig gas (0,0804)

p_k = Sannolikhet för konsekvens (0,19 / 0,01 / 0,5)

Frekvenserna blir genom denna beräkningsgång:

Jettflamma: $1,98 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$

BLEVE: $1,04 \cdot 10^{-7} \text{ år}^{-1}$

UVCE: $5,21 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$

A.3.3 Utsläpp av kondenserad giftig gas

Vid olycka med kondenserad giftig gas behöver storleken på utsläppet tas i beaktning. Följande indelning av läckagestorlek görs i beräkningarna:

- Litet utsläpp (packningsläckage)
- Medelstort utsläpp (rörbrott)
- Stort utsläpp (punktering av tank)

Med stöd i länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer [7] görs antagandet om att ett litet utsläpp av kondenserad giftig gas inte kan ge upphov till dödsfall, varför dessa scenarier avskrivs från beräkningarna. Givet att läckage sker antas att litet utsläpp uppstår i 37,5 % av fallen vid vägtransport och 62,5 % av fallen vid järnvägstransport [5].

Då den kondenserade giftiga gasen på samma sätt som den brandfarliga gasen transporteras i tjockväggiga tankar antas en sannolikhet för läckage på 1 %.

$$f_{gg} = f_{olycka} \cdot p_{l,t} \cdot p_{gg} \cdot (1 - p_{lu})$$

f_{gg} = Frekvens för utsläpp av giftig gas [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,3 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

$p_{l,t}$ = Sannolikhet för läckage på trycksatt tank (0,01)

p_{gg} = Sannolikhet för transport av giftig gas (0,00037)

p_{lu} = Sannolikhet för litet utsläpp [0,375]

Detta ger en förväntad frekvens på $2,96 \cdot 10^{-8}$.

A.2.3 Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för läckage givet att olycka sker antas därför till 0,3 [7].

Utbredningen och därmed konsekvensen av en pölbrand styrs till stor del av om antändning sker direkt eller fördröjt. Vid direkt antändning har utbredningen inte hunnit bli så stor och konsekvenserna blir därmed mindre.

För att beräkna sannolikheten för utsläpp och antändning av brandfarlig vätska behöver sannolikheten för läckage givet olycka, antändning givet läckage och pölbrand givet antändning bedömas. Vidare behöver sannolikheten för direkt alternativt fördröjd antändning bedömas, vilket påverkar pölens utbredning. Givet att läckage sker antas sannolikheten för antändning vara 0,06, vilket är baserat på en statistisk analys genomförd i England [10]. Det antas att sannolikheten för direkt antändning är lika stor som för fördröjd, vilket är ett konservativt antagande då direkt antändning statistiskt sett är mer

vanligt förekommande än fördröjd. Detta antagande ger en sannolikhet för fördröjd respektive direkt antändning på 0,03.

Sannolikheten för pölbrand givet antändning ansätts till 1, då det är det scenariot som kan ge upphov till konsekvenser utanför olyckans närområde.

Givet dessa antaganden kan den årliga frekvensen för pölbrand med direkt respektive fördröjd antändning beräknas genom:

$$f_{pb} = f_{olycka} \cdot p_{bv} \cdot p_{l,a} \cdot p_{ant} \cdot p_{pöl}$$

f_{pb} = Frekvens för pölbrand (direkt/fördröjd antändning) [år⁻¹]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,3 \cdot 10^{-2}$ år⁻¹)

p_{bv} = Sannolikhet för transport av brandfarlig vätska (0,4824)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

p_{ant} = Sannolikhet för direkt alternativt fördröjd antändning (0,03)

$p_{pöl}$ = Sannolikhet för pölbrand (1,0)

Vilket ger en förväntad frekvens för pölbrand med direkt respektive fördröjd antändning på $5,62 \cdot 10^{-5}$ år⁻¹ vardera.

A.2.4 Utsläpp av giftiga vätskor

För utsläpp av giftiga vätskor behöver både olyckor med klass 3 och 6 beaktas, då ämnen i klass 6 (brandfarlig vätska) även kan vara toxiska.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Antagandet görs att 1 % av de brandfarliga vätskorna även är toxiska. Den förväntade frekvensen för utsläpp av ämnen i klass 6 med toxiska egenskaper kan därmed beräknas genom:

$$f_{gv (klass 3)} = f_{olycka} \cdot p_{bv} \cdot p_{tox} \cdot p_{l,a}$$

$f_{gv (klass 3)}$ = Frekvens för utsläpp av giftiga vätskor (klass 3) [år⁻¹]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,3 \cdot 10^{-2}$ år⁻¹)

p_{bv} = Sannolikhet för transport av brandfarlig vätska (0,4824)

p_{tox} = Sannolikhet för att ämnen i klass 3 har toxiska egenskaper (0,01)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

Vilket ger en förväntad frekvens på $1,87 \cdot 10^{-5}$ år⁻¹.

Klass 6: Giftiga vätskor

Giftiga vätskor transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för läckage givet att olycka sker ansätts därmed till 0,3 [7]. Det konservativa antagandet görs att alla transporter av giftiga ämnen och smittförande ämnen utgörs av giftiga vätskor. Då olycksfrekvensen för området är beräknad och andelen transporter med giftiga vätskor är bedömd kan den förväntade frekvensen beräknas genom:

$$f_{gv (klass 6)} = f_{olycka} \cdot p_{gv} \cdot p_{l,a}$$

$f_{gv (klass 6)}$ = Frekvens för utsläpp av giftiga vätskor (klass 6) [år⁻¹]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,3 \cdot 10^{-2}$ år⁻¹)

p_{gv} = Sannolikhet för transport av giftiga vätskor (0,0025)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

Den förväntade frekvensen för utsläpp av giftiga vätskor blir $9,66 \cdot 10^{-6}$ år⁻¹.

A.2.5 Utsläpp av frätande vätska

Den förväntade frekvensen för utsläpp av frätande vätska beräknas på samma sätt som för utsläpp av giftiga vätskor. Frekvensen för utsläpp av frätande vätska blir därigenom $6,60 \cdot 10^{-4}$ år⁻¹.

A.2.6 Sammanställning av de förväntade olycksfrekvenserna

I Tabell 8 presenteras en sammanställning av de beräknade frekvenserna för respektive olycksscenario.

Tabell 8. Beräknade olycksfrekvenser för respektive scenario.

Olycksscenario	Frekvens [år ⁻¹]
Explosion	1,66E-08
Oxiderande ämnen	7,13E-07
Jetflamma	1,98E-06
BLEVE	1,04E-07
UVCE	5,21E-06
Utsläpp av giftig gas	2,96E-08
Pölbrand (direkt antändning)	5,62E-05
Pölbrand (fördröjd antändning)	5,62E-05
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,87E-05
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	9,66E-06
Utsläpp av frätande vätska	6,60E-04

A.3 Beräkning av individrisk

Då olycksfrekvenserna har beräknats för respektive scenario kan individrisken beräknas genom ekvationen (se även avsnitt 5.2.1):

$$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v} \cdot \frac{15}{360}$$

f är den beräknade olycksfrekvensen [år⁻¹] för respektive scenario, vilket redovisas i

Tabell 8.

r är riskavståndet [m] för respektive scenario, vilket redovisas i Tabell 4. Dimensionerande riskavstånd för respektive olycksscenario.

a är det undersökta avståndet från olyckan [m]. Beräkningar görs per tio meter, från 0 meter upp till 150 meter.

s_v är vägsträckan som har använts för beräkning av olycksfrekvensen [m]. 500 meter enligt avsnitt 2.1.

Kvoten $\frac{15}{360}$ används för att ta hänsyn till olyckans spridningsriktning, där spridningszonen delas upp i delar om 15° . Vid detonation, BLEVE och pölbrand sker påverkan i samtliga riktningar och formeln som används vid beräkning av individrisken i de fallen blir därmed:

$$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v}$$

Individrisken för varje scenario beräknas först och sedan summeras risken till en total individrisk, se Tabell 9. Beräknad individrisk på olika avstånd från E6. De olika scenarierna numreras i tabellen enligt följande:

1. Explosion med massexplosiva ämnen
2. Explosion med oxiderande ämnen
3. Jetflamma
4. BLEVE
5. UVCE
6. Utsläpp av giftig gas
7. Pölbrand (direkt antändning)
8. Pölbrand (fördröjd antändning)
9. Utsläpp av giftig vätska (klass 3)
10. Utsläpp av giftig vätska (klass 6)
11. Utsläpp av frätande vätska

Vid beräkning av individrisk tas inte hänsyn till det skydd som byggnader m.m. kan ge.

Tabell 9. Beräknad individrisk på olika avstånd från E6.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	2,90E-10	1,25E-08	7,40E-10	8,24E-09	1,29E-07	2,17E-08	1,87E-07	4,69E-07	3,28E-07	6,44E-08	1,65E-06	2,87E-06
10	2,89E-10	1,24E-08	7,38E-10	7,56E-09	1,29E-07	1,99E-08	1,62E-07	4,59E-07	3,27E-07	6,23E-08	1,23E-06	2,41E-06
20	2,85E-10	1,22E-08	7,33E-10	4,95E-09	1,29E-07	1,30E-08	0,00E+00	4,29E-07	3,22E-07	5,57E-08	0,00E+00	9,67E-07
30	2,78E-10	1,20E-08	7,25E-10	0,00E+00	1,29E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,75E-07	3,14E-07	4,26E-08	0,00E+00	8,73E-07
40	2,68E-10	1,15E-08	7,13E-10	0,00E+00	1,28E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,81E-07	3,03E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,25E-07
50	2,55E-10	1,10E-08	6,97E-10	0,00E+00	1,27E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,28E-07
60	2,38E-10	1,02E-08	6,78E-10	0,00E+00	1,27E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,69E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,07E-07
70	2,16E-10	9,30E-09	6,54E-10	0,00E+00	1,26E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,44E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-07
80	1,88E-10	8,08E-09	6,26E-10	0,00E+00	1,25E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,46E-07
90	1,49E-10	6,43E-09	5,92E-10	0,00E+00	1,24E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,69E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,00E-07
100	8,84E-11	3,80E-09	5,51E-10	0,00E+00	1,22E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,27E-07
110	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-10	0,00E+00	1,21E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-07
120	0,00E+00	0,00E+00	4,44E-10	0,00E+00	1,19E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-07
130	0,00E+00	0,00E+00	3,69E-10	0,00E+00	1,17E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,18E-07
140	0,00E+00	0,00E+00	2,66E-10	0,00E+00	1,15E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-07
150	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-07

BILAGA B - BEDÖMNING AV KONSEKVENNS

Till grund för beräkning av grupprisken ligger olycksfrekvensen för respektive olycksscenario samt ett förväntat antal döda. I denna bilaga presenteras de beräkningarna som har gjorts för att ta fram förväntat antal döda för respektive scenario.

B.1 Förväntat antal döda

För att bedöma det förväntade antalet dödsfall vid de olika scenarierna används riktlinjerna från Länsstyrelsen i Hallands län [7] och Skånes län [6] samt handberäkningsuttryck angivna i FOA-handboken [8].

I riktlinjerna utgivna av Hallands länsstyrelse har sannolikheten för att omkomma inomhus och utomhus beräknats till följd av explosion, jetflamma, BLEVE och UVCE vilket kan utläsas i Tabell 10. De bedömda sannolikheterna är baserade på beräkningar utförda med väletablerade handberäkningsmetoder och simuleringsprogram, där hänsyn har tagits till varierande förhållanden.

De värden som inte finns i riktlinjerna för Hallands län baseras på ett viktat värde taget från riskavståndet vilket baseras på avståndet där 50 % av populationen kan förväntas omkomma.

Tabell 10. Sannolikhet för att omkomma vid olika avstånd från olycksplatsen (utomhus/inomhus)⁵

Olycksscenario	0-20 m	20-50 m	50-100 m	100-150 m
Explosion (massexplosiva ämnen)	1/0,3	1/0,3	0,5/0,15	0/0
Explosion (oxiderande ämnen)	1/0,15	1/0,05	0/0,01	0/0
Jetflamma	1/1	0,2/0,1	0/0	0/0
BLEVE	1/1	1/1	1/1	1/0,5
UVCE	1/1	0,5/0,5	0,1/0,1	0
Utsläpp av brandfarlig vätska (liten pölbrand)	0/0	0/0	0/0	0/0
Utsläpp av brandfarlig vätska (medelstor pölbrand)	0,5/0,1	0/0	0/0	0/0
Utsläpp av brandfarlig vätska (stor pölbrand)	0,8/0,8	0,2/0,1	0/0	0/0
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	0,45/0,2	0,35/0,15	0/0	0/0
Frätande vätska	0,315/0	0/0	0/0	0/0

Då den primärt analyserade byggnaden är belägen på ett avstånd på ca 40 meter från E6 ansätts sannolikheten för 20-50 m i beräkningarna.

Då det förväntade antalet döda ska tas fram för jetflamma och UVCE behöver hänsyn tas till olyckans spridningsriktning. För att ta hänsyn till spridningens riktning delas

spridningszonen upp i delar om 15°. Vid explosion och BLEVE sker påverkan i samtliga riktningar.

B.1.1 Explosion med massexplosiva ämnen

Det förväntade antalet döda vid explosion med massexplosiva ämnen beräknas genom följande ekvation:

$$n_{död} = N(p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u})$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (161,4)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,9)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (0,3)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,1)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (1)

Det förväntade antalet döda vid explosion blir genom denna beräkningsgång 59,7 stycken.

B.1.2 Explosion med oxiderande ämnen

Det förväntade antalet döda vid explosion med oxiderande ämnen beräknas genom följande ekvation:

$$n_{död} = N(p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u})$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (161,4)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,9)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (0,05)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,1)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (1)

Det förväntade antalet döda vid explosion blir genom denna beräkningsgång 23,4 stycken.

B.1.3 Jetflamma

Då det förväntade antalet döda till följd av en jetflamma ska beräknas behöver hänsyn tas till flammans riktning, vilket görs med kvoten $\frac{15}{360}$.

$$n_{död} = N(p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u}) \cdot \frac{15}{360}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (161,4)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,9)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (0,1)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,1)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (0,2)

Det förväntade antalet döda vid en jetflamma blir 0,74 stycken.

B.1.4 BLEVE

En BLEVE uppstår till följd av att en trycksatt tank utsätts för extern strålning tills trycket blir så högt i tanken så att höljet brister. Detta förlopp medför en fördröjning från att olyckan sker tills att konsekvensen uppstår, vilket kan dröja uppemot 20 minuter. Under denna tidsperiod antas de flesta personer ha hunnit evakuera, dock kan ett antal intresserade åskådare antas omkomma. För att ta höjd för dessa personer samt ett eventuellt snabbare tidsförlopp antas 50 % av personerna befinna sig på området då en BLEVE uppkommer. Då sannolikheten för att omkomma vid en BLEVE är bedömd till 100 % både inomhus och utomhus för det aktuella området blir det förväntade antalet döda 80,7 personer ($161,4 \cdot 0,5 \cdot 1$).

B.1.5 UVCE

Det förväntade antalet döda till följd av en UVCE beräknas på samma sätt som för jetflamma fast med en sannolikhet för att omkomma enligt Tabell 10 (0,5 både inomhus och utomhus).

Det förväntade antalet döda vid en UVCE blir därigenom 3,36 stycken.

B.1.6 Utsläpp av giftig gas

Då sannolikheten för att omkomma till följd av utsläpp av giftig gas behöver hänsyn tas till utsläppets storlek. Enligt länsstyrelsen i Skånes riktlinjer [6] kan sannolikheten för litet utsläpp (packningsläckage) ansättas till 0,375, medelstort utsläpp (rörbrott) ansättas till 0,25 och stort utsläpp (punktering av tank) ansättas till 0,375 för olycka på väg.

Vid frekvensberäkningen för utsläpp av giftig gas har litet utsläpp redan avskrivits och fördelningen som används för beräkningen av det förväntade antalet döda blir därigenom 0,4 för medelstort utsläpp och 0,6 för stort utsläpp. På samma sätt som för UVCE behöver dessutom hänsyn tas till spridningsriktning.

Beräkningsgången blir därigenom följande:

$$n_{död} = N(p_m(p_{inne} \cdot p_{död,i,m} + p_{ute} \cdot p_{död,u,m}) + p_s(p_{inne} \cdot p_{död,i,s} + p_{ute} \cdot p_{död,u,s})) \cdot \frac{15}{360}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (161,4)

p_m = Sannolikhet för medelstort utsläpp (0,4)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,9)

$p_{död,i,m}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus vid medelstort utsläpp (0,5)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,1)

$p_{död,u,m}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus vid medelstort utsläpp (0,5)

p_s = Sannolikhet för stort utsläpp (0,6)

$p_{död,i,s}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus vid stort utsläpp (1)

$p_{död,u,s}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus vid stort utsläpp (1)

Det förväntade antalet döda vid utsläpp av giftig gas blir 5,4.

B.1.7 Pölbrand direkt antändning

För att beräkna konsekvenserna till följd av pölbrand beräknas strålningsnivån för varierande pölstorlekar, genom handberäkningsmetoder från FOA-handboken [8]. Första steget är att bedöma pölens utbredning, vilket framförallt beror på utsläppets storlek, om antändning sker direkt eller fördröjt och omgivningen, så som höjdskillnader och avskärmande diken m.m.

Pölens utbredning ansätts till cirkulär, då detta ger högre strålningsintensitet jämfört med en rektangulär pöl och därmed konservativa resultat.

Pölens diameter ansätts utefter utsläppets storlek, vilket delas in i stort, medelstort och litet utsläpp, vilka antas generera pöldiametrar på 20 meter, 10 meter respektive 5 meter. Länsstyrelsen Skåne anger i deras riktlinjer [6] att en sannolikhetsfördelning på 0,375/0,25/0,375 kan ansättas för stort/medelstort/litet hål, vilket används som fördelning för de olika pöldiametrarna.

Vindpåverkan bortses från i beräkningarna.

Baserat på antagandet av de varierande pöldiametrarna kan flamhöjden beräknas genom:

$$h_f = d_p \cdot 4,2 \left[\frac{b'}{\rho \sqrt{g \cdot d_p}} \right]^{0,61}$$

b' = Förbränningshastighet per ytenhet, 0,048 kg/m²s (värde ansatt för bensin)

ρ = Luftens densitet, 1,29 kg/m³

g = Tyngdaccelerationen, 9,81 m/s²

d_p = Pöldiameter, 20/ 10/ 5 m

Vilket ger en flamhöjd på 22,5/ 13,9/ 8,6 m beroende på pölens diameter.

Strålningen per ytenhet flamma kan därefter beräknas genom:

$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4 \frac{h_f}{d_f}}$$

h_c = Energivärde, 44,7 · 10³ kJ/kg (värde ansatt för bensin)

d_f = Flammans diameter (vilken likställs med pöldiametern)

Vilket ger en strålning per ytenhet flamma motsvarande 136,3/ 114,3/ 95,3 kW/m²

För att beräkna mottagen strålning vid byggnaderna används formeln:

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12}$$

P_{12} = Mottagen strålning [kW/m²]

P_1 = Utsänd strålning, 136,3/ 114,3/ 95,3 kW/m²

τ_a = Transmissionsförmåga i luft, 0,8

F_{12} = Vinkelkoefficient mellan källa och mottagare (avläses i tabell med hänsyn till flammans höjd och radie samt avstånd till den mottagande ytan)

För uppskattning av förväntat antal döda har avståndet från E6 till en strålningsintensitet på 2,3 kW/m² beräknats. 2,3 kW/m² är gränsvärde för 2:a gradens brännskada, där 50 % kan antas skadas varav 15 % kan antas omkomma [11]. Vid kortare exponering, dvs. om möjlighet till skydd finns, är dock högre strålningsnivåer acceptabla. Formeln används även för att beräkna strålningsnivån mot byggnadens fasad. Om strålningsnivån kan begränsas till maximalt 15 kW/m² i minst 30 minuter föreligger generellt inte brandtekniska krav på byggnadernas fasad [7].

Tabell 11. Beräknade avstånd till fasta strålningsnivåer för varierande pölstorlekar

Avstånd från E6			
Strålningsnivå	Stor pöl (d=20 m)	Medel pöl (d=10 m)	Liten pöl (d=5 m)
2.3 kW/m ²	80 m	35 m	20 m
15 kW/m ²	30 m	18 m	10 m

Eftersom strålningsnivån inte uppnår 15 kW/m² vid byggnaden ställs i grunden inte krav på fasaden med hänsyn till strålningsnivån.

Det antas att direkt antändning ger upphov till liten samt medelstor pölbrand och fördröjd antändning medelstor samt stor pölbrand. Baserat på den ansatta fördelningen mellan pölstorlekarna ger direkt antändning upphov till pölbrand med 5 meter i diameter i 75 % av fallen samt 10 meter i diameter i 25 % av fallen. Vid fördröjd antändning blir diametern 10 meter i 25 % av fallen och 20 meter i 75 % av fallen.

Förväntat antal döda vid pölbrand med direkt antändning

Risken för att avlida till följd av ett litet utsläpp på området avskrivs då strålningsnivån inte kommer upp i 2,3 kW/m² på området. Vid medelstort utsläpp finns dock en risk för att avlida till följd av andra gradens brännskador för personer som befinner sig utomhus.

Personer som eventuellt befinner sig på cykelbana förväntas dock snabbt kunna flytta sig och personer inom aktuellt område bedöms kunna ta skydd bakom byggnader. För att ta hänsyn till dessa förutsättningar antas 50 % av personerna utomhus bli exponerade utan skydd mot strålning.

Risken för att avlida inomhus avskrivs till följd av att ytterväggar avskärmar den inkommande strålningen. Beräkningsgången för förväntat antal döda blir som följer:

$$n_{död} = p_{medel} \cdot p_{död} \cdot p_{2,3} \cdot N_{ute}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

p_{medel} = Sannolikhet för medelstort utsläpp (0,25)

$p_{död}$ = Sannolikhet för att avlida till följd av andra gradens brännskador (0,075)

$p_{2,3}$ = Andel av den öppna ytan som utsätts för 2,3 kW/m² vid medelstort utsläpp (0,5)

N_{ute} = Personantal utomhus (16,14)

Det förväntade antalet döda blir därigenom 0,15 stycken.

B.1.8 Pölbrand fördröjd antändning

Vid stort utsläpp ansätts på samma sätt som för jetflamma och explosion en minskning med 50 % för att ta hänsyn till att byggnaderna kan skärma av strålningen för personer som befinner sig utomhus.

Beräkningsgången för förväntat antal döda vid pölbrand med fördröjd antändning blir:

$$n_{död} = p_{död} \cdot N_{ute} \cdot (p_{medel} \cdot p_{2,3(medel)} + p_{stort} \cdot p_{2,3(stort)} \cdot (1 - p_{avsk}))$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

$p_{död}$ = Sannolikhet för att avlida till följd av andra gradens brännskador (0,075)

N_{ute} = Personantal utomhus (16,14)

p_{avsk} = Sannolikhet för att byggnader skärmar av strålningen (0,5)

p_{medel} = Sannolikhet för medelstort utsläpp (0,25)

$p_{2,3(medel)}$ = Andel av den öppna ytan som utsätts för 2,3 kW/m² vid medelstort utsläpp (0,5)

p_{stort} = Sannolikhet för stort utsläpp (0,375)

$p_{2,3(stort)}$ = Andel av den öppna ytan som utsätts för 2,3 kW/m² vid stort utsläpp (1)

Det förväntade antalet döda blir därigenom 0,38 stycken.

B.1.9 Utsläpp av giftig vätska (klass 3)

Då det förväntade antalet döda för utsläpp av giftig vätska i ADR-klass 3 ska bedömas används riskavstånden framtagna av Länsstyrelsen i Skåne [6]. Tabell 4 visar att riskavståndet till 50 % dödlighet är 105 meter för personer utomhus. För att ta hänsyn till att risken för personer inomhus är betydligt lägre antas dödligheten inomhus till 10 %. För giftig vätska behöver hänsyn tas till utsläppets och spridningens riktning, vilket görs med kvoten $\frac{15}{360}$. Vid framtagandet av riskavståndet på 105 meter har underlaget varit plant och spridning har därför kunnat ske längs med marken. 50 % av de som befinner sig på området antas ha hunnit evakuera utanför effektzonen på 105 meter då ett gasmoln har bildats som kan nå byggnaderna och dess närhet. Förväntat antal döda kan därmed beräknas enligt:

$$n_{död} = N \cdot p_{ej\ evak} \cdot (p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u}) \cdot \frac{15}{360}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (161,4)

$p_{ej\ evak}$ = Sannolikhet för att personer på platsen inte har hunnit evakuera (0,5)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,9)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (0,1)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,1)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (0,5)

Det förväntade antalet döda blir därigenom 0,47 stycken.

B.1.10 Utsläpp av giftig vätska (klass 6)

Det förväntade antalet döda vid utsläpp av giftig vätska i ADR-klass 6 beräknas på samma sätt som för utsläpp av ADR-klass 3.

$$n_{död} = N(p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u}) \cdot \frac{15}{360}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (161,4)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,9)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (0,15)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,1)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (0,35)

Det förväntade antalet döda blir därigenom 1,1 stycken.

B.2 Sammanställning av förväntat antal döda

I tabell 12 presenteras en sammanställning av de beräknade frekvenserna och förväntat antal omkomna för respektive olycksscenario.

Tabell 12. Förväntat antal döda för respektive scenario.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,66E-08	59,72
Explosion med oxiderande ämnen	7,13E-07	23,41
Jetflamma	1,98E-06	0,740
BLEVE	1,04E-07	80,71
UVCE	5,21E-06	3,36
Utsläpp av giftig gas	2,96E-08	5,38
Pölbrand (direkt antändning)	5,62E-05	0,151
Pölbrand (fördröjd antändning)	5,62E-05	0,378
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,87E-05	0,471
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	9,66E-06	1,143