

# RISKUTREDNING MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS FÖR KV. SMEDJAN, ALINGSÅS



# RISKUTREDNING MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS FÖR KV. SMEDJAN, ALINGSÅS

PROJEKTNR.

A112539

DOKUMENTNR.

A112204-4-02-Risk-RAP001

VERSION

1.0

UTGIVNINGSDATUM

2018-08-31

BESKRIVNING

Riskutredning farligt gods

UTARBETAD

Viktor Sturegård

GRANSKAD

Veronica Lindblom

GODKÄND

Tomislav Susic



## Sammanfattning

TB-gruppen har fått en förfrågan om att uppföra en ny bilhall med försäljningsyta och verkstad på fastigheten Smedjan 22 i Alingsås kommun. Tänkt nyttjare är Hedin bil som är i behov av att särskilja sina åtaganden i en verksamhetsyta per varumärke. Ambitionen hos Hedin bil är att expandera och samtidigt skapa fler arbetstillfällen. Området ligger mellan E20 och Västra stambanan på vilka det transporteras farligt gods. Med anledning av detta har COWI fått i uppdrag av TB-gruppen att utföra en riskanalys med avseende på farligt gods

Uppdraget innebär att genomföra en riskutredning<sup>1</sup> i syfte att klarlägga möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till närliggande leder för farligt gods.

Uppdraget innebär även att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder så att sannolikheten för att en olycka inträffar, samt konsekvenserna av en sådan, kan minimeras. Fokus i uppdraget är att göra spridningsberäkningar och konsekvensberäkningar samt ange lämpliga riskreducerande åtgärder.

I den riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006) som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län gemensamt har tagit fram framgår hur olika verksamheter bör placeras i relation till farligt godsled. Skalan anger inga avstånd utan endast en principiell zon-indelning. Enligt dessa riktlinjer bör sällanköpshandel placeras i zon B. Då bebyggelse planeras som närmast ca 15 meter från närmsta körfält på E20 bedöms planerad bebyggelse inte följa dessa riktlinjer.

Den samlade individrisken 0-25 meter från E20 hamnar, både utomhus och inomhus, på en oacceptabel risknivå utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder reduceras risknivån inomhus till en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. 25-50 meter från E20 (vilket är det område där flest personer bedöms uppehålla sig) hamnar den samlade individrisken på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Detta gäller både med och utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den totala samhällsrisk, för både planerad och befintlig bebyggelse med avseende på både E20 och Västra stambanan, över DNV's övre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsrisk inte bedöms som acceptabel. Den totala samhällsrisk, för både planerad och befintlig bebyggelse med avseende på både E20 och Västra stambanan, reduceras något när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder men hamnar fortsatt över DNV's övre kriterie. Detta innebär att samhällsrisk inte bedöms som acceptabel. När endast planerad bebyggelse studeras hamnar den totala samhällsrisk, med avseende på både E20 och Västra stambanan, över DNV's övre kriterie för några

---

<sup>1</sup> Med risk avses risk för att människor omkommer på grund av olycka med farligt godstransport på närliggande farligt godsleder

enstaka scenarion när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsrisk inte bedöms som acceptabel. När endast planerad bebyggelse studeras och hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder reduceras samhällsrisk kraftigt och hamnar den lägre delen av ALARP-området där ytterligare skyddsåtgärder ska bedömas ur kostnad nytta synpunkt.

Givet det höga riskbidrag som befintlig bebyggelse står för kommer DNV's övre kriterie att överskridas oavsett om planerad bebyggelse upprättas eller ej eller vilka skyddsåtgärder som vidtas för planerad bebyggelse. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder ger planerad bebyggelse ett mycket begränsat bidrag till den totala samhällsrisk för området.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar av individ- och samhällsrisk (inklusive känslighetsanalys) bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av E20 och Västra stambanan möjlig förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder/skyddsavstånd beaktas vid ny bebyggelse. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning som presenteras under kapitel 3.

För att på sikt minska riskbilden för området bör skyddsåtgärder för kringliggande bebyggelse vidtas vid framtida om- eller nybyggnation. Dessa skyddsåtgärder bör huvudsakligen skydda mot konsekvenserna av en olycka med brandfarlig vätska.

De skyddsåtgärder som föreslås syftar till att:

- > Reducera/motverka möjliga konsekvenser av olycka i form av strålningseffekter, effekt av explosion samt effekt av giftig gas.
- > Begränsa antalet människor som kan bli utsatta för en viss olyckseffekt.
- > Säkerställa möjligheter till insats i händelse av olycka.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar föreslås följande skyddsåtgärder med avseende på närhet till **E20** samt **Västra stambanan**:

- > Ett bebyggelsefritt område skall upprättas 0-15 meter från E20. Bebyggelsefritt område skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det bebyggelsefria området kan användas för ytparkering, lokalväg samt GC-bana.
- > Barriär/skydd mellan studerat område och E20 skall finnas som motverkar att vätska kan rinna in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank/vägg som är tät i nedkant. Befintligt dike mellan E20 och studerat område bedöms uppfylla detta krav.
- > Barriär/skydd mellan studerat område och E20 skall finnas som förhindrar mekanisk konflikt mellan avåkande fordon (även tyngre fordon som lastbilar) och planerad bebyggelse. Befintligt vägräcke mellan E20 och studerat område bedöms uppfylla detta krav.

- > Entréer/varuintag ska inte vetta mot E20.
- > Inom 50 meter från E20 skall utrymning bort från E20 vara möjlig.
- > Fasadkrav för ny bebyggelse (som vetter mot E20 inom 0-30 meter från E20): Alla fasader inklusive tak, dörrar och fönster skall utformas med ytskikt i obrännbart material och motsvara lägst brandklass EI30.
- > Fasadkrav för ny bebyggelse (som vetter mot E20 inom 0-50 meter från E20): Fönster i fasad skall ej vara öppningsbara för fasader som vetter mot E20.
- > Ventilationsintag skall placeras högt upp och placeras så långt bort från E20 som är praktiskt genomförbart.

COWI har även studerat möjligheten att upprätta en vall mellan E20 och studerad verksamhet. Detta bedöms dock inte vara rimligt då det inte anses vara praktiskt genomförbart givet de ytor som finns att tillgå på platsen. Dessutom bidrar inte detta till att sänka riskbidraget från befintlig bebyggelse som utgör majoriteten av riskbidraget för området.

Inga ytterligare skyddsåtgärder, med avseende på farligt godstransporter förbi studerat område, anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen.

# INNEHÅLL

Sammanfattning	I	
1	Inledning	1
1.1	Bakgrund och syfte	1
1.2	Omfattning och avgränsning	1
2	Beskrivning av risk och kriterier	2
2.1	Risk	2
2.2	Relevanta riktlinjer	2
2.3	Riskacceptans	3
2.4	Acceptanskriterier avseende farligt gods	4
3	Förutsättningar	6
3.1	Beskrivning av området	6
3.2	Personintensitet	11
3.3	Närliggande verksamheter	12
4	Trafik och transporter med farligt gods	13
4.1	Generella antaganden	13
4.2	E20	13
4.3	Västra stambanan	15
5	Faror vid olycka med farligt gods	19
6	Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods	22
6.1	Individrisk för studerat område	22
6.2	Samhällsrisk för studerat område	26
6.3	Diskussion kring resultat	28
6.4	Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	29
7	Diskussion, rekommendationer och skyddsåtgärder	31
7.1	Rekommendationer och skyddsåtgärder	32
8	Referenser	34
Bilaga A	Beräkning av sannolikhet för olycka	36
A.1	Olycka med massexplodivt ämne	38
A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan)	40
A.3	Olycka med giftig gas	42



A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin	43
A.5	Olycka med oxiderande ämne	45
A.6	Riskreducerande faktorer	45
A.7	Resultat av beräkningar	46
Bilaga B - Bedömning av konsekvenser		48
B.1	Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)	51
B.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	56
B.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	60
B.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	62
B.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	66
Bilaga C - Känslighetsanalys		67
C.1	Diskussion kring skadade personer	69
C.2	Skyddsåtgärder för befintlig bebyggelse	71



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund och syfte

TB-gruppen har fått en förfrågan om att uppföra en ny bilhall med försäljningsyta och verkstad på fastigheten Smedjan 22 i Alingsås kommun. Tänkt nyttjare är Hedin bil som är i behov av att särskilja sina åtaganden i en verksamhetsyta per varumärke. Ambitionen hos Hedin bil är att expandera och samtidigt skapa fler arbetstillfällen. Området ligger mellan E20 och Västra stambanan på vilka det transporteras farligt gods. Med anledning av detta har COWI fått i uppdrag av TB-gruppen att utföra en riskanalys med avseende på farligt gods.

## 1.2 Omfattning och avgränsning

Uppdraget innebär att genomföra en riskutredning<sup>2</sup> i syfte att klargöra möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till närliggande leder för farligt gods.

Uppdraget innebär även att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder så att sannolikheten för att en olycka inträffar, samt konsekvenserna av en sådan, kan minimeras. Fokus i uppdraget är att göra spridningsberäkningar och konsekvensberäkningar samt ange lämpliga riskreducerande åtgärder.

Brand i byggnader eller risker för miljön ingår inte i denna analys. Belastningskrafter, detaljutformning och hållfasthetsberäkningar av eventuella säkerhetshöjande åtgärder ingår inte i utredningen.

---

<sup>2</sup> Med risk avses risk för att människor omkommer på grund av olycka med farligt godstransport på närliggande farligt godsleder

## 2 Beskrivning av risk och kriterier

I detta kapitel presenteras bakgrund och begrepp för risk och gällande riktlinjer för det aktuella området

### 2.1 Risk

Riskenivå är ett abstrakt begrepp. Olika individer uppfattar risker på olika sätt och accepterar olika risker beroende på om risken till exempel är frivillig, känd eller gagnar ett intresse. En risk kan beskrivas som produkten av sannolikhet (händelsefrekvens) och konsekvens.

$$\text{RISK} = \text{SANNOLIKHET} \cdot \text{KONSEKVENNS}$$

I denna analys behandlas sannolikheter som är så låga att de allra flesta människor inte förmår ta dem till sig. Konsekvenserna är emellertid synnerligen påtagliga. Effekten av en propan-BLEVE eller ett utsläpp av giftig gas *kan* resultera i ett stort antal omkomna eller skadade människor. Händelsefrekvensen för propanolyckor i allmänhet är så låg att den över huvud taget inte skulle beaktas om konsekvensen inte hade varit så stor.

Samhället accepterar hantering av farliga ämnen. Användning av olika kemiska varor innebär också transporter av dessa mellan olika platser. Idag är de flesta konsekvenser som orsakas av utsläpp av farliga ämnen kända. Därför har hanteringen belagts med restriktioner och krav på utrustning, bland annat tankkonstruktion, tankmaterial och tankkontroll.

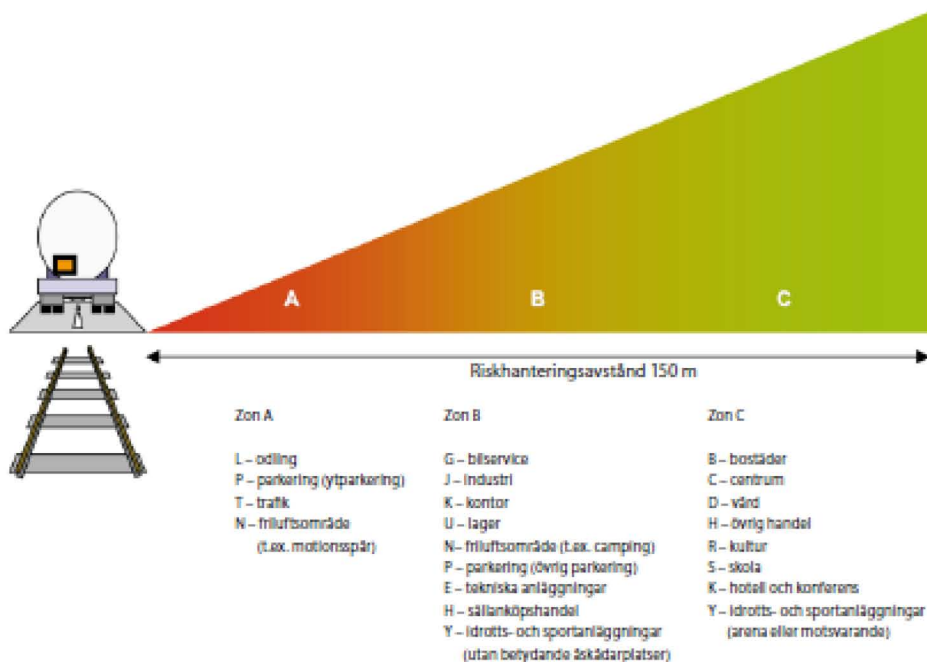
Transportolyckor med utsläpp av farliga ämnen som följd har låg sannolikhet. Detta tack vare de restriktioner som råder. Den låga sannolikheten är en viktig parameter som i en bedömning av riskenivån skall värderas tillsammans med konsekvenserna på ett balanserat sätt.

### 2.2 Relevanta riktlinjer

#### 2.2.1 Riskpolicy från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län

Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden, se figur 1. Området i zon A, som är zonen närmast vägen, föreslås exempelvis användas till ytparkeringar, väg och odling. Zon B i den glidande skalan kan exempelvis användas för kontor, lager, parkeringshus och sällanköpshandel och

markanvändning i zon C föreslås vara bostäder, annan handel, hotell och konferens.



**Figur 1.** Zonindelning där zonerna representerar föreslagen markanvändning utmed transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län.

## 2.3 Riskacceptans

I riskanalyser kan risknivån presenteras som individrisk och/eller samhällsrisk. Individrisken är lättare att definiera och värdera än samhällsrisk. Individrisken är oberoende av antalet personer som befinner sig på ett område medan samhällsrisk påverkas av mängden personer som befinner sig på ett utsatt område.

**Individrisk** är risken för en enskild individ som befinner sig i närheten av en riskkälla.

**Samhällsrisk** är risken för en grupp människor som befinner sig i ett riskområde.

Samhällsrisk är direkt beroende av hur många individer som befinner sig i ett riskområde medan individrisken är helt oberoende av antalet personer på riskområdet.

Samhället har lättare att acceptera flera olyckor med begränsande konsekvenser än ett fåtal med mycket allvarliga eller katastrofala konsekvenser. Detta innebär att riskacceptansen eller toleransen blir lägre ju fler människor som förväntas kunna komma till skada. I dagens samhälle har många risker accepterats utan att från början blivit värderade.

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- > Den risk som vi utsätts för av naturliga händelser bör inte ökas nämnvärt genom aktiviteter som vi inte råder över.

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- > En aktivitet kan godkännas om en välgrundad riskanalys visar att risknivån är acceptabel eller tolerabel.
- > En aktivitet kan godkännas om samhällsnyttan av den bedöms vara större än risken.

För denna analys kommer både individrisk och samhällsrisk användas för att analysera risknivån i området.

## 2.4 Acceptanskriterier avseende farligt gods

Det finns inget nationellt framtaget kriterium för riskvärdering och riskpolicy i Sverige men vissa publicerade dokument och kriterier används generellt i samband med riskanalyser. I detta kapitel refereras till några av dessa. I denna analys kommer beräknad individ- och samhällsrisk jämföras med DNV's kriterier.

### 2.4.1 DNV's kriterier

I *Värdering av risk* (SRV, 1997) har Det Norske Veritas (DNV) gett förslag till individ- och samhällsriskkriterier.

#### **Individriskkriterier**

Individrisk är risken för en person som befinner sig i närheten av en riskkälla att omkomma och definieras här som "summan av frekvensen · andel omkomna för respektive skadehändelse".

DNV's förslag till individriskkriterier (SRV, 1997):

- > Övre gräns där risker under vissa förutsättningar kan tolereras;  $10^{-5}$  per år
- > Övre gräns där risker kan anses små;  $10^{-7}$  per år

I denna analys ges två individrisknivåer för området. En *individrisk utomhus* som baseras på oskyddade personer och en plan topografi. Dessutom ges en *individrisk inomhus* som representerar individrisken för personer som befinner sig inomhus.

#### **Samhällsriskkriterier**

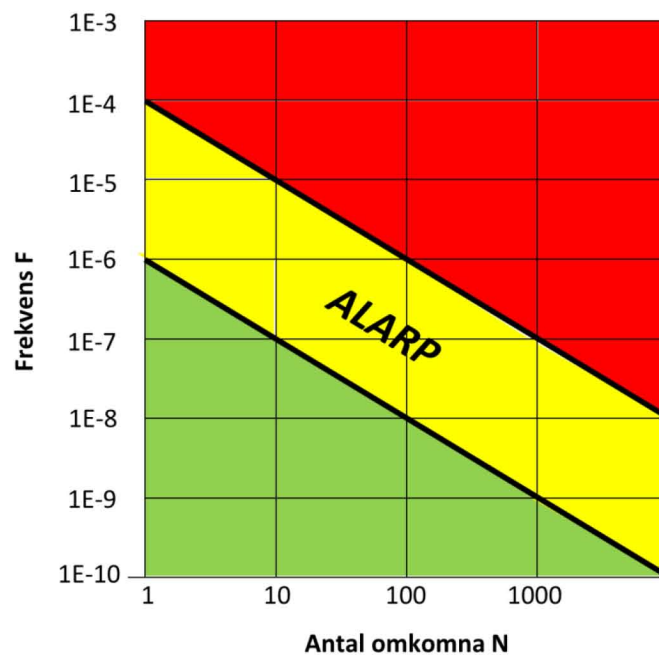
Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisken presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N), se figur 2. Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att många

omkommer vilket gör att olycksfrekvensen oftast minskar med ökat antal omkomna.

I Sverige finns det idag inga nationellt beslutade gränsvärden för hur hög samhällsrisk som kan accepteras. Varje situation måste diskuteras och värderas utifrån sina förutsättningar såsom risknivå kontra samhällsnytta och möjligheten att minska risknivån genom skyddsåtgärder. DNV har givit förslag på gränsvärden för acceptabel risknivå med avseende på samhällsrisk. I DNV's kriterier finns två gränsvärden:

- > En gräns för tolerabel risk. Risknivåer över denna nivå tolereras inte (presenteras som rött område i figur 2).
- > En gräns för område där risker kan anses som små. Vid risknivåer under denna nivå behöver ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte värderas (presenteras som grönt område i figur 2).

För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i figur 2.



**Figur 2.** Kriterium för samhällsrisk värdering av risk (SRV, 1997). Förklaring till värden på y-axel:  $1E-3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$ . Kriteriet gäller 2 sidor om transportleden på en sträcka om 1000 m.

### 3 Förutsättningar

I detta kapitel beskrivs de grundläggande förutsättningarna för studien såsom, områdesbeskrivning och planerad bebyggelse.

#### 3.1 Beskrivning av området

Studerat planområde ligger i den södra delen av Alingsås tätort, norr om E20 och söder om Västra stambanan. Utredningsområdet består av två fastigheter där huvuddelen av den nya byggnationen hamnar på Smedjan 22 och enbart en mindre del berör Smedjan 19. På planområdet finns i dagsläget en verkstadsbyggnad. Grannfastigheten Smedjan 19, som berörs av det nordvästra hörnet av den planerade nya hallen, är bebyggd med kontor och verksamheter, se figur 3.

Området norr om Västra stambanan är obebyggt och består av åkermark. Området söder om E20 utgörs av villabebyggelse och industrilokaler, se figur 3.

Minsta avstånd mellan E20 och studerat område är ca 12 meter. Minsta avstånd mellan Västra stambanan och studerat område är ca 70 meter.

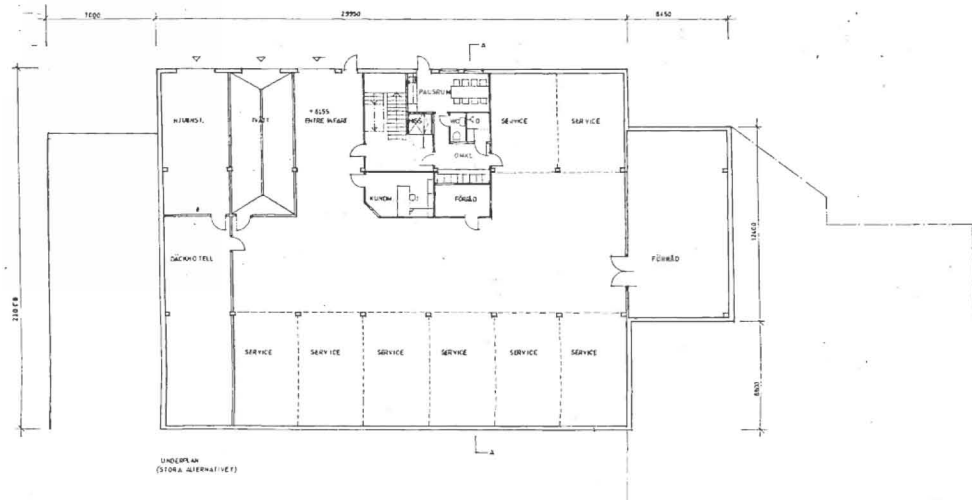


**Figur 3.** Illustration över studerat detaljplan, rödmarkerat område. Notera att markeringen är ungefärlig (Google Maps, 2018).

Detaljplanen syftar till att omvandla befintlig bebyggelse på området till en ny bilhall i två plan med försäljningsyta och verkstad på fastigheten Smedjan 22 och del av Smedjan 19, se figur 4. Minsta avstånd mellan planerad bebyggelse och från närmsta körfält på E20 är ca 15 meter.

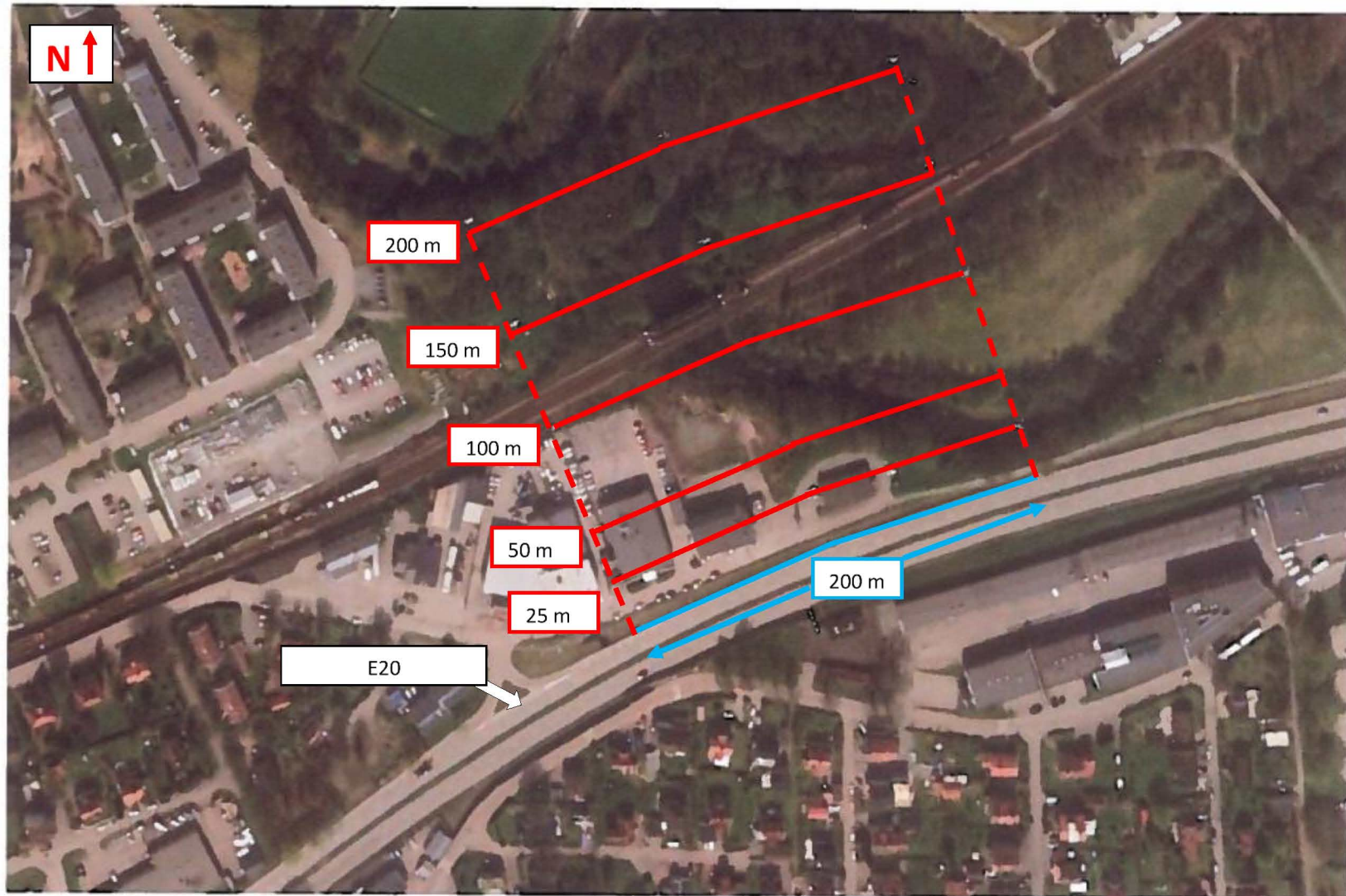




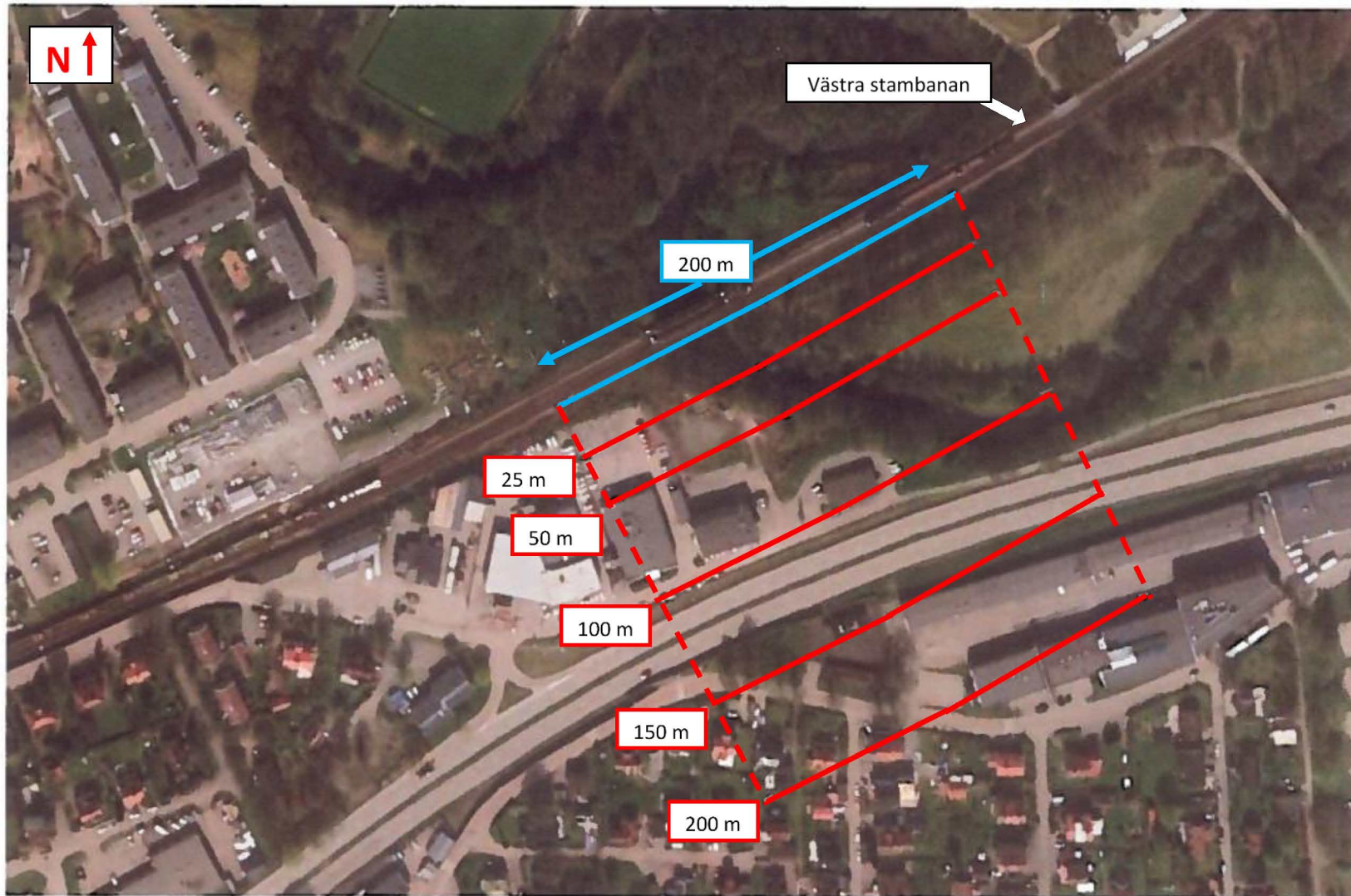


**Figur 6.** Tänk utformning av underplan (stora alternativet).

I figur 7 och 8 nedan redovisas planerad och befintlig bebyggelses avstånd från E20 respektive Västra stambanan baserat på olika avståndsintervall. Denna indelning har legat till grund för beräkning av personintensitet och konsekvensberäkningar. Avstånden har baserats på närmsta körfält och spår, vilket innebär att riskutredningen antagit att allt farligt gods transporterats på körfältet eller spåret närmast planerad bebyggelse. Detta bedöms vara mycket konservativt. Beräkningar med avseende på risk är genomförda baserat på den bebyggelse som redovisas i figur 7 och 8 avseende mängd och placering.



**Figur 7.** Illustration över olika avståndsintervall mellan E20 och planerad och befintlig bebyggelse.



**Figur 8.** Illustration över olika avståndsintervall mellan Västra stambanan och planerad och befintlig bebyggelse.

## 3.2 Personintensitet

Personintensiteten för planerad bebyggelse bedöms utifrån de beskrivningar och figurer som presenteras i kapitel 3. Uppskattning av personintensitet har gjorts medvetet konservativ för att inte låsa exploatören i sitt utförande samt för att ta höjd för osäkerheter i beräkningar och antaganden. Notera att tillkommande parkeringen inom det studerade området inte antas generera fler människor då de antas nyttjas av personer som besöker närliggande verksamheter.

### **Användningsområde:** Planerad bilhandel

- > Denna typ av verksamheter bedöms vanligtvis ha en mycket låg personintensitet vilken har uppskattats till 0,01 personer/m<sup>2</sup>.
- > Vidare antas att bilhandeln har en beläggningsgrad på 100% mellan kl. 08-17 och att 5 % vistas utomhus. Mellan kl. 17-08 beläggningsgraden för bilhandeln antagits vara 0%.

### **Användningsområde:** Kringliggande kontor och verksamheter

- > Då kringliggande bebyggelse huvudsakligen bedöms utgöras av kontor har personintensitet uppskattats till 0,04 personer/m<sup>2</sup>. Detta värde är hämtat ur '*Risicanalys av farligt gods i Hallands län*' (2014) och gäller för kontor.
- > Vidare antas att beläggningsgraden är 100% mellan kl. 08-17 och att 5 % vistas utomhus. Mellan kl. 17-08 antas beläggningsgraden vara 0%.

### **Användningsområde:** Bostäder

Enligt Statistiska centralbyrån bodde det under 2016 i genomsnitt 2,7 personer per i ägda småhus (SCB, 2018). Utifrån detta har följande antagande gjorts:

- > Befintliga villor antas ha 3 boende per villa.
- > För samtliga boende inom studerat område har det antagits att 20% vistas hemma dagtid och 95% vistas hemma nattetid. Vidare har det antagits att av de som befinner sig hemma dagtid vistas 20% utomhus och 80% inomhus. Nattetid har det antagits att 5% vistas utomhus och 95%, vistas inomhus.

I tabell 1 och 2 redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd ifrån E20 respektive Västra stambanan. Dessa värden bedöms vara konservativa och ligger till grund för beräkningarna avseende risknivån.

**Tabell 1.** Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat område längsmed **E20**.

Avstånd	Dagtid (KI. 8-17)		Kvällstid/Natt (KI. 17-08)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	2	43	0	0
25-50 m	5	87	0	0
50-100 m	1	16	0	0
100-150 m	0	0	0	0
150-200 m	0	0	0	0

**Tabell 2.** Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat område längsmed **Västra stambanan**.

Avstånd	Dagtid (KI. 8-17)		Kvällstid/Natt (KI. 17-08)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	0	0	0	0
25-50 m	0	0	0	0
50-100 m	8	146	0	0
100-150 m	0	0	0	0
150-200 m	3	59	0	6

### 3.3 Närliggande verksamheter

Inga verksamheter i närliggande område bedöms påverka riskbilden för det studerade området.

## 4 Trafik och transporter med farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika ADR-<sup>3</sup> och RID-klasser<sup>4</sup> beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

Av alla transportklasser som redovisas i följande kapitel är det följande ämnen som ger störst konsekvenser varför dessa har valts som dimensionerande i riskanalysen:

- > Klass 1.1 Massexplosiva ämnen, exempelvis dynamit
- > Klass 2.1 Brandfarliga gaser, exempelvis propan, acetylen
- > Klass 2.3 Giftiga gaser, exempelvis svaveldioxid
- > Klass 3 Brandfarlig vätska (klass 1), exempelvis bensin
- > Klass 5.1 Oxiderande ämnen, exempelvis väteperoxid

### 4.1 Generella antaganden

Vid uppskattning av transporterat farligt gods på Västerleden förbi studerat område görs följande antaganden:

- > 10 % av klass 1 varor antas utgöras av massexplosiva ämnen.
- > 20 % av klass 1 produkterna antas transporteras i större lastbilar med max last på 6 ton medan 80 % av klass 1 produkterna transporteras i mindre bilar med last <1 ton. För järnväg antas samtliga transporter utgöras av större transporter.
- > För övriga kategorier av farligt gods antas fulla transporter vilket motsvarar ca 16 ton.

### 4.2 E20

Väg E20 är en viktig förbindelse mellan Göteborg och Stockholm. Vägen ingår i det nationella stamvägnätet och har stor betydelse för både näringslivets transporter och för arbetspendlare.

Förbi studerat område är E20 tvåfilig i bägge riktningar och körriktningarna åtskiljs med mittremsa. Körfilen närmast studerat område är utrustat med vägräcke mot studerat område. Sträckan har en skyltad hastighet på 80 km/h.

---

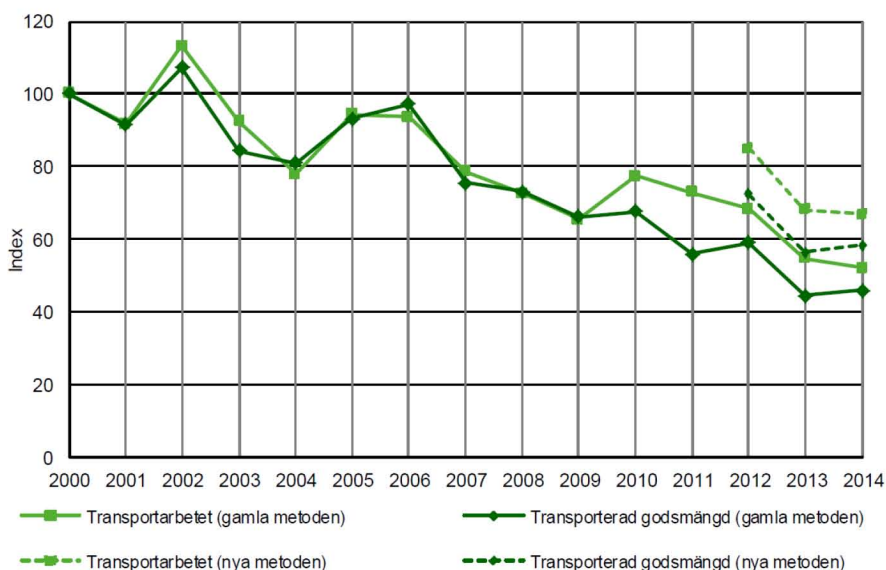
<sup>3</sup> ADR=European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

<sup>4</sup> RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

### 4.2.1 Farligt gods på väg E20

Tidigare Statens Räddningsverk (SRV) har kartlagt transporter av farligt gods på vägar i Sverige. Den senaste kartläggningen genomfördes år 2006 vilket omfattade transporter under september månad år 2006. I kartläggningen presenteras mängden farligt gods som ett spann för varje studerad vägsträckning. Beräkningarna av transporter av farligt gods utgår i den här rapporten från SRV:s kartläggning (SRV, 2006).

Lastbilsbranschen arbetar aktivt med ett flertal projekt som syftar till att minska volymerna av farligt gods på de svenska vägarna. År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på landets vägar. Sedan dess har såväl transporterad godsmängd som transportarbete med denna typ av last uppvisat en minskande trend, se figur 9. (Trafikanalys, 2015)



**Figur 9.** Inrikes lastad godsmängd (i 1 000-tal ton) och godstransportarbete (i miljoner tonkilometer) med svenska lastbilar fördelat på ADR/ADR-S-klassificering år 2000 till 2014. Index (år 2000=100). (Trafikanalys, 2015)

För att beräkna transporterna på E20 för år 2040 används statistik och prognoser från SIKA enligt följande. Mängden av farligt gods som transporteras på väg minskade med 12 % mellan 1998 och 2004 (SIKA 2000-2004). SIKAs prognos för godstransporter på väg mellan 2001 till 2020 visar en ökning med 30 % (FBE, 2008). Enligt tidigare Räddningsverket (SRV, 2008) finns det ingen enskild prognos för transporter av farligt gods varför det i denna rapport, utifrån ovanstående statistik och prognos, antas att transporter av farligt gods ökar med 35 % mellan 2006 till 2040 vilket bedöms som konservativt då antalet transporter idag är på en lägre nivå än 2006.

Kartläggning år 2006 påvisade inga transporter av giftiga gaser på E20 för en närliggande sträcka. I denna riskanalys har ett värde på 18 transporter av



giftiga gaser antagits vilket är 1 % av de brandfarliga gaserna som noterades, se tabell 3.

Värden i tabell 3 ligger till grund för sannolikhets- och konsekvensberäkningar och är hämtade från SRV 2006. Av alla transportklasser är det de som presenteras i tabell 3 som ger störst konsekvenser varför de har valts som dimensionerande händelser i riskanalysen. Utöver dimensionerande klasser sker även transporter av ADR-klass 4, 6, 8 och 9.

**Tabell 3.** Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg E20 längs med studerat område (fordon/år) baserad på SRV:s kartläggning år 2006. Värdena är uppräknade med 35 % för att gälla ett framtidsscenario år 2040.

ADR-klass	Uppskattat antal laster/år på E20 intill planområdet år 2040
1.1 Massexplosiva ämnen – små	90
1.1 Massexplosiva ämnen- stora	1
2.1 Brandfarliga Gaser	1823
2.3 Giftiga gaser	18
3. Brandfarlig vätska klass 1	33413
5.1 Oxiderande ämnen	498

\*Inga transporter av giftiga gaser rapporterades för denna del av E20. Då kartläggning endast gjorts för en månad och transporter av giftig gas kan förekomma har 1% av de brandfarliga ämnena använts.

### 4.3 Västra stambanan

Västra stambanan går mellan Stockholm via Södertälje hamn och Hallsberg till Göteborg, se figur 10. Banan är dubbelspårig och snabbtågsanpassad. Västra stambanan är en av Sveriges hårdast trafikerade järnvägar och stora mängder farligt gods transporteras på spåren.



**Figur 10.** Västra stambanan löper mellan Stockholm och Göteborg (Trafikverket, 2018).

#### 4.3.1 Farligt gods på Västra stambanan

Totalt passerar ca 350 tåg per dygn på denna del av Västra stambanan varav 90 tåg transporterar gods (Trafikverket, 2015). År 2011 bestod ca 50 st av tågen som passerar området transporter av farligt gods (Trafikverket, 2011a). Det finns inga restriktioner om när på dygnet som transporter av farligt god får ske men i praktiken sker flest transporter på tider då få persontåg trafikerar sträckan, dvs. tidig morgon/kväll och nätter.

Tidigare Statens Räddningsverk (SRV) har kartlagt transporter av farligt gods på järnvägar i Sverige. Den senaste kartläggningen genomfördes år 2006 vilket omfattade transporter under september månad år 2006. I kartläggningen presenteras mängden farligt gods som ett spann för varje studerad järnvägssträcka. Resultatet för aktuell del av Västra stambanan presenteras i tabell 4. Av alla transportklasser är det dessa som ger störst konsekvenser varför de har valts som dimensionerande i riskanalysen. Utöver dimensionerande klasser sker även transporter av RID-klass 4, 6, 8 och 9.

I tabell 4 har värden räknats om för att gälla ett år och resultatet redovisas i ton per år. Enligt kartläggning passerar totalt ca 600 000 ton farligt gods per år på den aktuella delen av Västra stambanan. Trafikverket (2011b) har bekräftat att värden i tabell 4 representerade situation 2011 med undantag från transporter av klass 5.1 som har ökat förbi aktuellt område. Enligt Trafikverket skall spannet 110400 - 139200 (ton/år) användas för klass 5.1.

**Tabell 4.** I tabellen presenteras de spann (transporterade mängder) som kartlagts för den specifika sträckan.

Farligt godsklass	SRV 2006 (ton/år)
1.1. Explosiva ämnen	600-780
2.1 Brandfarliga gaser	187200-249600
2.3 Giftiga gaser	0-8400
3 Brandfarliga vätskor	208800-313200
5 Oxiderande ämnen	27600-55200* 110400 - 139200**

\* Värde enligt SRV, 2006

\*\* Värde enligt Trafikverket, vilket är det som används i beräkningar.

För denna analys kommer beräkningar att baseras på SRV's kartläggning med justering för mängder inom klass 5.1. Maxvärden används för att inte underskatta antalet transporter med undantag från klass 5.1 där medelvärde för angivet spann har använts.

Mängder och ämnen som transporteras på järnvägen styrs efter vad kunder efterfrågar och är därmed inte konstanta. Enligt Green Cargo (2011) (som är en av de största aktörerna beträffande transporter av farligt gods) skedde dock inga nämnvärda förändringar mellan 2006 och 2011 då mängden transporterat gods minskade under lågkonjunkturen (2009-2010) och inte hade kommit upp på de nivåer som rådde innan nedgången.

Enligt MSB (tidigare Räddningsverket) finns det ingen enskild prognos för transport för farligt gods. I denna rapport utgår beräkningar från 40 % högre transportvärden jämfört mot de värden som gällde 2006, detta görs för att ta höjd för eventuella osäkerheter och representera ett framtidsscenario år 2040.

Värden som redovisas i tabell 5 ligger till grund för beräkningarna av risknivån.

**Tabell 5.** Transporter av farligt gods per RID-klass på järnvägen. Värden är uppskattade utifrån uppgifter som erhållits från MSB (SRV's kartläggning), Trafikverket samt Green Cargo. Värden är uppräknade för att gälla år 2040.

<b>RID-klass</b>	<b>Ämne (Exempel)</b>	<b>Uppskattat antal vagnar/år på järnvägsspåret intill planområdet år 2040</b>
1.1 Explosiva ämnen	Dynamit	4
2.1 Brandfarliga gaser	Propan, Acetylen	5824
2.3 Giftiga gaser	Svaveldioxid	471
3. Brandfarlig vätska (klass 1)	Bensin	17539
5.1 Oxiderande ämnen	Väteperoxid	7829

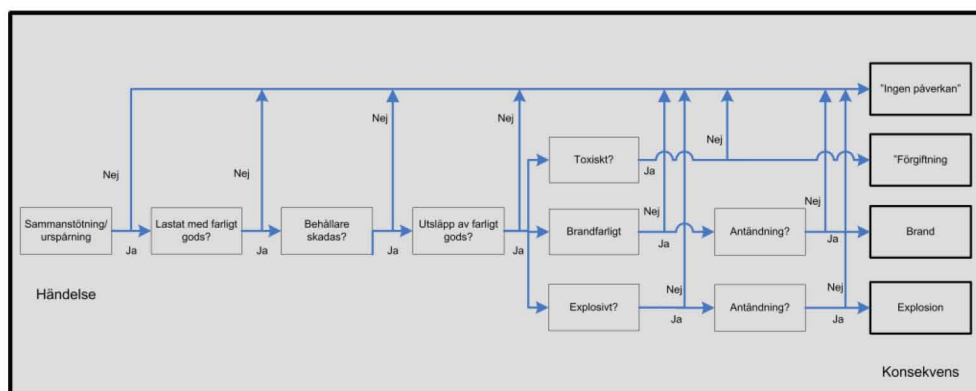
## 5 Faror vid olycka med farligt gods

För att en farligt godsolycka skall ske krävs att ett fordon lastat med farligt gods är inblandat i en olycka, t.ex. en kollision eller urspårning. Vidare måste behållare på fordonet skadas så att läckage av ett farligt ämne sker.

Ett utsläppt giftigt ämne sprids som vätska eller gas. Halten av det farliga ämnet avtar med avståndet till ämnet. För att en människa skall komma till skada måste dessa befinna sig inom det område där ämnet uppvisar en skadlig halt.

För brand- och explosionsfarliga ämnen måste dessutom en antändningskälla finnas som kan starta en brand eller ett explosionsförlopp. Även här gäller att människor måste finnas inom riskområdet för att komma till skada.

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande. Detta beskrivs schematiskt i figur 11.



**Figur 11.** Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I tabell 6 redovisas en sammanställning av huvudsakliga faror med olika kemikalier i de olika RID/ADR-klasserna. Tabellen anger även de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarlig skadepåverkan på oskyddade människor (FOA, 1995).

**Tabell 6. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods.**

Transportklass	Dominerande fara				Riskavstånd
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrig risk	Meter
1. Explosiva ämnen	✓				100 - 1 000
		✓			< 100
2. Gaser			✓		> 1 000
	✓				100 - 1 000
3. Brandfarliga vätskor		✓			< 100
4. Brandfarliga fasta ämnen		✓		✓	< 100
5. Oxiderande ämnen		✓			<100
	✓				100 - 1 000
6. Giftiga ämnen			✓		< 100
7. Radioaktiva ämnen				✓	< 100
8. Frätande ämnen			✓	✓	< 100
9. Övriga farliga ämnen				✓	< 100

De typer av gods som förväntas transporteras förbi området och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv är RID/ADR-klass:

- > 1.1 – Masseexplosiva ämnen (explosion)
- > 2.1 – Brännbara gaser (jetbrand, gasmolnsbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE)
- > 2.3 – Giftiga gaser (toxiska effekter)
- > 3 – Brännbara vätskor (brand/värmestrålning)
- > 5.1 – Oxiderande ämnen (explosion/brand)

För att beräkna sannolikheten för identifierade händelser används faktorer som exempelvis antalet transporter av farligt gods för varje specifik ämnesklass,

platsspecifika egenskaper så som vindhastighet, sannolikhet för antändning, olycksfrekvens etc. Beräkningar av sannolikheten redovisas i Bilaga A.

Bedömning av konsekvenser i denna analys baseras på andelen omkomna personer vid en olyckshändelse med transport av farligt gods. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs kommuns översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar i Effekt plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (Beräkningsmodeller för kemikalieexponering) (RIB, 2012). En mer utförlig beskrivning av de olika konsekvenserna redovisas i Bilaga B.

## 6 Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods

I detta kapitel presenteras beräknad risknivå. För beräknad risk redovisas först individrisken och därefter presenteras samhällsrisken.

### 6.1 Individrisk för studerat område

I tabell 7-10 redovisas individrisken med avseende på E20 och Västra Stambanan baserat på identifierade olyckshändelser. I tabellerna redovisas individrisken utan respektive med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder. Notera att samtliga rekommenderade skyddsåtgärder inte kvantifierats. Samtliga rekommenderade skyddsåtgärder återfinns i kapitel 7.1 och de skyddsåtgärder som kvantifierats återfinns i bilaga A, avsnitt A.6.

Röda siffror i tabellen indikerar, enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit, att risknivån ligger inom det område där risknivån är oacceptabel och att skyddsåtgärder skall införas för att minska risknivån. Gula siffror i tabellen indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

**Tabell 7. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på E20, utan hänsyn till riskreducerande åtgärder. Avstånd är mätta från närmsta väggkant.**

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,45E-05	1,17E-05
25-50	2,90E-06	1,47E-06
50-100	7,69E-08	4,97E-08
100-150	1,01E-08	<1,0E-10
150-200	4,59E-09	<1,0E-10



**Tabell 8.** Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på **E20, med hänsyn till riskreducerande åtgärder** för enbart planerad bebyggelse. Avstånd är mätta från närmsta väggkant.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,11E-05	2,97E-07
25-50	2,90E-06	1,28E-07
50-100	7,69E-08	4,74E-08
100-150	1,01E-08	<1,0E-10
150-200	4,59E-09	<1,0E-10

**Tabell 9.** Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på **Västra stambanan, utan hänsyn till riskreducerande åtgärder.** Avstånd är mätta från närmsta spår.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	6,11E-07	4,76E-07
25-50	2,32E-07	1,41E-07
50-100	8,32E-08	4,34E-08
100-150	1,40E-08	<1,0E-10
150-200	5,53E-09	<1,0E-10

**Tabell 10.** Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på Västra stambanan, **med hänsyn till riskreducerande åtgärder** för enbart planerad bebyggelse. Avstånd är mätta från närmsta spår.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	6,11E-07	2,13E-07
25-50	2,32E-07	9,37E-08
50-100	8,32E-08	3,58E-08
100-150	1,40E-08	<1,0E-10
150-200	5,53E-09	<1,0E-10

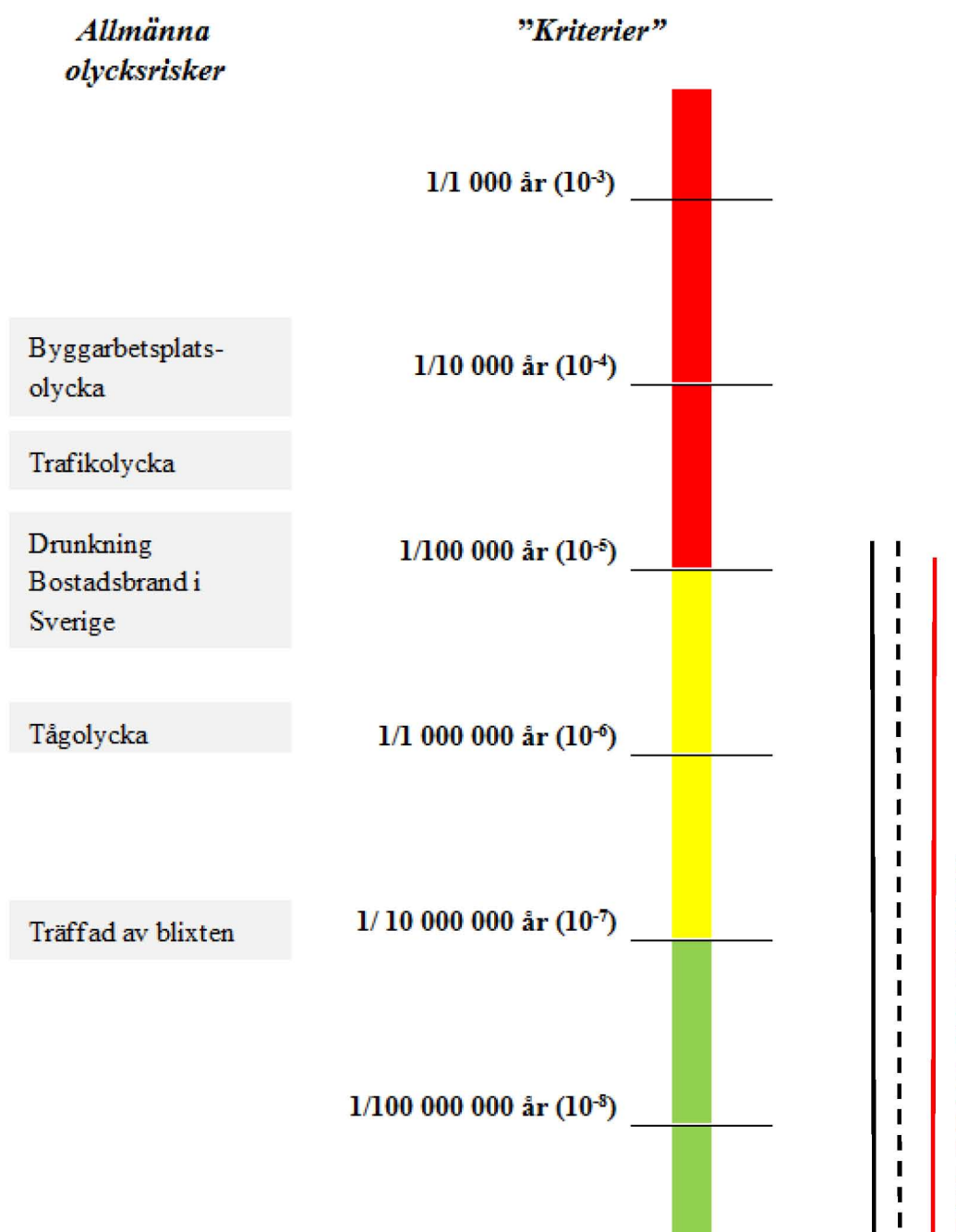
För de kortaste avstånd som råder mellan planerad bebyggelse och E20 samt Västra stambanan blir den samlade individrisken **utan hänsyn till riskreducerande åtgärder:**

- > 1,45 E-05 utomhus och,
- > 1,17 E-05 inomhus

**Med hänsyn till riskreducerande åtgärder** blir den samlade individrisken för det kortaste avstånd som råder mellan planerad bebyggelse och E20 samt Västra stambanan:

- > 1,45 E-05 utomhus och,
- > 3,33 E-07 inomhus

I figur 12 jämförs individrisken för platsen med andra risker som finns i samhället. Risknivån i figur 12 visar den samlade individrisken för det kortaste avstånd som råder mellan planerad bebyggelse och E20 samt Västra stambanan.

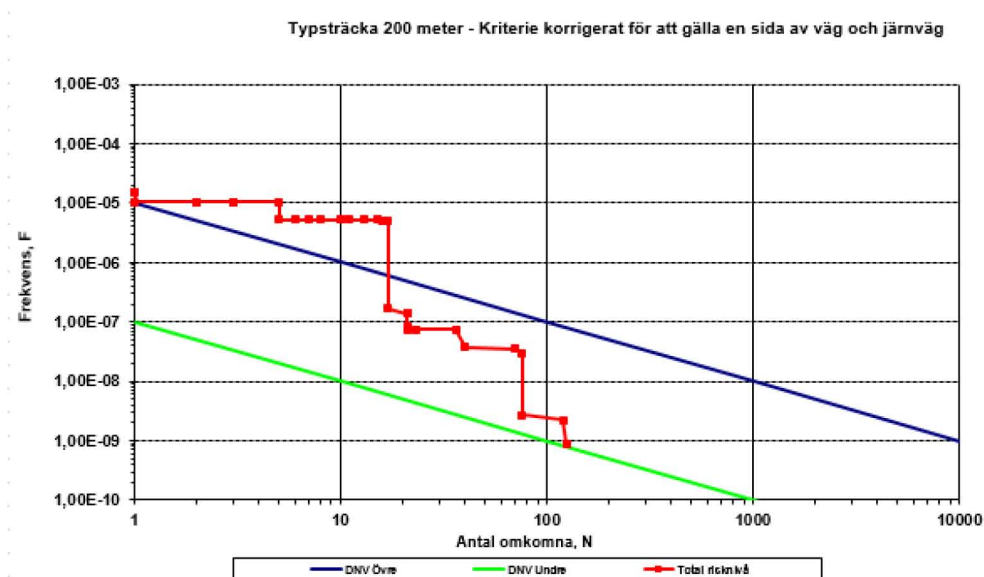


**Figur 12.** Individrisknivå för några andra risker samt DNV:s individriskkriterier. Svart linje=Individrisk utomhus, röd linje=Individrisk inomhus. Heldragen linje= ingen hänsyn till rekommenderade/kvantifierade skyddsåtgärder. Streckad linje=hänsyn till rekommenderade/kvantifierade skyddsåtgärder. Individrisken utgår ifrån den inventering av farligt gods som presenteras i kapitel 4. Rött område indikerar en nivå som ej anses acceptabel och skyddsåtgärder krävs/skall införas. Gult område indikerar en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Grönt område indikerar en risknivå som anses som låg och skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.

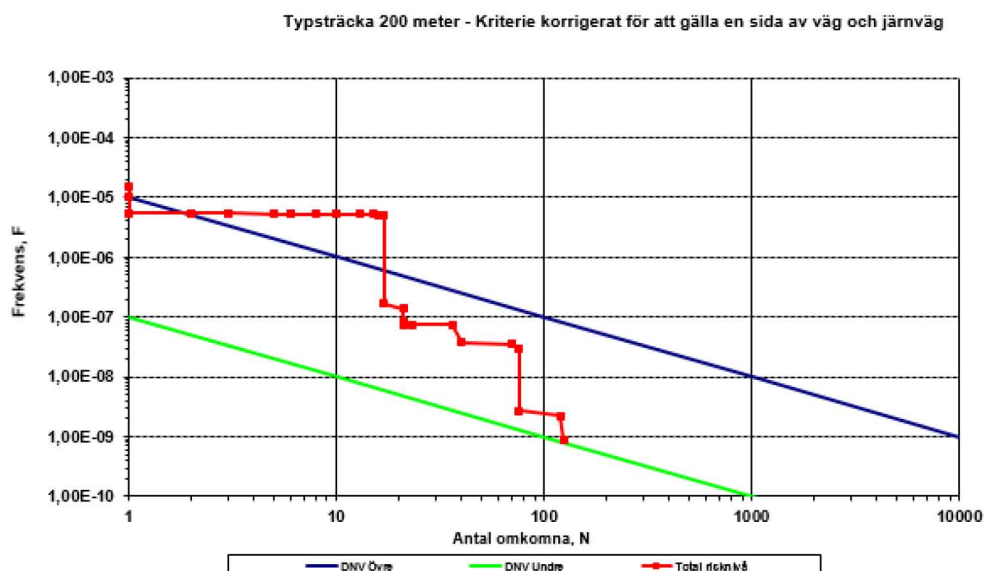
## 6.2 Samhällsrisk för studerat område

I detta kapitel presenteras FN-kurvor (samhällsrisk) för det studerade området efter att planerad verksamhet tillkommit. Samhällsrisk presenteras med respektive utan hänsyn till rekommenderade/kvantifierade skyddsåtgärder tillsammans med DNV's kriterier. Ursprungligen gäller DNV's kriterier ett område på 1 km (båda sidor av vägen/järnvägen). Vid beräkning har dessa kriterier justerats så att de gäller ett område på 200 meter på en sida av vägen/järnvägen vilket motsvarar dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,1. Beräkningarna av samhällsrisk redovisas i bilaga A.

I figur 13 presenteras den totala samhällsrisk, för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse på området, utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen på området. I figur 14 presenteras samhällsrisk med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder (se kapitel 7.1 för rekommenderade skyddsåtgärder samt bilaga A (avsnitt A.6) för kvantifierade skyddsåtgärder) för enbart planerad bebyggelse.

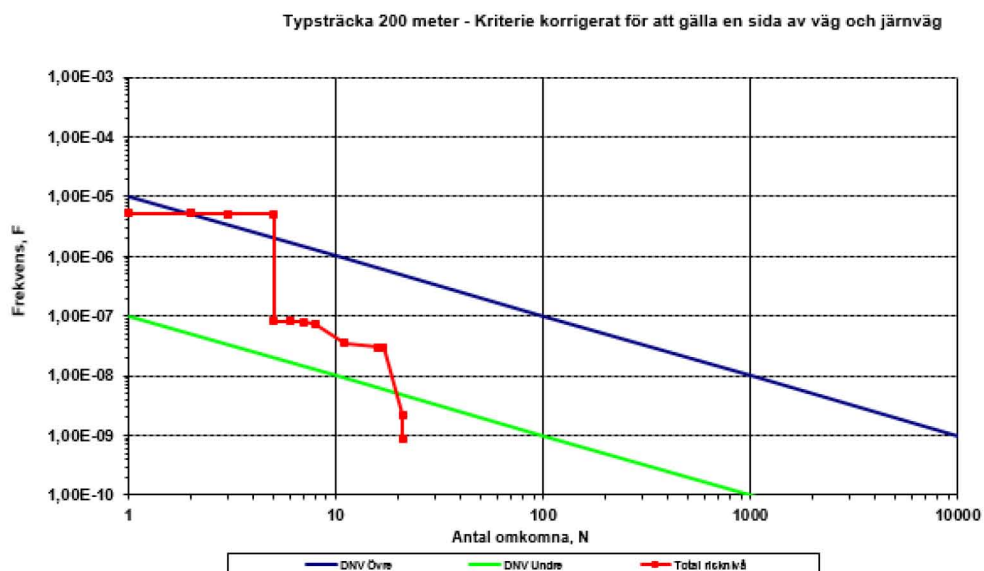


**Figur 13.** Samhällsrisk för **befintlig och planerad bebyggelse** i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, **utan** hänsyn till riskreducerande åtgärder.

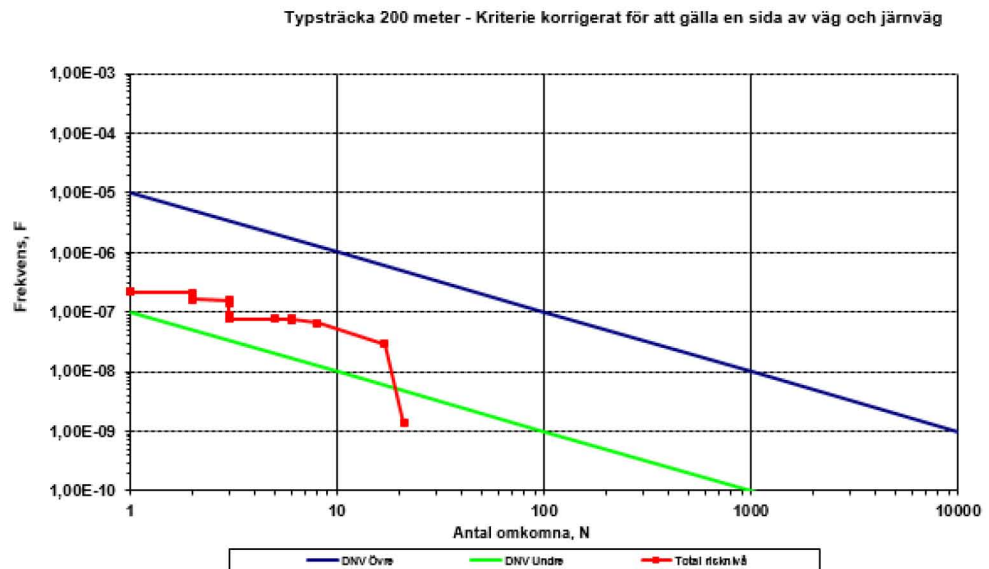


**Figur 14.** Samhällsrisk för **befintlig och planerad bebyggelse** i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, **med** hänsyn till riskreducerande åtgärder för enbart planerad bebyggelse.

I figur 15 presenteras den totala samhällsrisk, för enbart ny bebyggelse, utan studerade säkerhetshöjande åtgärder. I figur 16 presenteras samhällsrisk, för enbart ny bebyggelse, med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder (se kapitel 7.1 för rekommenderade skyddsåtgärder samt bilaga A (avsnitt A.6) för kvantifierade skyddsåtgärder) för enbart planerad bebyggelse.



**Figur 15.** Samhällsrisk för **enbart planerad bebyggelse** i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, **utan** hänsyn till riskreducerande åtgärder.



**Figur 16.** Samhällsrisk för **enbart planerad bebyggelse** i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, **med** hänsyn till riskreducerande åtgärder.

## 6.3 Diskussion kring resultat

### 6.3.1 Individrisk

Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån farligt godsleder och individrisken inomhus reduceras när hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder. Det största bidraget med avseende på individrisk härstammar från E20.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den samlade individrisken, både utomhus och inomhus, 0-25 meter från E20 på en oacceptabel risknivå **utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder**. Detta innebär att skyddsåtgärder skall införas för att minska risknivån. **När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder** reduceras risknivån inomhus. Detta innebär att individrisken inomhus reduceras till en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den samlade individrisken, både utomhus och inomhus, 25-50 meter från E20 (vilket är det område där flest personer bedöms uppehålla sig, se figur 5 och 6) på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. **Detta gäller både med och utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder.**

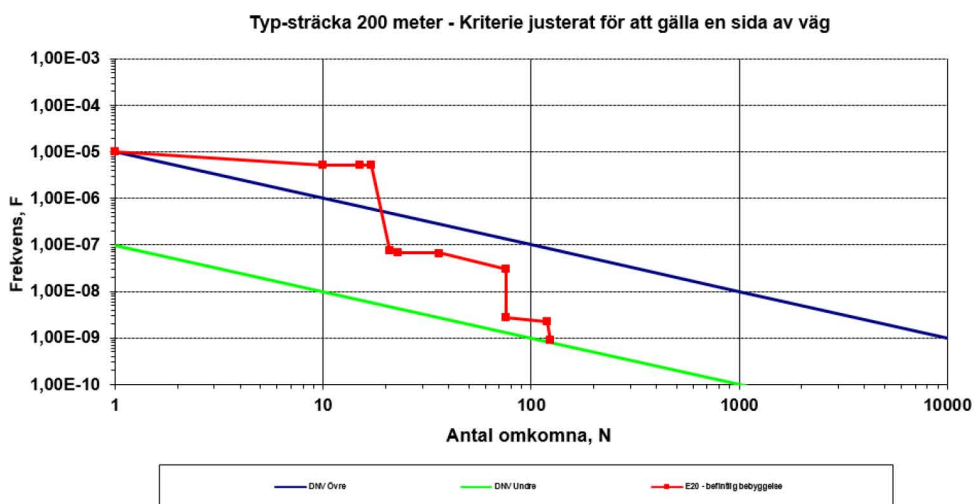
### 6.3.2 Samhällsrisk

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den totala samhällsrisk, **för både planerad och befintlig bebyggelse** med avseende på både E20 och Västra stambanan, över DNV's övre kriterie när **hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder**. Detta innebär att samhällsrisk inte bedöms som acceptabel. Den totala samhällsrisk, **för både planerad och befintlig**

**bebyggelse** med avseende på både E20 och Västra stambanan, reduceras något **när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder** men hamnar fortsatt över DNV's övre kriterie. Detta innebär att samhällsriskerna inte bedöms som acceptabel.

När **endast planerad bebyggelse** studeras hamnar den totala samhällsriskerna, med avseende på både E20 och Västra stambanan, över DNV's övre kriterie för några enskilda scenarier när **hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder**. Detta innebär att samhällsriskerna inte bedöms som acceptabel. När **endast planerad bebyggelse** studeras och **hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder** reduceras samhällsriskerna kraftigt och hamnar den lägre delen av ALARP-området där ytterligare skyddsåtgärder ska bedömas ur kostnad nytta synpunkt.

Att rekommenderade skyddsåtgärder ger en så pass begränsad reduktion av samhällsriskerna när både planerad och befintlig bebyggelse studeras beror på att riskbilderna domineras av riskbidraget från befintlig bebyggelse närhet till E20 och att befintlig bebyggelse inte tillskrivits några skyddsåtgärder. Detta åskådliggörs i figur 17 där samhällsriskerna för enbart befintlig bebyggelse med avseende på närhet till E20 redovisas.



**Figur 17.** Samhällsriskerna för **enbart befintlig bebyggelse** avseende **enbart E20, utan hänsyn till några riskreducerande åtgärder.**

DNV's övre kriterie kommer alltså att överskridas oavsett om planerad bebyggelse upprättas eller ej eller vilka skyddsåtgärder som vidtas för planerad bebyggelse. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder ger planerad bebyggelse ett mycket begränsat bidrag till den totala samhällsriskerna, detta kan ses genom att jämföra figur 17 med figur 14.

## 6.4 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion

Riskanalyser innefattar ett betydande mått av osäkerhet på grund av bland annat litet statistiskt underlag över olyckor, i viss mån antaganden om

persontäthet samt variabel konsekvens på grund av till exempel olika vädersituationer vid olyckstillfället.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, mm. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

- > Farligt gods (mängd, ämnen)
- > Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningsmängd)
- > Olycksstatistik
- > Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)
- > Metod för beräkning av risk
- > Riskreducerande faktorer (införda skyddsåtgärder)

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet och hur robusta slutsatserna är.

Den samlade bedömningen är att de redovisade resultaten avseende samhälls- och individrisk är konservativa. Det bedöms att beräkningarna kan användas som en grund för bedömning av risknivån och som stöd för arbetet med lämpliga skydd och krav på området med avseende på farligt gods.

Som visades i avsnitt 6.3.2 är det huvudsakligen omgivande bebyggelse som leder till att samhällsriskens överskrider DNV's övre kriterie. Detta beror huvudsakligen på att inga riskreducerande åtgärder antagits för befintlig bebyggelse då COWI inte kunnat avgöra huruvida befintlig bebyggelse uppfyller rekommenderade skyddsåtgärder. I bilaga C.2 har COWI genomfört en känslighetsanalys för samhällsriskens om samma kvantitativa skyddsåtgärder som föreslagits för planerad bebyggelse även hade applicerats på befintlig bebyggelse.

För en djupare diskussion angående osäkerheter, se Bilaga C.



## 7 Diskussion, rekommendationer och skyddsåtgärder

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är acceptabla för studerat planområde. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras och bedömas och eventuella skyddsåtgärder kan därmed rekommenderas.

I den riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006) som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län gemensamt har tagit fram framgår hur olika verksamheter bör placeras i relation till farligt godsled. Skalan anger inga avstånd utan endast en principiell zon-indelning, se figur 1. Enligt dessa riktlinjer bör sällanköpshandel placeras i zon B. Då bebyggelse planeras som närmast ca 15 meter från närmsta körfält på E20 bedöms planerad bebyggelse inte följa dessa riktlinjer.

Den samlade individrisken 0-25 meter från E20 hamnar, både utomhus och inomhus, på en oacceptabel risknivå utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder reduceras risknivån inomhus till en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. 25-50 meter från E20 (vilket är det område där flest personer bedöms uppehålla sig, se figur 5 och 6) hamnar den samlade individrisken på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Detta gäller både med och utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den totala samhällsrisk, för både planerad och befintlig bebyggelse med avseende på både E20 och Västra stambanan, över DNV's övre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsrisk inte bedöms som acceptabel. Den totala samhällsrisk, för både planerad och befintlig bebyggelse med avseende på både E20 och Västra stambanan, reduceras något när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder men hamnar fortsatt över DNV's övre kriterie. Detta innebär att samhällsrisk inte bedöms som acceptabel. När endast planerad bebyggelse studeras hamnar den totala samhällsrisk, med avseende på både E20 och Västra stambanan, över DNV's övre kriterie för några enstaka scenarion när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsrisk inte bedöms som acceptabel. När endast planerad bebyggelse studeras och hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder reduceras samhällsrisk kraftigt och hamnar den lägre delen av ALARP-området där ytterligare skyddsåtgärder ska bedömas ur kostnad nytta synpunkt.

Givet det höga riskbidrag som befintlig bebyggelse står för kommer DNV's övre kriterie att överskridas oavsett om planerad bebyggelse upprättas eller ej eller vilka skyddsåtgärder som vidtas för planerad bebyggelse. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder ger planerad bebyggelse ett mycket begränsat bidrag till den totala samhällsrisk, detta kan ses genom att jämföra figur 17 med figur 14.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar av individ- och samhällsrisk (inklusive känslighetsanalys) bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av E20 och Västra stambanan möjlig förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder/skyddsavstånd beaktas vid ny bebyggelse. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning som presenteras under kapitel 3.

För att på sikt minska riskbilden för området bör skyddsåtgärder för kringliggande bebyggelse vidtas vid framtida om- eller nybyggnation. Dessa skyddsåtgärder bör huvudsakligen skydda mot konsekvenserna av en olycka med brandfarlig vätska.

## 7.1 Rekommendationer och skyddsåtgärder

De skyddsåtgärder som föreslås syftar till att:

- > Reducera/motverka möjliga konsekvenser av olycka i form av strålningseffekter, effekt av explosion samt effekt av giftig gas.
- > Begränsa antalet människor som kan bli utsatta för en viss olyckseffekt.
- > Säkerställa möjligheter till insats i händelse av olycka.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar föreslås följande skyddsåtgärder med avseende på närhet till **E20** samt **Västra stambanan**:

- > Ett bebyggelsefritt område skall upprättas 0-15 meter från E20. Bebyggelsefritt område skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det bebyggelsefria området kan användas för ytparkering, lokalväg samt GC-bana.
- > Barriär/skydd mellan studerat område och E20 skall finnas som motverkar att vätska kan rinna in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank/vägg som är tät i nedkant. Befintligt dike mellan E20 och studerat område bedöms uppfylla detta krav.
- > Barriär/skydd mellan studerat område och E20 skall finnas som förhindrar mekanisk konflikt mellan avåkande fordon (även tyngre fordon som lastbilar) och planerad bebyggelse. Befintligt vägräcke mellan E20 och studerat område bedöms uppfylla detta krav.
- > Entréer/varuintag ska inte vetta mot E20.
- > Inom 50 meter från E20 skall utrymning bort från E20 vara möjlig.
- > Fasadkrav för ny bebyggelse (som vetter mot E20 inom 0-30 meter från E20): Alla fasader inklusive tak, dörrar och fönster skall utformas med ytskikt i obrännbart material och motsvara lägst brandklass EI30.
- > Fasadkrav för ny bebyggelse (som vetter mot E20 inom 0-50 meter från E20): Fönster i fasad skall ej vara öppningsbara för fasader som vetter mot E20.

- > Ventilationsintag skall placeras högt upp och placeras så långt bort från E20 som är praktiskt genomförbart.

COWI har även studerat möjligheten att upprätta en vall mellan E20 och studerad verksamhet. Detta bedöms dock inte vara rimligt då det inte anses vara praktiskt genomförbart givet de ytor som finns att tillgå på platsen. Dessutom bidrar inte detta till att sänka riskbidraget från befintlig bebyggelse som utgör majoriteten av riskbidraget för området, se figur 17.

Inga ytterligare skyddsåtgärder, med avseende på farligt godstransporter förbi studerat område, anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning och det minsta avstånd som anges i kapitel 3.

## 8 Referenser

Clancey V.J. (1972), Diagnostic Features of Explosion Damage, 6th int. Meeting of Forensic Sciences, Edinburgh, 1972

DNV (2010), *PHAST v6.6, 2010 DNV Software, Oslo*

FOA (1995), *Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel för samhällsplaneringen FOA-R-00153-4.5*

FOA (1997), *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor -metoder för bedömning av risker FOA rapport 97-00490-990-SE*

FOI (2007), FOI Tågurspårningen i Kungsbacka FOI-R-2286-SE.

Google Maps (2018), Hämtad: 2018-08-09, URL:  
<https://www.google.com/maps/@57.929741,12.5509692,477m/data=!3m1!1e3>

Green Cargo (2011), Uppgifter från Green Cargo (ansvarig farligt gods), 2011

Länsstyrelsen Hallands län (2014), *Risikanalys av farligt gods i Hallands län*

Länsstyrelserna (2006), Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Länsstyrelserna: Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, 2006

RIB (2012), *Bfk beräkningsmodell för kemikalieexponering RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor)*

Räddningsverket (2006), *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*

SCB (2018), *Hushållens boende 2017*, URL: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende/>, Hämtad: 2018-08-13

SRV (1997), *Värdering av risk, s.21-182/97*, MSB (tidigare Räddningsverket)

TNO (2005), *Guideline for Quantitative Risk Assessment, part one Establishments and part two Transport. Purple book.*

Trafikverket (2011a), *Skriftliga/muntliga uppgifter beträffande godståg på sträckan Alingsås- Lerum, Per Stenerås, Trafikverket*

Trafikverket (2011b), *Skriftliga uppgifter från Roar Hermo 2011-03-16/2011-04-01, Trafikverket*

Trafikverket (2015), *Email från Alexander Hellervik, Långsiktig planerare 7 Trafikanalytiker, 2015-03-05*

Trafikverket (2018), *Västra Stambanan*, Hämtad: 2018-08-13, URL:  
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/Sveriges-jarnvagsnat/Vastra-stambanan/>

VTI (1994), *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier av farligt gods på väg och järnväg*. VTI rapport Nr 387:4

WUZ (2011), *Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*. Helsingborg stad

Yellow book (1997). van den Bosch, C.J.H and Weterings, R.A.P.M (1997) *Methods for the calculations of physical effects*, Yellow Book CPR 14E part 1 and 2, 3rd edition, Committee for the Prevention of Disasters, the Netherlands

## Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

I denna bilaga redovisas underlag för olyckor och olyckseffekter avseende farlig gods.

### Frekvens för vägolycka med farligt gods

I detta kapitel redovisas underlag och frekvenser för trafikolyckor inom väg som kan orsaka en farligt godsolycka. Resultatet redovisas i form av frekvenser av trafikolyckor per lastbil kilometer och år.

Olycksfrekvens som används för grundberäkningar kommer ifrån en bedömning av material som inrapporterats till MSB. Det finns olika uppgifter om antalet inrapporterade olyckor till MSB och sammanställningar visar på allt från 13 olyckor per år till upp mot 80 inrapporterade händelser per år där farligt godsskyltade fordon varit inblandade. Vid en jämförelse mellan olika metoder och källor har bedömningen gjorts att 40 olyckor per år är ett lämpligt värde att använda för beräkningar med nationella värden (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011a). Ansatt värde används även i *Risikanalyser av farligt gods i Hallands län* (2014) som är granskad av såväl Räddningstjänsten och Länsstyrelsen i Hallands län samt publicerad av Länsstyrelsen i Hallands län.

För att beräkna olycksfrekvens utifrån nationell statistik används följande värden:

- > Antal olyckor med farligt gods per år: 40
- > Antal körsträcka tunga fordon:  $2,5 \cdot 10^9$  fordon km per år (SIKA, 2008)
- > Antagandet att andelen farligt gods utgör 4 % av de tunga transporterna baserat på uppgifter från trafikanalys om transportarbete (se beräkning i bilaga C).
- > Total körsträcka med farligt godsfordon blir då:  $0,04 \cdot 2,5 \cdot 10^9 = 1 \cdot 10^8$  km/år

Detta ger en olycksfrekvens på  $4 \cdot 10^{-7}$  olyckor/farligt gods lastbils-km.

### Frekvens för järnvägsolycka

Grundläggande olyckstyper inom järnvägstrafik som under drift, direkt eller indirekt, kan ge upphov till påverkan på 3:e person är:

- > Urspårning
- > Sammanstötning
- > Brand
- > Sabotage
- > Plankorsningsolyckor
- > samt kombinationer av dessa.

När det gäller risker för farligt gods är de viktigaste olyckstyperna urspårning och sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan uppkomma om behållare skadas i samband med urspårning eller sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan även uppkomma utan föregående olycka, t.ex. genom läckage i flänsar och ventiler. Denna typ av läckage är relativt vanligt förekommande men ger som regel ingen påverkan på omgivningen. Däremot kan insats från räddningstjänst, t.ex. tömning av läckande tank, erfordras. Läckaget upptäcks vanligtvis inte under transport utan i samband med uppställning av vagnar vid t.ex. rangering.

Exempel på orsaker till urspårning är rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, fordsonsfel, växelfel och lastförskjutning.

Dominerande orsaker till sammanstötningar är olika typer av mänskligt felhandlande hos exempelvis förare, tågledning eller bangårdspersonal, men även tekniska fel kan förekomma, t.ex. bromsfel.

Sammanstötningar mellan tåg på linjen är mycket sällsynt, däremot förekommer kollision med t.ex. arbetsfordon eller annat hinder. Sammanstötning under växling/rangering är däremot relativt frekvent förekommande. Dessa sker i låg hastighet med som regel inga eller små skador som följd. Denna studie behandlar inte växlings- och rangeringsverksamhet.

Den första mer systematiska studien i Sverige av frekvenser för järnvägsolyckor som kan hota omgivningen gjordes av VTI (1994). Detta arbete utvecklades senare i Fredén (2001). Därefter har det, i samband med olika större infrastrukturprojekt, genomförts ett antal studier av urspårnings och sammanstötningens frekvenser för svensk järnvägstrafik. Skillnaderna i resultat mellan de olika studierna är som regel små.

Följande frekvenser används i denna studie:

Urspårning:  $6,7 \cdot 10^{-7}$  per tåg km

Sammanstötning:  $6 \cdot 10^{-8}$  per tåg km

Dessa värden är baserade på (VTI, 1994) och används även i Göteborgs översiktsplan (1999). Risk för urspårning ger det dominerande bidraget. Använt värde är något konservativt jämfört med Fredén (2001) som för ett normaltåg ger en urspårningsfrekvens av  $5,2 \cdot 10^{-7}$  per tåg km (exklusive bl.a. solkurvor och växlar). Bedömningen är att det använda värdet är rimligt, men möjligen något konservativt.

Vidare antas i beräkningarna att ett normalgodståg består av 29 vagnar och att en urspårning påverkar 3,5 av dessa (d.v.s. en andel av 0,12) samt att en sammanstötning påverkar 5 vagnar (d.v.s. en andel av 0,17). Denna ansats är gemensam för VTI (1994) och Fredén (2001).

### Skalning av olycksfrekvenser

För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel. Frekvensen justeras genom att multiplicera med 0,2. Detta görs för att ett skadeutfall bedöms påverka en begränsad sträcka. Undantag är för punktering av tank för giftig gas som multipliceras med 0,4 då området som kan påverkas av den händelsen är större.

### Frekvens för olycksscenarier

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en vägolycka/järnvägsolycka med farligt gods inträffat. Sannolikheter och frekvenser för olika scenarier redovisas.

Vissa olyckshändelser som beskrivs, t.ex. explosioner kan antas påverka omgivningen likformigt oavsett riktning, medan andra händelser, t.ex. påverkan av giftig gas framförallt sker i vindriktningen och då påverkar en begränsad sektor av omgivningen. Vid beräkning av individrisk ska därför sannolikheten för exponering reduceras. I följande fall tillämpas en reduktion av olycksfrekvensen:

- > Jetbrand: Reducering med en faktor 1/6 eftersom en begränsad sektor påverkas.
- > Gasmolnsbrand och giftigt gasmoln: Bedöms främst påverka omgivning i vindriktningen, en reduktion med en faktor 1/3 tillämpas vilket bedöms vara rimligt för det aktuella området.

Vid beräkning av samhällsrisik reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

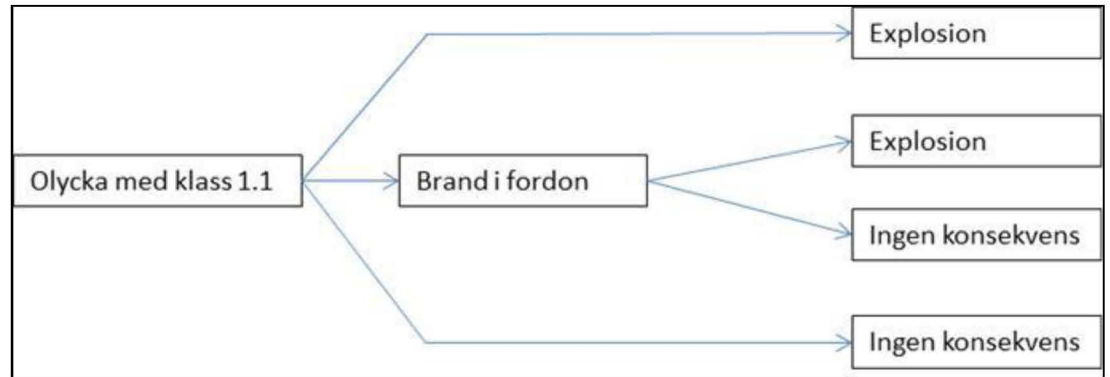
## A.1 Olycka med massexplodivt ämne

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka skada för personer i samband med en olycka.

Vid transport av massexplodiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas vid stötar. På det sätt som massexplodiva ämnen och material förpackas minimeras emellertid risken för att explosion eller brand ska inträffa.

Figur A.1 illustrerar händelseförloppet vid olycka med massexplodiva ämnen.





**Figur A.1.** Händelseförlopp vid olycka med massexplosiva ämnen

### Vägoolycka

Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Utöver risken för olycka med transport av farligt gods finns risken för brand i fordonet som är skattat till  $1 \cdot 10^{-7}$  enligt Sv. försäkringsförbundets statistikavdelning. Det antas att 1 % av brand i fordon resulterar i en explosion. I GÖP antas 50 % av bränder i fordon resultera i explosion vilket dock bedöms som mycket konservativt varför detta värde har justerats. Med antaganden enligt ovan hamnar sannolikheten för en olycka på en nivå som motsvarar utländska uppgifter (statistik från Storbritannien om frekvensen för detonation) (WUZ, 2011) och uppgifter från branschen. Dessa antaganden bedöms vara rimliga.

Sannolikheten för explosion kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 1.1}} \cdot 0,01 + 1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 1.1}} \cdot 0,01$$

$$\text{Olycka} \cdot \text{Antal klass 1.1} \cdot \text{explosion} + \text{Brand i fordon} \cdot \text{antal klass 1.1} \cdot \text{explosion}$$

### Järnvägsolycka

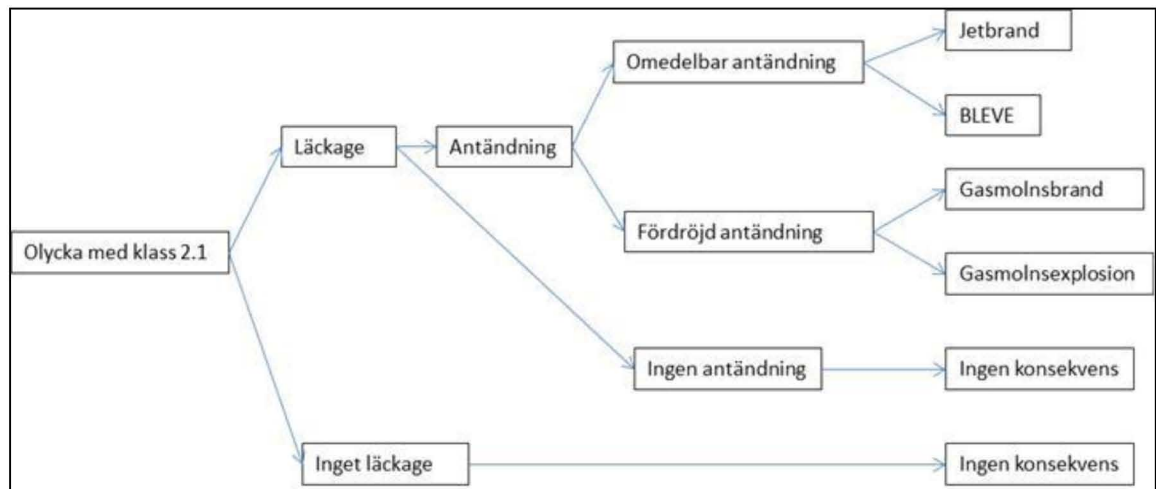
Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Sannolikheten för olycka med massexplosivt ämne är beräknad i Göteborgs översiktsplan för farligt gods (1999) och innefattar både, kollision, urspårning och brand i vagn. Den totala sannolikheten för massexplosion är beräknad till  $4,8 \cdot 10^{-8}$  för 2 km typbebyggelse. Sannolikheten beskrivs här för 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4,8 \cdot 10^{-8} / 2 \cdot N_{\text{klass 1.1}}$$

## A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)

Möjliga händelseförlopp vid en olycka med brandfarlig gas redovisas i figur A.2.



**Figur A.2.** Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas

Ett läckage av brandfarlig gas kan resultera i följande scenario:

- > Ingen antändning.
- > Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- > Om jetbranden tillåts värma upp tanken under längre tid, eller om tanken havererar/försvagas på grund av skador kan en BLEVE (Boiling Liquid Expandning Vapour Explosion) inträffa.
- > Vid en fördröjd antändning kan ett gasmoln bildas som vid antändning ger upphov till en gasmolnsbrand.
- > En antändning av ett gasmoln kan ge upphov till en gasmolnsexplosion.

Fördelning av dessa scenarier varierar ganska kraftigt mellan olika källor. I WUZ (2011) relateras till ett antal källor och följande sannolikheter används:

- > Ingen antändning: 30 %
- > Jetbrand: 19 %
- > BLEVE: 1 %
- > UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion eller gasmolnsexplosion): 50 %

Dessa värden bedöms rimliga med tillägget att kategorin UVCE bör delas upp i två scenarier, enligt figur A.2. Ett scenario med gasmolnsbrand utan övertryck och ett med övertryck. En fördelning av 80/20 mellan dessa scenarion tillämpas baserat på TNO (2005).

Enbart ett startscenario med 50 mm hål (motsvarande armaturbrott) beaktas. Risk för tankhaveri beaktas genom att inledande hål antas kunna utvecklas till BLEVE. COWI bedömer att valt scenario är ett representativt scenario. Risk för fullständigt haveri hanteras genom att en andel av scenarierna antas kunna utvecklas till BLEVE. Metoden har använts i ett flertal tidigare analyser i Göteborg och andra kommuner utan att ha ifrågasatts.

### Vägoolycka

Sannolikhet att en olycka med klass 2.1 ska resultera i ett läckage bedöms utifrån SRV (1996). Index för farligt godsolycka, d.v.s. att en olycka resulterar i ett utsläpp anges här till mellan ca 0,2 till 0,4 vid hastigheter mellan 70 till 110 km/h. Detta gäller samtliga typer av tankar. Enligt SRV (1996) gäller följande:

*"För transporter skyltade med farligt gods och där det farliga ämnet transporteras under tryck i tank har sannolikheten för farligt godsolycka antagits vara 30 ggr lägre, på grund av de krav som gäller för dessa tankar när det gäller tjocklek m.m., jämfört med vanliga bensintankar. Detta antagande bygger på erfarenhet från utländska studier."*

För trycksatta tankar reduceras därför värdet med en faktor 30. Med ett genomsnittligt index av 0,3 och en reduktion med en faktor 30 erhålls en sannolikhet för läckage av 0.01, d.v.s. en olycka av 100 resulterar i läckage. Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

#### Jetbrand

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,19$$

Olycka \* Läckage \* justering för trycksatt tank \* antal transporter med brandfarlig gas \* andel jetbrand

#### Gasmolnsbrand

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka \* Läckage \* justering för trycksatt tank \* antal transporter med brandfarlig gas \* andel gasmolnsbrand

#### Gasmolnsexplosion

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka \* Läckage \* justering för trycksatt tank \* antal transporter med brandfarlig gas \* andel gasmolnsexplosion.

#### BLEVE

Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01$$

Olycka\* Läckage\*justering för trycksatt tank\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel BLEVE.

### Järnvägsolycka

Frekvens att en gastanksolycka med utsläpp och antändning ska inträffa är  $1,3 \cdot 10^{-9}$  per vagn och år, på en sträcka av två km (GÖP, 1999). Läckagesannolikhet ingår då med 0,01 och antändningssannolikhet med 0,7. Detta innebär att frekvensen för att en gasolvagn utsätts för olycka är =  $0,93 \cdot 10^{-7}$  per vagn och år för en km.

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

#### Jetbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} * 0,01 * N_{\text{klass 2.1}} * 0,19$$

Olycka\* Läckage\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel jetbrand

#### Gasmolnsbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} * 0,01 * N_{\text{klass 2.1}} * 0,4$$

Olycka\* Läckage\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel gasmolnsbrand

#### Gasmolnsexplosion

$$0,93 \cdot 10^{-7} * 0,01 * N_{\text{klass 2.1}} * 0,1$$

Olycka\* Läckage\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel gasmolnsexplosion.

#### BLEVE

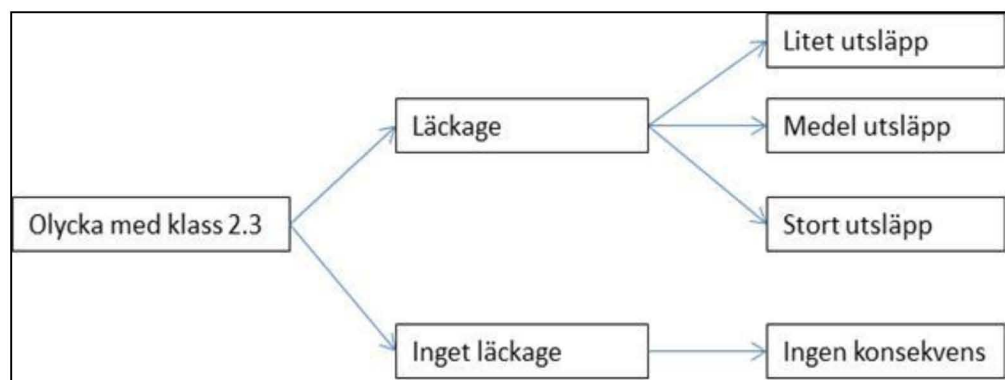
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$0,93 \cdot 10^{-7} * 0,01 * N_{\text{klass 2.1}} * 0,01 * 0,5$$

Olycka\* Läckage\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel BLEVE\*fall då utrymning ej sker.

## A.3 Olycka med giftig gas

Figur A.3 illustrerar möjliga händelseförlopp vid olycka med giftig gas



**Figur A.3.** Händelseförlopp vid olycka med giftig gas.

Storleken på ett läckage kan variera, följande indelning görs för läckage:

- > Litet utsläpp (packningsläckage)
- > Medelstort utsläpp (rörbrott)
- > Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar. Fördelningen mellan medelstort och stort utsläpp är satt till 50/50 vilket resulterar i liknande storleksordning som finns angivet i TNO för liknande händelser. I denna analys bortser vi från packningsläckage.

### Vägolycka

Sannolikheten för utsläpp av giftig gas (för medel/stort) beskrivs enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2,3}} \cdot 0,5$$

Olycka \* Läckage \* justering för trycksatt tank \* antal transporter med giftig gas \* andel scenario (medel/stort)

### Järnvägsolycka

Sannolikheten för att en olycka med kondenserad giftig gas ska inträffa och utflöde sker är  $1.8 \cdot 10^{-9}$  per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999).

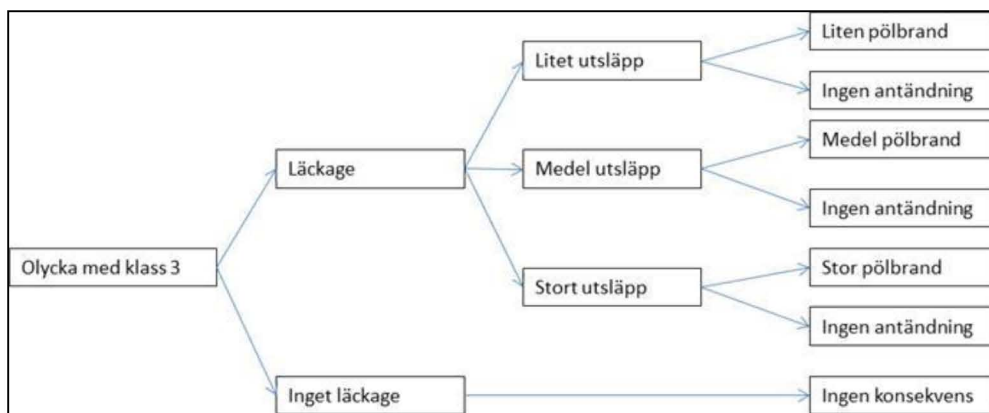
Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

$$1,8 \cdot 10^{-9} / 2 \cdot N_{\text{giftig gas}} \cdot 0,5$$

Olycka per 1 km \* antal transporter med giftig gas \* andel scenario (medel/stort)

## A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensen

Händelseförloppet för en olycka med brandfarlig vara illustreras av figur A.4.



**Figur A.4.** Händelseutveckling efter utsläpp av brandfarlig vätska.

Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning.

Följande pölbrandsscenario kan sättas upp:

- > Medel utsläpp
- > Stort utsläpp
- > Liten pölbrand bedöms inte ha någon betydande omgivningspåverkan.

Antagandet görs att enbart brandfarlig vara klass 1 t.ex. bensen kan medföra personskada och utgöra risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andelen bensen ca 40 % av totala petroleumprodukterna varför mängden klass 1 produkter antas utgöra 40 % av den totala mängden transporterad brandfarlig vara.

### Vägolycka

Sannolikheten för att ett läckage inträffar antas vara 0,3 för den aktuella vägsträckan (SRV, 1996). Fördelningen mellan de tre läckagescenarierna antas vara 1/3 för respektive scenario och sannolikheten för antändning antas vara 0,1 oberoende av läckagestorlek, detta antagande baseras på (TNO, 2005).

Sannolikheten för en olycka på väg (medel/stort utsläpp) kan beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot N_{\text{klass 3}} \cdot 0.1 \cdot 0.33$$

Olycka \* Läckage \* antal transporter \* Antändning \* scenario (medel/stort utsläpp)

### Järnvägsolycka

Sannolikheten för olycka med brandfarlig vätska baseras på Fredén (2001). Beräkningar utgår från scenarier enligt ovan samt antaganden baserade på uppgifter från TNO (2005). Sannolikheten för respektive dimensionerande scenario beskrivs enligt följande:

*(sannolikheten för urspårning \* sannolikhet för att urspårad vagn är lastad med brandfarlig vätska + sannolikhet för kollision \* sannolikhet för att vagn i kollision är lastad med brandfarlig vätska) \* sannolikhet för läckage \* sannolikhet för antändning \* antal vagnar*

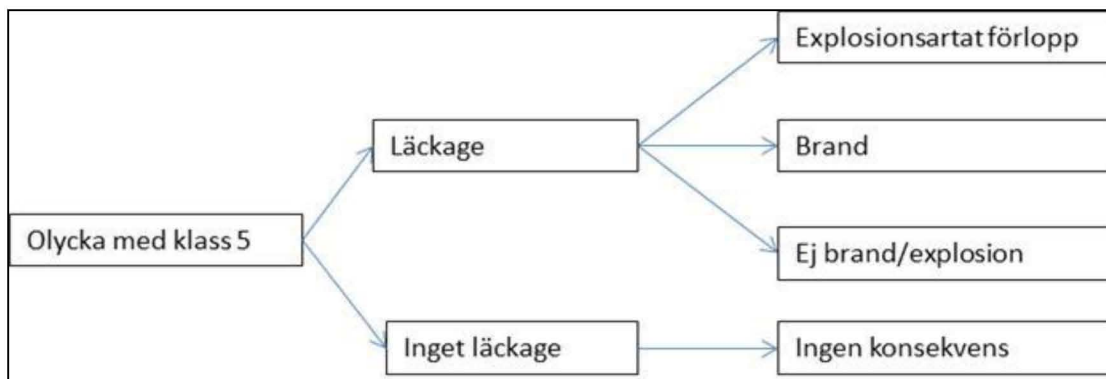
Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

$$\text{Mellan läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

$$\text{Stort läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

## A.5 Olycka med oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Figur A.5 illustrerar händelseförloppet vid olycka med oxiderande ämnen. Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs.



**Figur A.5.** Händelseförlopp vid olycka med oxiderande ämnen.

### Vägolycka

För farligt godsolycka krävs att både det oxiderande ämnet och brännbart material är inblandat. Att ett emballage, för oxiderande ämne, går sönder och att innehållet kommer ut på marken har antagits ske i 10 % av fallen vid en olycka. Sannolikheten för en *sidokrasch* med farligt godsfordon, som leder till bränsleläckage från fordonets bensintank, är 15 % och sannolikheten att antändning sker antas vara 10 %. Med ovan antaganden och beräkningsgång som följer den som återfinns i Göteborgs översiktsplan kan sannolikheten för olycka med oxiderande ämnen på väg beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 0,1$$

$$\text{Olycka} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot \text{emballage sönder} \cdot \text{sidokrasch} \cdot \text{antändning}$$

### Järnvägsolycka

Sannolikheten för att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa och explosion sker är  $2,0 \cdot 10^{-11}$  per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999). I denna analys beskrivs sannolikheten för en sträcka av 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$2 \cdot 10^{-11} / 2 \cdot N_{\text{klass5.1}}$$

## A.6 Riskreducerande faktorer

Nedan redovisas de riskreducerande faktorer som använts vid beräkning av samhällsriskerna med studerade skyddsåtgärder. Här redovisas de händelser för vilka skyddsåtgärderna har en konsekvensreducerad effekt. Se även tabell B.2 i bilaga B.

- > Skyddsåtgärd: **Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.** Med ventilationsåtgärder för den första radens bebyggelse bedöms andelen omkomna inomhus i denna zon kunna korrigeras från grundberäkningens 10% till 1% för olyckor med giftig gas.
- > Skyddsåtgärd: **Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån farligt godsled) skall utformas/är utformade med ytskikt i obrännbart material.** Skyddsåtgärder beräknas medföra att personer inomhus inte omkommer vid brand förutsatt att de utrymmer byggnaden.

Notera att vid beräkningar där flera skyddsåtgärder bedöms reducera sannolikheten för en och samma händelse tas endast hänsyn till den skyddsåtgärd med högst riskreducerande faktor (för respektive händelse). Syftet med detta är att inte överskatta den totala riskreducerande förmågan och således även underskatta risknivån.

## A.7 Resultat av beräkningar

Notera att sannolikheten för att en händelse ska inträffa är den samma oavsett om hänsyn tas/inte tas till studerade skyddsåtgärder. Detta beror på att studerade skyddsåtgärder är av konsekvensreducerande karaktär.

**Tabell A.1.** Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **E20**.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (liten)	9,03E-08
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	1,04E-09
Olycka med klass 2.1 - Jetbrand	2,77E-07
Olycka med klass 2.1 - Gasbrand	5,83E-07
Olycka med klass 2.1 - Gasmolnsexplosion	1,46E-07
Olycka med klass 2.1 - BLEVE	7,29E-09
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (rörbrott)	7,06E-09
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (punktering)	1,41E-08
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (medel utsläpp)	2,67E-05
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,67E-05
Olycka med klass 5 - explosion	5,98E-08



**Tabell A.2.** Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Västra stambanan**.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 - massexplosion (stor)	1,92E-08
Olycka med klass 2.1 - Jetbrand	2,06E-07
Olycka med klass 2.1 - Gasbrand	4,33E-07
Olycka med klass 2.1 - Gasmolnsexplosion	1,08E-07
Olycka med klass 2.1 - BLEVE	5,42E-09
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (rörbrott)	4,24E-08
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (punktering)	4,24E-08
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,06E-06
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (stort utsläpp)	5,30E-07
Olycka med klass 5 - explosion	1,57E-08

## Bilaga B - Bedömning av konsekvenser

I detta kapitel redovisas först en övergripande tabell över möjliga konsekvenser i händelse av en olycka med farligt gods och därefter sammanställs en tabell med resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar. Under respektive delkapitel beskrivs bakgrund för bedömning av konsekvenser/olyckseffekter för respektive ämnesklass. Vid val av scenarion att studera har scenarion valts utifrån principen att de ska vara rimliga att studera, detta innebär att de inte nödvändigtvis är "worst case"-scenarion. Det bör noteras att en modell som baseras på "worst case"-scenarion skulle kunna resultera i en lägre risknivå då sannolikheten för "worst case"-scenarion ofta är mycket låg även om konsekvensen är värre och risken är en funktion av både konsekvens och sannolikhet.

I tabell B.1 nedan redovisas respektive farligt godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt.

**Tabell B.1** Relevanta typer av farligt gods och möjliga olyckskonsekvenser.

ADR-/RID-Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
1 Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotals- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning  Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand  Gasmolnsexplosion  BLEVE	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet <sup>1</sup> .  Små effekter utanför gasmolnet, mkt allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet.  Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och raserade byggnader.

<sup>1</sup> "Närområde" är inte ett entydigt definierat begrepp men avser i detta sammanhang några tiotal meter (t.ex. i samband med pölbrand) eller direkt exponering (t.ex. i samband med utsläpp av frätande ämnen).

ADR-/RID-Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
		Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, "missiler" kan ge effekter på längre avstånd.
2 Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi.
3 Brandfarliga vätskor	Pölbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarligare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning, mm
4 Brandfarliga fasta ämnen, mm	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet.
5 Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Brand – värmestrålning Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	Risk för brännskador, oftast begränsade till närområdet. I händelse av explosion kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6 Giftiga ämnen, mm	Toxiska effekter	Risker begränsade till närområdet
7 Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8 Frätande ämnen	Frätskada	Risker begränsade till närområdet
9 Övrigt	-	Risker begränsade till närområdet

Området kring led med farligt gods har delats in i intervall för att beskriva konsekvensen av en olycka på olika avstånd från en olycksplats.  
Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI

rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar genomförda i Effekt Plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (RIB, 2012).

Resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar är sammanställt i tabell B.2 och visar hur stor andel av de personer som befinner sig utomhus respektive inomhus som bedöms omkomma till följd av en viss händelse. Respektive scenario har valts att studeras med utgångspunkt i att det ska vara ett rimligt, representativt scenario som tillsammans med övriga scenarion ger en robust analys. COWI är medveten om att de olycksscenario som studerats inte är "worst case"-scenarion vilket enligt COWIs bedömning vore extremt konservativt att utgå från. Notera även att värden i tabell B.2 bygger på värden som presenteras i övriga tabeller och figurer i Bilaga B men att de inte alltid är direkt överensstämmande. Anledningen till detta är främst att det gjorts en kvalitativ bedömning av det totala antalet omkomna inom respektive avståndintervall från olyckspunkten i förhållande till respektive dimensionerande scenario. Värdena i tabell B.2 bedöms vara i linje med övriga uppgifter i bilaga B.

För varje avståndintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

**Andel omkomna utomhus.** Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna.

**Andel omkomna inomhus.** Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed delvis är skyddade. Denna siffra varierar beroende på byggnad och placering.

Antaganden avseende personintensitet inomhus och utomhus i den här riskbedömningen presenteras i bilaga E och bygger på det planförslag som presenteras i kapitel 3 tillsammans med de illustrationer som återfinns i bilaga F.

**Tabell B.2.** Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervall från en eventuell olycka på väg. Värden i denna tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges.

Ämnesklass	Olycksscenario	0-25 m	26-50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m
Klass 1.1 Massexposivt	Liten explosion (200 kg)	1/0,15	0/0,05	0/0,01	0/0	0/0
	Stor explosion (6 ton)	1/0,25	1/0,1	0,5/0,05	0/0	0/0
Klass 2.1 Kondenserad Brandfarlig gas	Jetbrand	1/1	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
	Gasbrand	1/1	0,75/0,4	0,5/0,3	0/0	0/0
	Gasmolns- explosion	1/1	0,5/0,5	0,1/0,1	0/0	0/0
	BLEVE	1/1	1/1	1/0,25	1/0	0,5/0
Klass 2.3 Kondenserad giftig gas	Rörbrott	1/0,95	0,9/0,5	0,5/0,1	0,01/0	0/0
	Punktering	1/1	1/1	1/0,5	0,6/0	0,2/0
Klass 3 Brandfarlig vätska	Liten pölbrand	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	Medelstor pölbrand (50 m <sup>2</sup> )	0,5/0,1	0/0	0/0	0/0	0/0
	Stor pölbrand (200 m <sup>2</sup> )	0,8/0,8	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
Klass 5 Oxiderande ämne	Explosion	1/0,15	1/0,05	0/0,01	0/0	0/0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet, till exempel kan vädersituationen vara mer eller mindre gynnsam, förutsättningarna för om människor kan sätta sig i säkerhet kan variera och så vidare.

### B.1 Konsekvenser för massexposivt ämne (klass 1.1)

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka skada för personer i samband med en olycka.

Vid en eventuell olycka kan händelseförloppet utvecklas mycket snabbt och ge svåra konsekvenser. Hur stora konsekvenserna blir beror på mängden transporterat ämne samt avståndet till människor. Hur stora skadorna blir på byggnader beror till stor del på byggnadskonstruktion och material.

En explosion leder till höga tryck i närzonen, trycket minskar sedan med avståndet från explosionen. Människor tål tryck bättre än vad byggnader gör. Dödsfall som direkt följd av tryckvågen vid en fullastad vägtransport (16 ton) kan förväntas inträffa på avstånd upp till 75 meter ifrån olycksplatsen. För mindre transporter (50-1000 kg) kan dödsfall förväntas på upp till ca 25 meter ifrån olycksplatsen. Skador på lungor och trumhinnor (på grund av tryck) kan inträffa upp till 25 meter ifrån olycksplatsen för olycka motsvarande ca 200 kg.

Dödsfall och skador kan inträffa i och med att byggnader rasar, eller från splitter och flygande material. Även nyare betongbyggnader med väl sammanhållen

stomme kan raseras på ett avstånd av ett par hundra meter från explosionscentrum. Skador på människor inomhus är troliga, liksom dödsfall, både vid olyckor med små och stora transporter. Skador på grund av splitter och flygande material kan förekomma på ett område mellan några 10-tals meter upp till 1 km beroende på storleken på explosionen, var den inträffar och i vilken typ av område/bebyggelse som olyckan inträffar.

Nedan följer material i form av gränsvärden, beräkningar och antaganden som används vid bedömningar för antal skadade och omkomna.

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I tabell B.3 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell B.4 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

**Tabell B.3.** *Maximala infallande tryck för material och byggnader*

Material för byggnaden	Maximalt tryck
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

Gränsvärde för att glasfönster spricker och i sin tur kan orsaka personskada går vid ca 0,03 bar (ca 3 kPa) och från samma källa (Clancey, 1972) anges 0,02 bar (ca 2 kPa) som ett gränsvärde för att material inte ska flyga iväg.

**Tabell B.4.** *Skador på människan vid olika infallande tryck*

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	≥180 kPa
Lungskador	180-69 kPa
Trumhinneruptur (skador på trumhinnor)	69-21 kPa

### Beräkningsmetodik

Tryckklaster har beräknats för händelsen att en explosion inträffar, antingen direkt eller efter en antändning i samband med en olycka. Konsekvensberäkningar har utförts i beräkningsprogrammet Effects PLUS version 5.5 (Yellow Book, 1997). För att kunna utföra explosionsberäkningar i programmet har massan av TNT räknats om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett tänkt gasmoln.

Metoden för omräkning mellan massa av brännbar gas och massa av TNT är välkänd och kallas TNT-ekvivalent metoden (TNT-Equivalency Method) (FOA, 1997).

Högsta explosionsstyrka 10 (detonation) har antagits och beräkningsmetoden följer The Multi Energy Method (FOA, 1997).

Lasterna från explosionen har beräknats som infallande tryck mot människor, byggnader och annan utrustning för olika avstånd från explosionscentrum. Nettovikten explosivt ämne varierar mellan 1-16 ton per transport samt 25-1000 kg per transport.

Resultaten från beräkningar beskriver tryck på olika avstånd ifrån en explosionskälla. Dessa tryck har översatts till andel omkomna.

### **Konsekvenser för massexplösivt ämne**

Andelen omkomna beror på flera parametrar. Exempelvis spelar avståndet från explosionscentrum roll samt eventuella objekt mellan explosionen och individer. Första radens hus skyddar exempelvis bakomliggande hus eller personer som vistas utomhus. Denna analys baserar sig på andelen omkomna.

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

- > Andel omkomna utomhus. Andelen omkomna utomhus baseras på oskyddade människor som omkommer av det dödliga trycket större eller lika med 180 kPa.

Vid lägre tryck än 180 kPa antas att personer som vistas utomhus kommer att överleva. Skador kan dock förekomma som ett resultat av exempelvis flygande material eller höga tryck. Vid exempelvis 69 kPa förväntas lungskador.

- > Andel omkomna inomhus. Baseras på de personer som befinner sig inomhus vid en explosion. Orsak till dödsfall beror på att byggnader rasar. Andelen omkomna beror på tryckets storlek samt avståndet från explosionen. Nedan sammanfattas vilka antaganden som gjorts för bedömning av omkomna inomhus.

För bedömningar angående omkomna inomhus används i viss mån värden som förekommer i Göteborgs översiktsplan. Vid tryck större än 180 kPa, (total destruktion av byggnader) antas att 30 % omkommer inomhus på avståndet 0-49 meter ifrån explosionskällan. På avståndet 50 meter antas 15 % omkomma inomhus (första radens hus). På avståndet större än 100 meter antas 5 % omkomma vid första radens hus om trycket är så högt att det resulterar i total destruktion av byggnaden.

För tryck mellan 180- 69 kPa antas 5 % omkomma inomhus. På tryck mellan 69-21 kPa antas 1 % omkomma.

**Tabell B.5.** Visar antagna andelar omkomna inomhus på olika avstånd vid olycka

Tryck/Avstånd	Andelen omkomna inomhus på olika avstånd		
	0-49 meter	50-99 meter	>100 meter
$P_s \geq 180$ kPa	0,3	0,15	0,05
$180 \text{ kPa} > P_s \geq 69$ kPa	0,05	0,05	0,05
$69 \text{ kPa} > P_s \geq 21$ kPa	0,01	0,01	0,01
$21 \text{ kPa} > P_s \geq 9$ kPa	Ingen antas omkomma.		

Utifrån ovan beräkningar och antaganden har andelen omkomna inomhus och utomhus beroende på transportstorlekar sammanställs vilket redovisas i tabell B.6 och B.7.

**Tabell B.6.** Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med stora mängder transporterad vara

Stora Transporter	2 ton		6 ton		16 ton	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	1	0,3	1	0,3	1	0,3
25-50m	1	0,15	1	0,3	1	0,3
50-75 m	0	0,15	1	0,15	1	0,15
75-100 m	0	0,01	0	0,15	1	0,15
100-250 m	0	0,01	0	0,01	0	0,05



**Tabell B.7.** Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med små mängder transporterad vara.

Små Transporter	25 kg		200 kg		1000 kg	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	0	0,05	1	0,15	1	0,3
25-50m	0	0,01	0	0,05	1	0,15
50-75 m	0	0	0	0,01	0	0,05
75-100 m	0	0	0	0	0	0,01
100-250 m	0	0	0	0	0	0

Andel omkomna är behäftad med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de tabeller som Göteborgs översiktsplan utgår ifrån. Tabell B.8 visar andel omkomna på olika avstånd vid olycka på väg med massexplodivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999).

**Tabell B.8.** Andel omkomna vid olycka med massexplodivt ämne på väg (15 ton).

Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna 0-50 meter från väg	Andel omkomna 50-100 meter från väg
Utomhus	100 %	100 %
Första radens hus	15 %	5 %
Andra radens hus	5 %	-

## B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka

I följande figurer redovisas andel oskyddade människor omkomna för utsläpp av brandfarlig kondenserad gas vid en olycka. Följande scenario med antändning av brandfarlig gas analyseras:

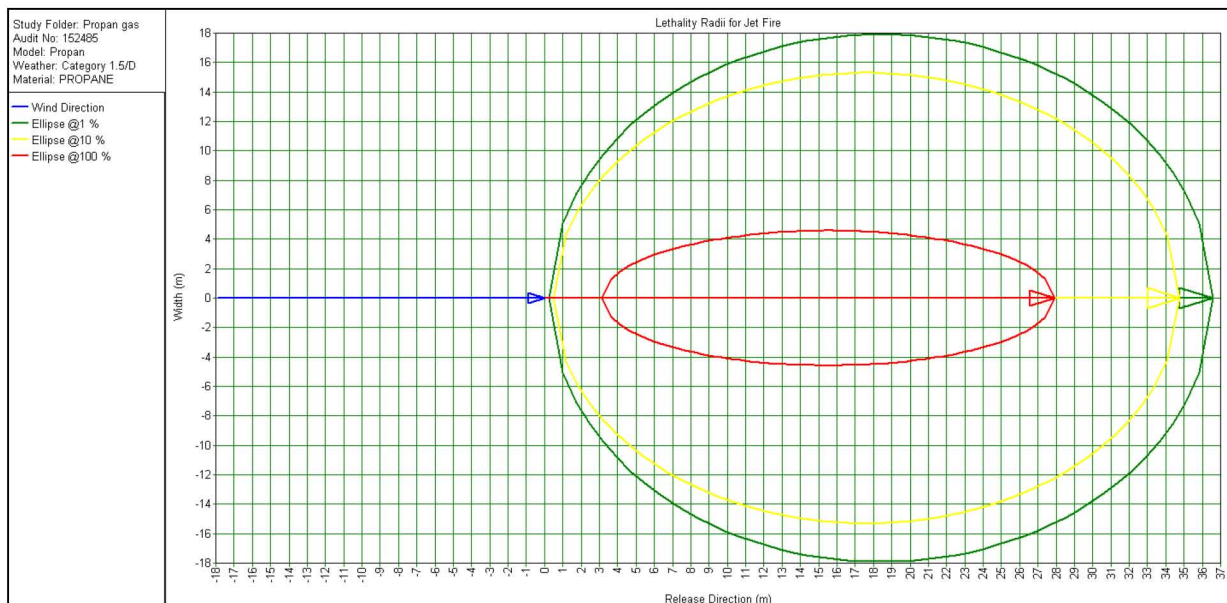
- > Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- > Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expandning Vapour Explosion).
- > Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- > Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

Beräkningar är utförda i programvaran PHAST (DNV, 2010). Bedömningar av konsekvenser för strålningsnivåer och övertryck baseras huvudsakligen på TNO (2005). Olyckseffekter och konsekvenser av dessa scenarier beror på ett antal parametrar, varav de viktigaste är hålstorlek, om utsläpp sker i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. I avsnitten nedan redovisas exempel på olyckseffekter och konsekvenser som kan uppkomma.

### Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Omfattningen och effekten av en jetbrand bestäms av om ämnet strömmar ut i gasfas eller vätskefas, om en fri jetstråle kan utvecklas samt av riktningen på denna. I flammans riktning och i närhet av utsläppet kommer strålningsnivåerna att vara mycket höga, över 40 kW/m<sup>2</sup>. Personer som utsätts för denna strålningsnivå antas omkomma. Däremot avtar strålningsnivåerna snabbt både i sidled och i längsled.

Figur B.1 visar område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Vid ett utsläpp i vätskefas kommer avstånden att vara betydligt längre, avståndet till 100 % dödlighet blir då ca 80 meter, istället för som här ca 30 meter. COWI bedömer att använd ansats ger en rimlig bedömning eftersom beräkningarna dels baseras på att samtliga personer inom angivet avstånd exponeras samt att det skydd som kommer att utgöras av byggnader inte tas hänsyn till.



**Figur B.1.** Område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Beräkning PHAST.

Konsekvensen för personer utomhus är vid jetbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. För jetbrand förväntas inga omkomna på längre avstånd än 50 meter ifrån en olycka.

### BLEVE

BLEVE är en speciell 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 en BLEVE bildas ett eldklot som ger upphov till värmestrålning och tryckeffekter. 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.

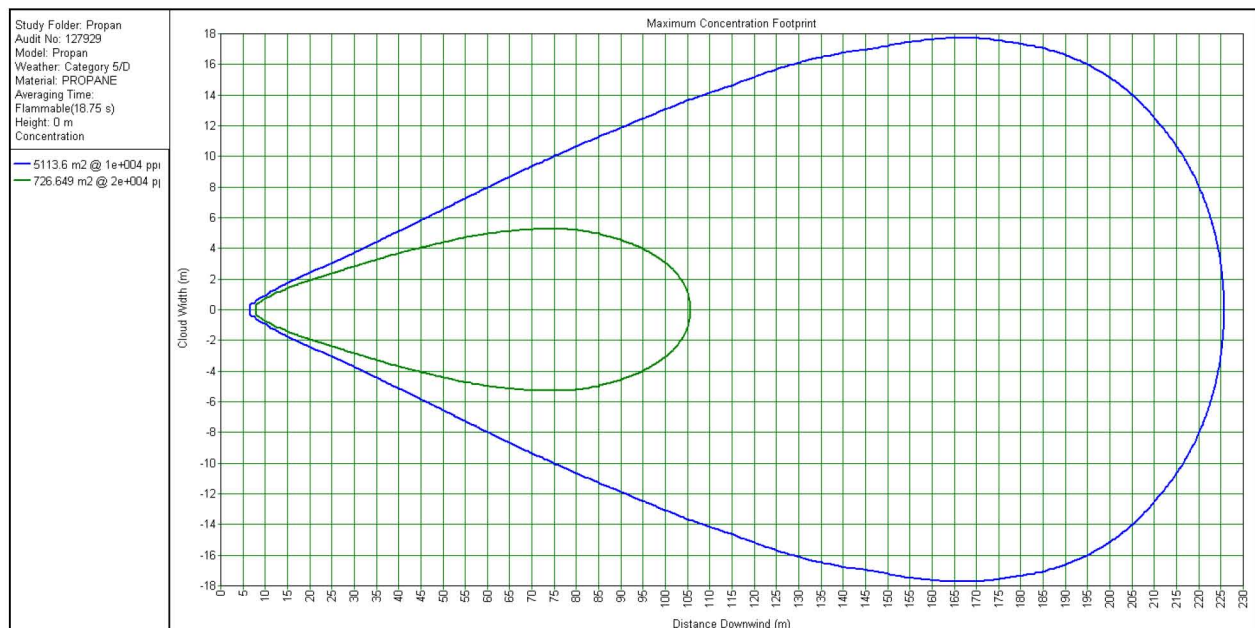
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

Personer som befinner sig inom eldklotet eller som utsätts för en strålningsnivå över 35 kW/m<sup>2</sup> antas omkomma, detta gäller även om man befinner sig inomhus (TNO, 2005). För personer som utsätts för lägre strålningsnivåer bestäms andel omkomna av exponeringstid och strålningsnivå. I tabell B.2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av BLEVE.

Erfarenheter från inträffade BLEVE visar att det ofta tar lång tid för en BLEVE att utvecklas. Om så är fallet finns möjligheter att utrymma närområdet. Ansatsen görs här att detta lyckas i 50 % av fallen.

### Gasmolnsbrand

En gasmolnsbrand uppkommer då ett gasmoln hunnit utvecklas innan antändning sker. Denna brand kan sedan övergå i en jetbrand. Storlek och utbredning av gasmolnet bestäms av hålstorlek, utsläpp i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. Spridning av molnet påverkas av vindriktningen, en korrigering av sannolikhet görs därmed med en faktor 1/3. I figur nedan redovisas ett utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s. I tabell B.2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av gasmolnsbrand. Vindstyrka och atmosfärisk stabilitet framgår av figur B.2 (5 m/s och stabilitetsklass: D). Avseende topografi och hinder bör det noteras att genomförda beräkningar inte baseras på detaljerad analys, t ex CFD modellering av aktuell topografi och aktuella byggnader. Detta är inte praxis i denna typ av analyser.



**Figur B.2.** Utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s. Beräkning PHAST. Grön linje redovisar avstånd till undre brännbarhetsgräns (LEL = Lower Explosive Limit). Blå linje visar avstånd där gaskoncentrationen är hälften av detta (halva LEL).

Som framgår av figur är avstånd till LEL ca 100 meter. Vid ett utsläpp i gasfas är motsvarande avstånd ca 20 meter. Då ett gasmoln inte har en "rektangulär" utbredning där alla personer på ett visst avstånd exponeras på samma sätt har värdena i tabell B.2 justerats för att vara mer representativt för studerat scenario.

Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

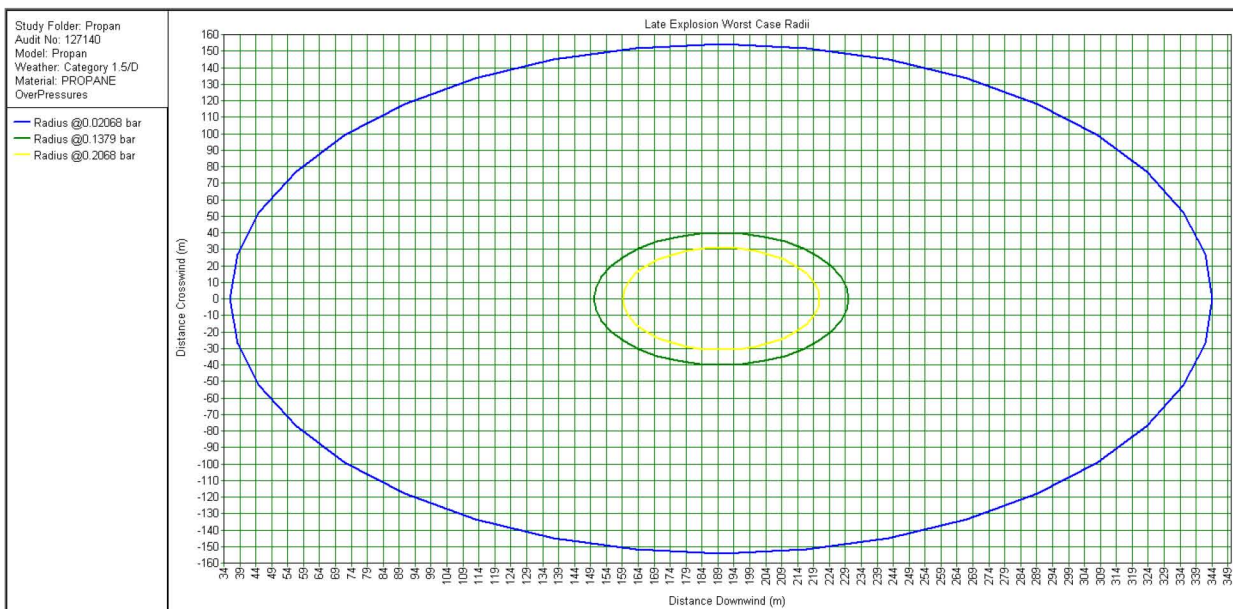
Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer

som vistas utanför molnet kan antas överleva. Konsekvensen för personer utomhus är vid gasbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. Omkomna på grund av gasbrand förväntas inte förekomma på längre avstånd än 100 meter ifrån olycka.

### Gasmolnsexplosion

Ett fritt gasmoln som antänds ger som regel upphov till en gasmolnsbrand utan signifikant övertryck (TNO, 2005), vilket behandlats ovan. En explosion kan dock inte helt uteslutas. 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. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen.

Figur B.3 visar explosionsövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas. I tabell B2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av gasmolnsexplosion.



**Figur B.3.** Explosionsövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.

Från figur ovan erhålls följande avstånd till trycknivåer från explosionscentrum (för jämförelse redovisas även utsläpp i gasfas).

**Tabell B.9.** Trycknivåer från explosionscentrum.

bar övertryck	Utsläpp i vätskefas	Utsläpp i gasfas
0,02	150 m	30 m
0,14	40 m	8 m
0,21	30 m	6 m

Var explosionscentrum är beläget beror på ett antal faktorer som spridningsförhållanden, vind och tidpunkt för antändning. Här antas att explosionscentrum ligger i närhet av transportleden.

### B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

Exempel på kondenserad giftig gas är svaveldioxid, ammoniak och klor som alla är giftiga vid inandning och som redan vid låga koncentrationer kan ge svåra skador och i värsta fall leda till dödsfall. Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Generellt är gaserna tyngre än luft vid själva utsläppet varför spridning av gasen primärt sker längs marken.

Giftig kondenserad gas kan ha riskområde på hundra meter upp till många kilometer och gasen når ofta sin största utbredning efter bara några minuter. Utbredningen och hur hög koncentrationen blir beror på ett antal parametrar så som vindstyrka och riktning samt storleken på läckaget. Vid exempelvis högre vind blandas mer luft in i gasmolnet vilket resulterar i lägre koncentrationer.

Andelen omkomna beror på vilken toxisk gas som förekommer, utsläppets storlek, väderförhållande, inbyggda skydd etc. Risken för att omkomma är som störst närmast utsläppet. På längre avstånd minskar andelen omkomna men i samband med det ökar andelen svårt- och lindrigt skadade. Gasen sprider sig i vindens riktning vilket gör att skadefallet (antalet omkomna och skadade) beror på hur marken ser ut och hur många personer som befinner sig i området där gasmolnet drar fram.

Storleken på ett läckage kan variera och följande indelning kan illustrera tänkbara läckage scenarier.

- > Litet utsläpp (packningsläckage)
- > Medelstort utsläpp (rörbrott)
- > Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar.

För beräkning av konsekvenser i samband med utsläpp av giftig gas har beräkningsprogrammet Bfk använts (RIB, 2012). Beräkningarna resulterar i koncentration av den utsläppta gasen på olika avstånd, i höjdled samt andel omkomna och (svårt) skadade personer inomhus respektive utomhus. Som dimensionerande fall har gasen ammoniak använts. Ammoniak bedöms vara en rimlig gas att studera då den bedöms utgöra den vanligaste gasen av de som ger allvarliga konsekvenser. Användandet av klor fasas ut i industrin och bedöms därför inte rimligt att beakta. Aktuell ansats har använts i ett flertal tidigare analyser.

Tabell B.10-12 sammanfattar den procentuella andelen omkomna och svårt skadade vid olika avstånd från utsläppspunkten. Det fall som redovisas baseras på följande väderparametrar: Medeltemperatur 8°C, vindhastighet 4 m/s. Notera att riskanalysen enbart baseras på antal omkomna även om antalet skadade presenteras i detta avsnitt. Praxis i farligt gods analyser är att studera antalet omkomna och aktuella kriterier baseras också enbart på antal omkomna.

Tabell B.10 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid rörbrott, vilket motsvarar medelstort utsläpp. Två olika simuleringar har genomförts, den första med luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus) och den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

**Tabell B.10.** *Andel omkomna och skadade vid medelstort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid rörbrott) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster ska representera ett enskilt hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd). Kolumn till höger representerar t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).*

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade (%) inomhus	
	0,5 luftväxlingar NH <sub>3</sub>	3 luftväxlingar NH <sub>3</sub>
~11	100/0	0/25
~23	60/39	96/4
~36	5/64	76/24
~48	0/21	36/60
~75	0/0	2/55
~88	0/0	0/32

Tabell B.11 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid punktering av tank (stort utsläpp). Två olika simuleringar har genomförts. Den första med ett luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus). Den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

**Tabell B.11.** Andel omkomna och skadade vid stort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid punktering av tank) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster representerar ett enskild äldre hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd) och den högra kolumnen ska representera t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade inomhus (%)	
	0,5 luftväxlingar NH <sub>3</sub>	3 luftväxlingar NH <sub>3</sub>
~31	90/10	100/0
~73	12/72	84/16
~116	0/3	11/71
~158	0/0	0/26

I tabell B.12 redovisas andelen omkomna och svårt skadade utomhus vid medelstort och stort utsläpp. Förutom svårt skadade och omkomna kan även lindrig skadade förekomma.

**Tabell B.12.** Andel omkomna och svårt skadade vid utsläpp av giftig gas (medelstort och stort utsläpp) för olika avstånd från utsläppspunkten, utomhus. Förutom omkomna och svårt skadade kan även lindrig skadade förekomma.

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade utomhus (%)	
	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
~6	100/0	100/0
~36-40	100/0	100/0
~50	91/9	100/0
~70	62/8	100/0
~100	11/72	100/0
~130	1/26	100/0
~150	0/26	100/0

## B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)

En tankbilsolycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala

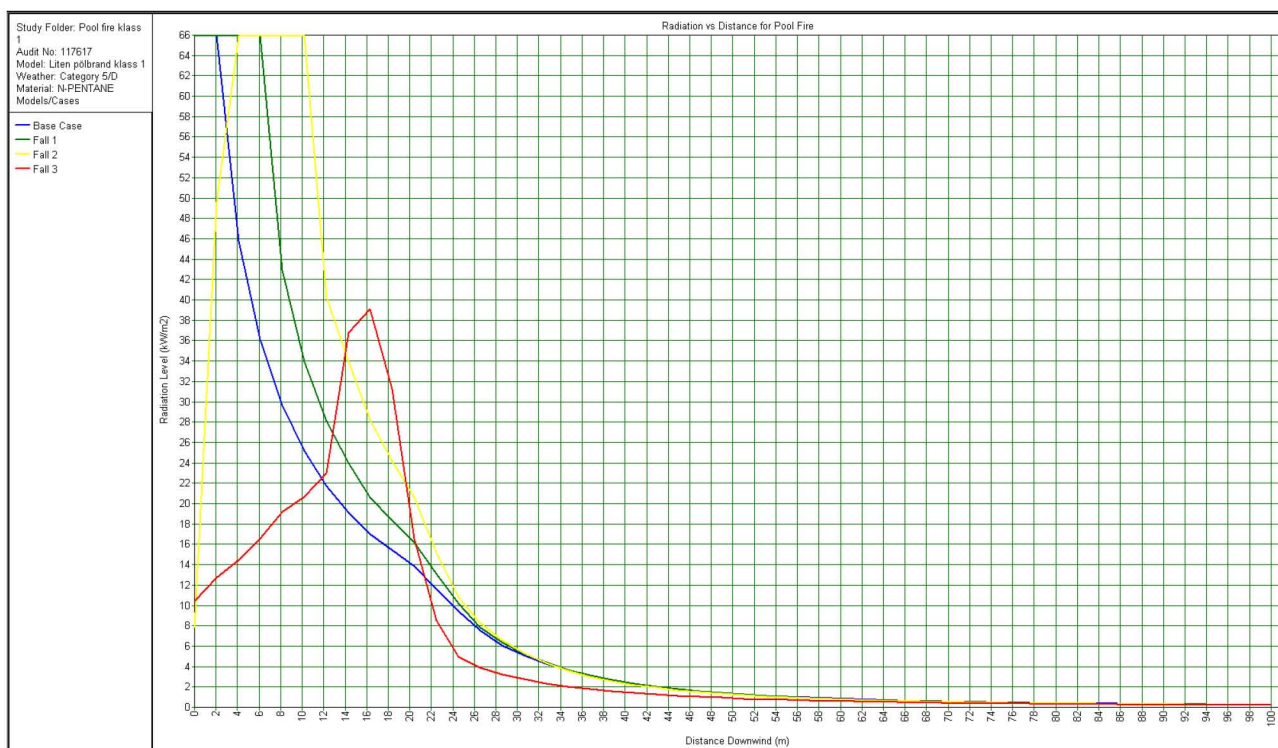


utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt.

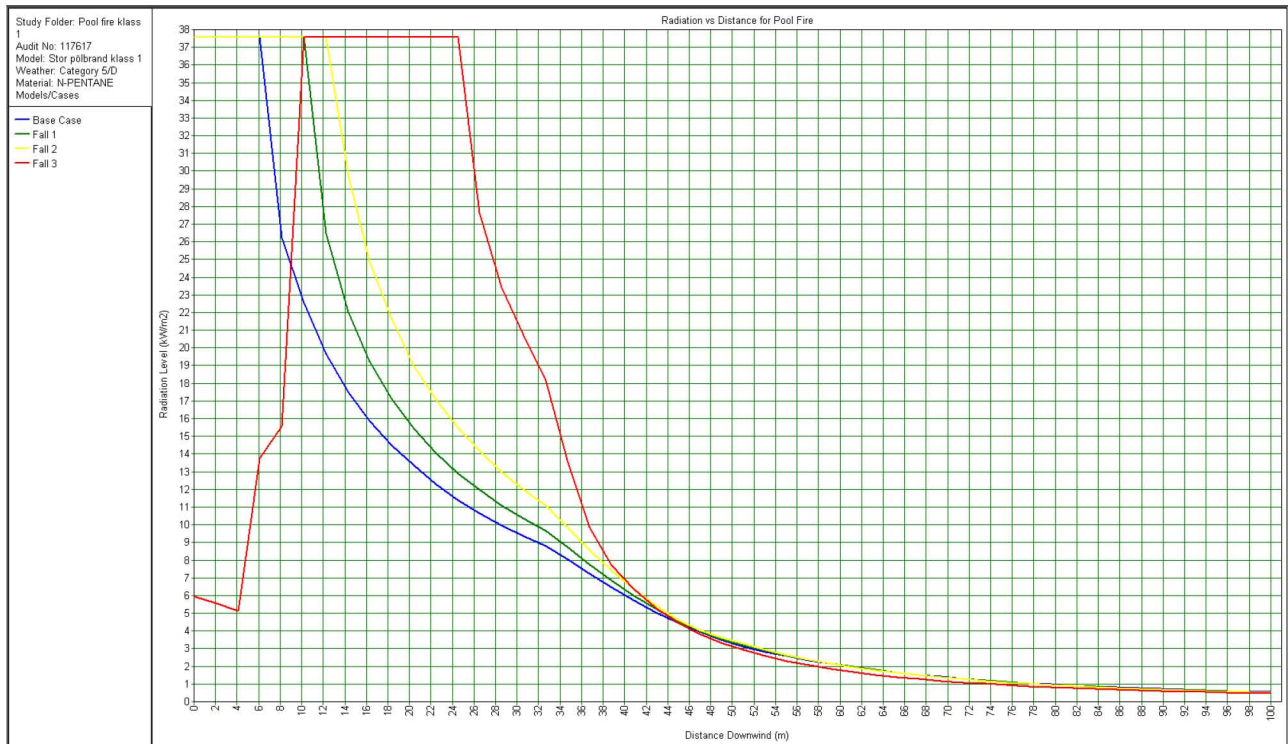
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- Litet utsläpp: Bedöms inte ha någon påverkan på omgivningen
- Medel utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 50 m<sup>2</sup>
- Stort utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 200 m<sup>2</sup>

Strålningsnivåer som funktion av avstånd redovisas för 50 respektive 200 m<sup>2</sup> pölbrand i figur B.4 och B.5. I tabell B.2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av pölbrand.



**Figur B.4.** Strålningsnivå i kW/m<sup>2</sup> på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 50 m<sup>2</sup>, bensin, vind 5 m/s. De olika fallen beskriver strålningen på olika höjd över marken (Base Case= 0 m, Fall 1=2 m, Fall 2=5 m och Fall 3=15 m). Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl



**Figur B.5.** Strålningsnivå i kW/m<sup>2</sup> på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 200 m<sup>2</sup>, bensin, vind 5 m/s. De olika fallen beskriver strålningen på olika höjd över marken (Base Case= 0 m, Fall 1=2 m, Fall 2=5 m och Fall 3=15 m). Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl

Strålningsnivåer för aktuella avstånd från transportled redovisas i tabell B.13.

**Tabell B.13.** Strålningsnivåer (avrundade värden i kW/m<sup>2</sup>) på marknivå respektive 15 meters höjd för brandarea 50 respektive 200 m<sup>2</sup>.

Brandarea (m <sup>2</sup> )	Strålning 0-20 m (kW/m <sup>2</sup> )	Strålning 20-50 m (kW/m <sup>2</sup> )	Strålning >50 m (kW/m <sup>2</sup> )
50	14-66	1-14	<1
	10-40	1-18	<1
200	>14	4-14	<4
	5-38	4-38	<4

Nedan följer en sammanställning av olika effekter/symptom vid olika strålningsnivåer:

**Tabell B.14** Effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

Strålningsnivå	Effekt/symptom
6-7 kW/m <sup>2</sup>	Smärta efter ca 8 sekunders exponering
10-11 kW/m <sup>2</sup>	Smärta efter ca 3 sekunders exponering
13 kW/m <sup>2</sup>	Outhärdlig smärta efter 2-3 sekunders exponering
16 kW/m <sup>2</sup>	Blåsor och liknande brännskador uppstår efter ca 5 sekunders exponering
20 kW/m <sup>2</sup>	Outhärdlig smärta efter ca 1 sekunders exponering

Dessa strålningsnivåer kan jämföras med den strålning som normalt solsken avger vilket ligger i storleksordningen 0,6-0,7 kW/m<sup>2</sup>.

Långvarig strålning mot utrymmande personer får enligt Boverket inte överstiga nivåer om 2,5 kW/m<sup>2</sup>. Kortvarig strålning får inte överstiga 10 kW/m<sup>2</sup>.

Hur hög värmestrålning en person klarar av utan att erhålla skador beror bland annat på hur länge personen exponeras för strålningen. En person som blir varse en brand kommer troligtvis att försöka ta sig ifrån området och på så sätt kan graden av brännskada till viss del begränsas. Detta förutsätter dock att personen i fråga kan förflytta sig, blir varse branden samt reagerar tillräckligt fort för att kunna/hinna agera.

För byggnader finns följande gränsvärden beträffande strålning mot trä/brännbart material.

**Tabell B.15.** Gränsvärden beträffande strålning.

Strålningsnivå	Jämförelse/Gränsvärde
13 kW/m <sup>2</sup>	Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma
20 kW/m <sup>2</sup>	Kriterie för överantändning i ett rum
29-30 kW/m <sup>2</sup>	Spontan antändning av trä i det fria

Om strålningsnivån mot en byggnad kan begränsas till maximalt 15 kW/m<sup>2</sup> i minst 30 minuter föreligger det enligt Boverkets byggregler (BBR) inga brandtekniska krav på byggnadens fasad. Brandtekniskt oklassat glas tål generellt en strålningsnivå upp till 7.5 kW/m<sup>2</sup> innan kollaps.

## B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

Till klass 5 hör oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) som vid upphettning, kontakt med organiska ämnen (t.ex. bensin eller motorolja) eller vid mycket kraftiga stötar kan få tillräckligt med energi för att spontant börja reagera och därefter orsaka brand eller i värsta fall explosion. Om ämnet, vid en olycka, endast läcker ut föreligger normalt ingen risk för personskada. Explosionsrisk föreligger ifall oxiderande ämne läcker ut och blandas med exempelvis fordonsbränsle, vilket kan ske ifall fordonstanken även skadas vid en olycka eller om andra fordon är inblandade.

Maximalt kan en explosiv blandning motsvarande ca 3 ton erhållas vid en olycka och konsekvenserna är lika de som uppstår vid olycka med massexplosiva ämnen. Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen (antalet omkomna) för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs. I denna analys används en explosion, motsvarande 200 kg som dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen.

Utifrån beräkningar och antaganden som genomförts för massexplosiva ämnen görs följande bedömning beträffande antalet omkomna personer. Utöver dödsfall kan även personer skadas. Personskada kan uppkomma på grund av det direkta trycket men även av raserade väggar och tak, omkringflygande material och glassplitter. Personer kan även skadas av att de kastas omkull av tryckvågen.

**Tabell B.16** *Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndintervaller från en eventuell olycka med klass 5.1 produkter som resulterar i explosion motsvarande 200 kg. För bakgrund till bedömning hänvisas till kapitel om massexplosiva ämnen.*

Andelen omkomna	Ute	Inne
0-25 m	1	0,15
25-50m	1	0,05
50-75 m	0	0,01
75-100 m	0	0
100-250 m	0	0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet. För jämförelse till beräkningar finns de uppgifter som sammanställs i Göteborgs översiktsplan (GÖP, 1999). Enligt Göteborg översiktsplan beräknas dödliga skador ske inom 30 meter och väggar kan raseras inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

## Bilaga C - Känslighetsanalys

Riskanalyser innefattar ett betydande mått av osäkerhet på grund av bland annat litet statistiskt underlag över olyckor, i viss mån antaganden om persontäthet samt variabel konsekvens på grund av till exempel olika vädersituationer vid olyckstillfället.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, mm. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

- > Farligt gods (mängd, ämnen)
- > Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningsmängd)
- > Olycksstatistik
- > Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)
- > Metod för beräkning av risk

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet.

Nedan diskuteras och presenteras några av de variabler och resultat som behandlats för att få en uppfattning om robustheten i de bedömningar som görs.

### **Farligt gods:**

Beräkningarna utgår ifrån olika källor vilka har räknats upp för att representera ett framtidsscenario år 2040. Transporterat farligt gods på väg har räknats upp med 35% och transporterat farligt gods på järnväg har räknats upp med 40%, se kapitel 4, dessa uppräkningsbedöms vara konservativa.

### **Omgivning:**

Hur många personer som befinner sig på området kan ha stor påverkan på resultatet för samhällsrisk. Störst påverkan har antaganden om människor som befinner sig utomhus nära vägområdet. Bedömningen är att uppskattningar om personintensiteten är robust och speglar föreslaget användningsområde.

### **Olycksfrekvens:**

För resonemang och bedömningar kring olycksfrekvens hänvisas främst till bilaga A.

### **Konsekvenser:**

Konsekvenserna av vissa händelser, t ex utsläpp av brandfarlig gas, är beroende på hur händelsen utvecklas - omedelbar antändning, fördröjd antändning av gasmoln, etc. Sannolikheter för dessa scenarier är baserade på tidigare COWI studier och beräkningar som genomförts i olika simuleringsprogram. Dessa ansatser stämmer i många fall väl överens med de ansatser som gjorts i (VTI, 1994) och Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Generellt gäller att uppskattning av de konsekvenser som kan uppstå i form av omkomna och skadade personer i händelse av en farligt godsolycka baseras på Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, beräkningar utförda i Bfk (RIB, 2012) samt beräkningar i enlighet med de som beskrivs i bilaga B.

### **Metod för beräkning av risk:**

I arbetet har, förutom ovan redovisad data, ytterligare ett antal ansatser gjorts som påverkar slutresultatet. Några av dessa redovisas nedan.

#### Indelning i analysområde

Vid beräkning av olycksfrekvenser har antagits att en olycka ska inträffa inom det studerade området för att påverka detta område. För händelser med stora konsekvensavstånd, t ex olycka med giftig gas, har frekvensfaktorn multiplicerats upp för att ta hänsyn till att det studerade området kan påverkas även av händelser utanför området.

#### Antagen placering av "olyckscentrum"

Vid beräkning av samhälls- och individrisk har olyckan antagits inträffa mitt framför det studerade området om inget annat anges. Syftet med detta är att inte underskatta risken och antalet omkomna vilket skulle kunna vara fallet om olyckscentrum placeras i utkanten av studerat område.

#### Scenarieutveckling

Förutom inledande olycksfrekvenser påverkas resultatet av de scenarieutvecklingar som antagits. Möjliga händelseutvecklingar och sannolikheter för dessa redovisas i Bilaga A och Bilaga B samt har diskuterats under "Konsekvenser" ovan.

## C.1 Diskussion kring skadade personer

I analysen har beräkningar baserats på bedömt antal *omkomna* vid olika olycksscenario. Det finns två huvudanledningar till detta:

- > De kriterier som används är baserade på antal omkomna
- > Tillgängliga beräkningsverktyg för att beräkna individrisk, och samhällsrisk i form av FN-kurvor beräknar antal omkomna.

Fördelarna med detta ligger i tydlighet och möjlighet att jämföra med andra risker i samhället. Nackdelar är att:

- > Samhället är utsatt för både dödsfalls- och skaderisker.
- > Vid vissa olyckor, t.ex. utsläpp av toxisk gas, kan antalet dödsfall vara begränsat, medan antalet skadade människor kan vara stort och betydligt högre än t.ex. vid en brandolycka.

Det skulle därför i princip vara önskvärt att kriterier för värdering av risk tog hänsyn till både skade- och dödsfallsrisker. Några olika metoder för detta har prövats internationellt:

- > Begreppet "motsvarande dödsfall" (användes bl.a. i Groningenkriteriet - ett tidigt Holländskt riskkriterium). Antalet skadade adderas där till antalet dödsfall genom bruk av viktfactorer, t.ex. 0,01 för lätt skadad och 0,1 för permanent skada.
- > Begreppet "farlig dos" som används i Storbritannien (HSE) istället för dödsfall i samband med kriterier för den fysiska planeringen. En "farlig dos" är definierad att orsaka följande effekter:
  - > Stora smärtor hos nästan alla personer.
  - > En stor del av de utsatta behöver läkarvård.
  - > Några personer är allvarligt skadade och behöver förlängd medicinsk vård.
  - > Några mycket känsliga personer kan omkomma.

Detta kräver dock att en "farlig dos" måste definieras för varje ämne.

- > Konsekvenskriterier som används i Australien (NSW kriterier). Dessa definierar skador i form av nivåer för värmestrålning, explosionsövertryck och exponering av toxisk gas. Den individuella skaderisken skall inte vara

större än 10 till 50 gånger dödsfallsrisken, beroende på skadans allvarlighet.

Även om dessa metoder har den fördelen att de tar hänsyn till skadeeffekter så har de också vissa nackdelar:

- > Skada är ett begrepp som inte är lika klart definierat som dödsfall, eftersom skador kan vara olika allvarliga. Därmed måste skadefallskriterier definieras på ett mycket mer detaljerat sätt än dödsfallskriterier, vilka normalt förutsätter att "dödliga doser" finns definierade.
- > Riskanalyser och riskkriterier har utvecklats mot att beakta dödsfallsrisiker och ett skadefallskriterium är därför svårt att jämföra med dessa.

Det bör också påpekas att även om det kan vara önskvärt att beakta skador på ett mer konkret sätt än vad som normalt görs i kvantitativa riskanalyser så finns det en koppling mellan antalet dödsfall och antalet skador, även om denna relation är olika för olika olyckstyper. Genom att kontrollera risk för dödsfall utövas därmed även, om än indirekt, kontroll över risk för skador.

För att *exemplifiera* förhållandet mellan omkomna och skadade ges nedan en kort sammanställning av några inträffade händelser och utredningar. *Man ska observera att händelserna/utredningarna är valda enbart för att ge exempel på förhållande mellan omkomna och skadade och inte för att de anses specifikt relevanta för den aktuella etableringen.*

#### Olycka med brandfarlig vara

Ett antal lastbilsolyckor med brandfarlig vara har inträffat både i Sverige och utomlands. Exempel på händelser i Sverige är Falkenberg 2005 och Kungälv 2012. Vid dessa händelser har lastbilsföraren omkommit medan övriga personer fått inga eller lindriga skador. Dessa händelser inträffade dock inte i tätbebyggt område. Förutsatt att brandspridning till omgivningen förhindras bedöms dock att antalet skadade personer kommer att vara lågt vid denna typ av händelser.

#### Olycka med brandfarlig gas

I Viareggio i Italien inträffade år 2009 en järnvägsolycka där en gasolvagn skadades och gas läckte ut. Gasen spreds bland småhusbebyggelse, antändes och orsakade en explosion med efterföljande brand. Omkring 1 000 personer i området kring stationen evakuerades eftersom det fanns risk att ytterligare tankar skulle rämna på grund av brandpåverkan. Händelsen resulterade i 32 omkomna och 26 skadade personer.

#### Olycka med giftig gas

I februari år 2005 spårade ett godståg med 780 ton klor i tolv vagnar ur i Ledsgård norr om Kungsbacka. Fyra av vagnarna skadades men något läckage uppstod ej. I den utredning som FOI genomförde beräknades skadeutfall vid olika tänkbara scenarier (FOI, 2007). För det fall som betecknades som

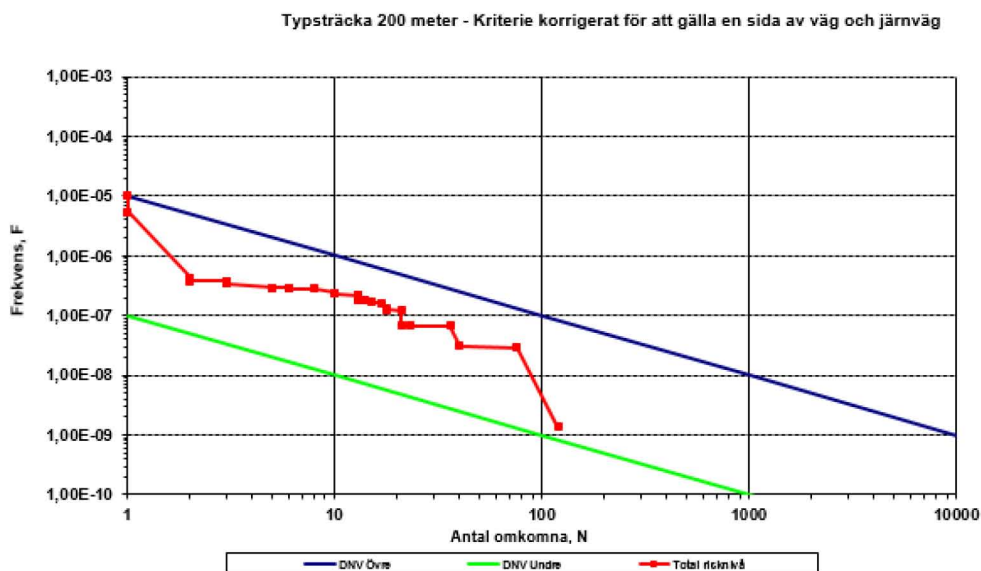


”dimensionerande”, där en järnvägsvagns innehåll (ca 60 ton) antogs läcka ut under en timma bedömdes antalet omkomna, svårt skadade och lätt skadade till 1, 50 respektive 200.

## C.2 Skyddsåtgärder för befintlig bebyggelse

Som visades i kapitel 6 är det huvudsakligen kringliggande bebyggelse som leder till att samhällsriskerna överskrider DNV's övre kriterie. Detta beror huvudsakligen på att inga riskreducerande åtgärder antagits för denna bebyggelse. I figur C.1 nedan redovisas den samlade samhällsriskerna om samma skyddsåtgärder som föreslagits för planerad bebyggelse även hade applicerats på befintlig bebyggelse, dvs:

- > Fasadkrav för ny bebyggelse (som vetter mot E20 inom 0-30 meter från E20): Alla fasader inklusive tak, dörrar och fönster skall utformas med ytskikt i obrännbart material och motsvara lägst brandklass EI30.
- > Ventilationsintag skall placeras högt upp och placeras så långt bort från E20 som är praktiskt genomförbart.



**Figur C.1.** Samhällsriskerna för **befintlig och planerad bebyggelse** i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, **med** hänsyn till riskreducerande åtgärder **för samtlig bebyggelse**.

Baserat på figur C.1 kan man utläsa att om samma skyddsåtgärder som föreslagits för planerad bebyggelse på Smedjan 22 även hade applicerats på befintlig bebyggelse hade alltså samhällsriskerna minskat till en nivå där den ej längre överstiger DNV's övre kriterie utan hamnar inom ALARP-området där rimliga säkerhetshöjande åtgärder skall värderas ur kostnads-nytta synpunkt.