

NOVEMBER 2016

# RISKUTREDNING CELSIUSGATAN



**COWI**



ADRESS COWI AB  
Skärgårdsgatan 1  
Box 12076  
402 41 Göteborg  
Sverige

TEL 010 850 10 00  
FAX 010 850 10 10  
WWW [cowi.se](http://cowi.se)

NOVEMBER 2016

# RISKUTREDNING CELSIUSGATAN

PROJEKTNR. A084821  
DOKUMENTNR A084821-04-02-RAP-001 – Riskutredning Celsiusgatan  
VERSION 1.0  
UTGIVNINGSDATUM 2016-11-11  
UTARBETAD Maria Bergh, Christoffer Käck  
GRANSKAD Christoffer Käck, Viktor Sturegård  
GODKÄND Gert Swenson



## Sammanfattning

Göteborgs stad ska ta fram en detaljplan för ett planområde vid Celsiusgatan och Östra Eriksbergsgatan i Eriksberg. Planförslaget innebär att ca 42500 kvm lägenheter och 2000 kvm lokaler respektive en ny förskola om fyra avdelningar kan byggas i nära anslutning till kollektivtrafik. Planområdet ligger som närmast ca 85 meter sydöst om Hamnbanan och föreslagna nybebyggelse ligger som närmast ca 100 meter sydöst om Hamnbanan.

På grund av närliggande detaljplanområden (pågående plan som ej vunnit laga kraft än) och eventuell tunnelutbyggnad av Hamnbanan bedöms risknivån för två fall, notera att risknivån endast beräknas för fall 1:

- › **Fall 1:** Säterigatan och nya Hamnbanan byggs inte/blir fördröjt/byggs efter Celsiusgatan. Beräkning av risknivån utgår ifrån Hamnbanans nuvarande sträckning. Hänsyn tas till befintlig bebyggelse, ny bebyggelse inom Bratteråsbacken (närliggande planområde som vunnit laga kraft) samt ny bebyggelse inom Celsiusgatan.
- › **Fall 2:** Säterigatan byggs och tågtunneln förlängs i enlighet med planförslaget för Säterigatan. Bedömning av risknivån utgår ifrån Hamnbanans nya sträckning, befintlig bebyggelse, ny bebyggelse inom Bratteråsbacken, ny bebyggelse inom Säterigatan samt ny bebyggelse inom Celsiusgatan. Då Hamnbanans nya sträckning/utformning innebär ett ökat avstånd till studerad detaljplan studeras risknivån för fall 2 kvalitativt.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar individrisken utomhus, utan hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder, på en risknivå där skyddsåtgärder ska bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-100 meter från Hamnbanan. Inomhus hamnar individrisken på samma risknivå 0-50 meter från Hamnbanan. När hänsyn tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder reduceras risknivån inomhus samt utomhus. Detta innebär att endast individrisken utomhus 0-50 meter från Hamnbanan hamnar på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. På större avstånd och inomhus hamnar individrisken på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsrisk (fall 1), utan hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder, inom ALARP-området där skyddsåtgärder skal vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt. Jämfört med kriterier i GÖP så överstiger samhällsrisk både kriteriet för kontor och bostäder för bostäder i GÖP utan hänsyn till skyddsåtgärder, se figur 14. När hänsyn tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder reduceras samhällsrisk och hamnar under kriteriet för såväl kontor som bostäder i GÖP. Även om samhällsrisk reduceras när hänsyn tas till skyddsåtgärder ligger den fortfarande inom ALARP-området jämfört med DNV:s kriterier.

Då avståndet mellan planerad bebyggelse inom detaljplanen för Celsiusgatan och Hamnbanans nya tunnelmynning överstiger 200 meter uppfylls riktlinjerna i både GÖP och Västra Götalands riskpolicy för fall 2. Vidare bedöms ny bebyggelse inom planen för Säterigatan att utgöra ett skydd för bebyggelse inom Celsiusgatan vilket bedöms bidra till en lägre risknivå för fall 2 jämfört med fall 1. Såväl individrisk som samhällsrisk bedöms ligga på en nivå där skyddsåtgärder ej behöver vidtas för fall 2.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar och bedömningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av Hamnbanan möjlig för såväl fall 1 som fall 2, förutsatt att rekommenderade skyddsåtgärder/skyddsavstånd beaktas vid ny bebyggelse. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning som presenteras under kapitel 3. Rekommenderade skyddsåtgärder för fall 1 presenteras nedan:

- › För första radens bebyggelse inom området skall utrymning bort från Hamnbanan vara möjlig.
- › Ventilationsintag skall placeras högt upp och vetta bort från Hamnbanan. Kravet gäller all ny bebyggelse inom 150 meter från Hamnbanan.

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

För fall 2 bedöms inga skyddsåtgärder erforderliga för bebyggelse inom Celsiusgatan då avståndet till den föreslagna nya tunnelmynningen för Hamnbanan överstiger 150 meter samt att risknivån bedöms som låg.

# Innehåll

Sammanfattning	I
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Omfattning - Avgränsning	2
2 Beskrivning av risk och kriterier	3
2.1 Risk	3
2.2 Riskacceptans	4
2.3 Kriterier avseende farligt gods	4
3 Förutsättningar	10
3.1 Beskrivning av området	10
3.2 Närliggande verksamheter	18
4 Trafik och transporter med farligt gods	19
4.1 Hamnbanan	19
5 Faror vid olycka med farligt gods	23
6 Bedömning av risknivå	25
6.1 Fall 1	25
6.2 Fall 2	29
6.3 Diskussion kring resultat	29
6.4 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	30
7 Skyddsåtgärder och slutsats	32
7.1 Skyddsåtgärder	33
8 Referenser	34
Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	37
A.1 Olycka med massexplodivt ämne	39
A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)	40
A.3 Olycka med giftig gas	41
A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin	42
A.5 Olycka med oxiderande ämne	43
A.6 Resultat av beräkningar	44

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser	45
B.1 Konsekvenser för massexplodivt ämne (klass 1.1)	48
B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	52
B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	56
B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	58
B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	61
Bilaga C - Känslighetsanalys	63
C.1 Diskussion kring skadade personer	65
Bilaga D – Underlag för beräkning av personintensitet	68
Bilaga E - Indata farligt gods på Hamnbanan	71



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Göteborgs stad ska ta fram en ny detaljplan för ett planområde vid Celsiusgatan och Östra Eriksbergsgatan i Eriksberg. Planförslaget innebär att ca 42500 kvm lägenheter och 2000 kvm lokaler respektive en ny förskola om fyra avdelningar kan byggas i nära anslutning till kollektivtrafik.

Syftet med detaljplanen är att i nära anslutning till kollektivtrafik möjliggöra ny-, om- och påbyggnation av bostäder, centrum, skola och verksamheter samt att skydda och bevara kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Inom fastigheterna finns befintlig verksamhet och bebyggelse som i stora delar ska vara kvar och därmed ingå i planen. Syftet är också att förstärka och skapa trygga, trevliga och tillgängliga kopplingar mellan befintliga och planerade bebyggelseområden och målpunkter.

I samband med att detaljplanen varit föremål för samråd under första kvartalet 2016 har Länsstyrelsen (Länsstyrelsen Västra Götalands län, 2016) och Trafikverket (Trafikverket, 2016a) yttrat sig rörande riskerna med farligt gods på Hamnbanan. Länsstyrelsens bedömning framgår nedan:

*Eftersom Järnvägsplanen för ny sträckning av Hamnbanan inte vunnit laga kraft behöver kommunen i föreliggande detaljplan förhålla sig till Hamnbanans befintliga sträckning med avseende på riskfrågor. Planområdet ligger nu inom 150 meter från Hamnbanan varför riskerna med farligt gods på Hamnbanan behöver bedömas och beskrivas i planhandlingarna. Till exempel kan det vara aktuellt att överväga ventilationsåtgärder för den tillkommande bebyggelsen.*

## 1.2 Syfte

Uppdraget innebär att genomföra en riskanalys i syfte att klarlägga möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till Hamnbanan som utgör transportled för farligt gods. Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är acceptabla för studerat

planområde. Riskutredningen kommer att vara ett viktigt underlag i diskussionerna angående var och hur man ska placera ny bebyggelse.

Utifrån exponering för risker kopplade till transporter av farligt gods syftar uppdraget till att utreda förutsättningar för etablering och vilka tekniska skyddsåtgärder som behöver vidtagas i detaljplan och byggskede för att kunna tillåta bostäder, skola, förskola och centrumverksamheter i planområdet. I uppdraget ingår att ta ställning till eventuella nödvändiga förändringar av detaljplanen och föreslagen bebyggelse.

Göteborgs stad har gett COWI i uppdrag att utföra en kvantitativ riskanalys med avseende på transporter av farligt gods förbi studerat område på Hamnbanan.

### 1.3 Omfattning - Avgränsning

Riskanalysen omfattar identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som bedöms transporteras förbi området på Hamnbanan. Riskutredningen utfår ifrån två fall, se kapitel 3.1. Fall 1 behandlas kvantitativt och fall 2 kvalitativt. Baserat på detta genomförs sannolikhets- och konsekvensberäkning för olyckor med farligt gods för fall 1. Riskanalysen utmynnar i en värdering av risknivån för de personer som kommer att vistas inomhus och utomhus på området. Riskerna redovisas både som individ- och samhällsrisk (för fall 1).

Riskutredningen är utförd med avseende på den verksamhet som är föreslagen kapitel 3. Annat användningsområde med förändrad personintensitet kan förändra risknivån. De risker som behandlas i utredningen har sitt ursprung i eventuella olyckor som kan inträffa på studerad farligt godsled.

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

## 2 Beskrivning av risk och kriterier

I detta kapitel presenteras bakgrund och begrepp för risk och kriterier för tolerabel risk i samhällsplanering.

### 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 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.

## 2.3 Kriterier 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.

### 2.3.1 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.

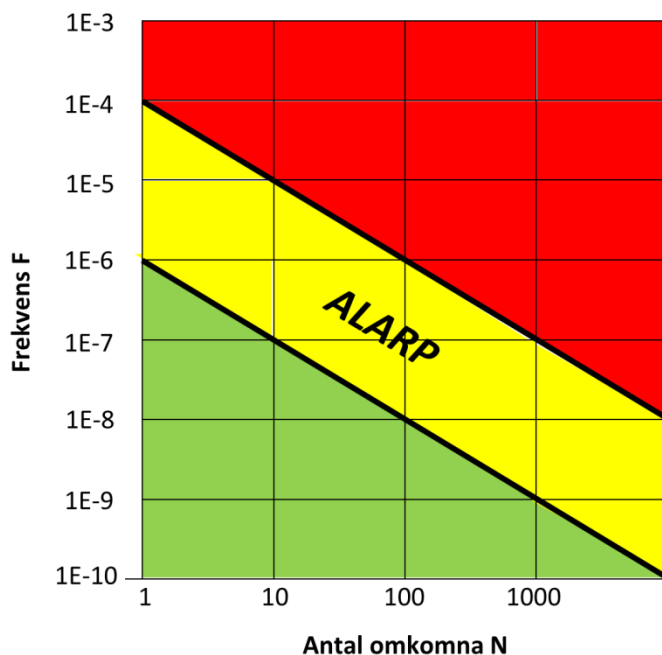
### Samhällsriskkriterier

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisk presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N), se figur 1. 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 1).
- › 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 1).

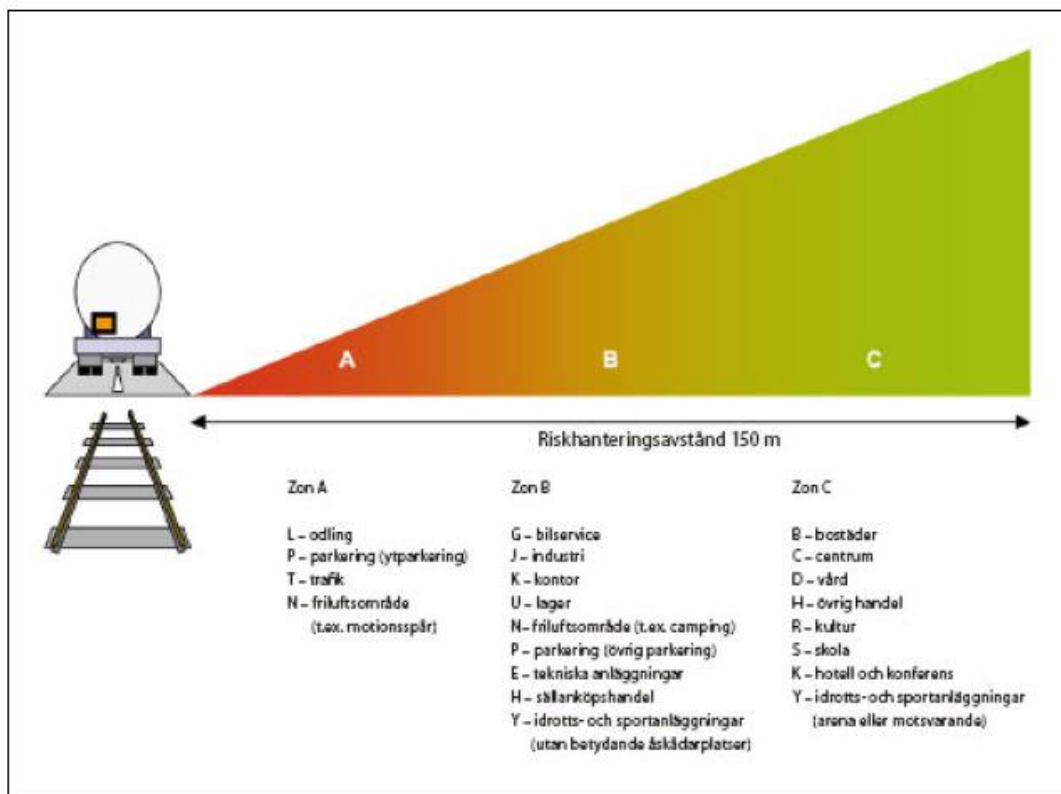
För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i figur 1.



**Figur 1.** 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 meter.

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

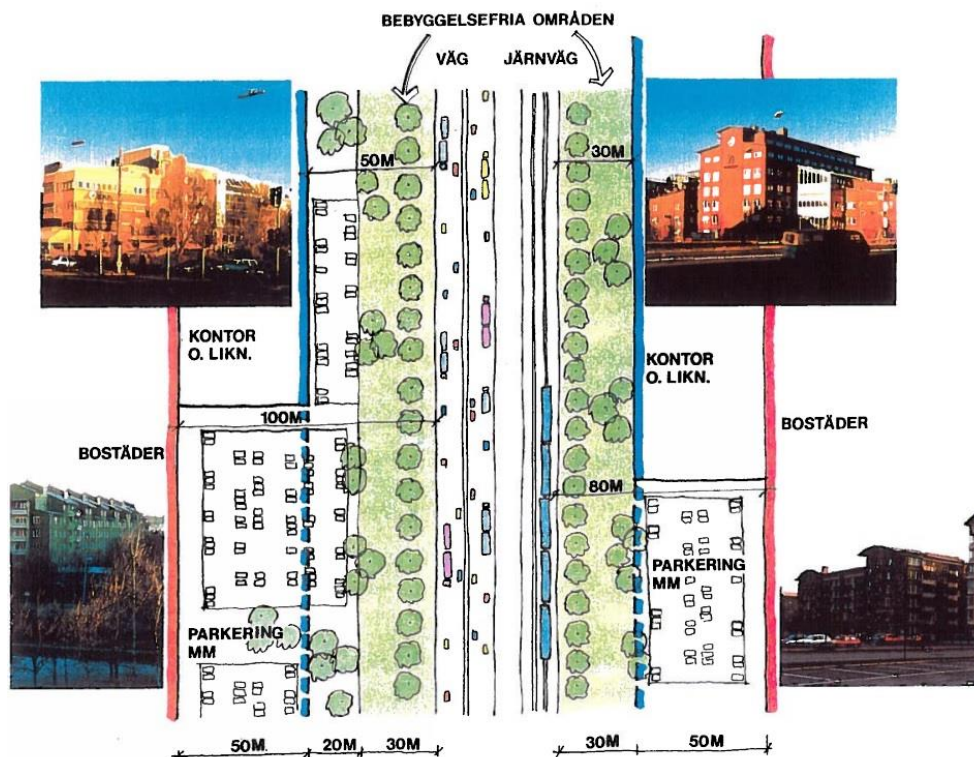
Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden, se figur 2. Området i zon A, som är zonen närmast leden, 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 2.** Zonindelning där zonerna representerar föreslagen markanvändning utmed transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län.

### 2.3.3 Göteborgs översiktsplan

Enligt Göteborgs översiktsplan skall ett bebyggelsefritt område upprättas 30 meter på ömse sidor av leder med farligt gods. Det bebyggelsefria området kan exempelvis användas för ytparkering. Enligt samma översiktsplan kan kontor och liknande verksamheter placeras på avstånd längre än 30 meter ifrån järnväg med farligt gods. Enligt översiktsplanen skall bostäder placeras 80 meter ifrån järnväg med farligt gods. Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med Göteborgs översiktsplan redovisas i figur 3. Notera att dessa avstånd anger avstånd mätt från banvall.

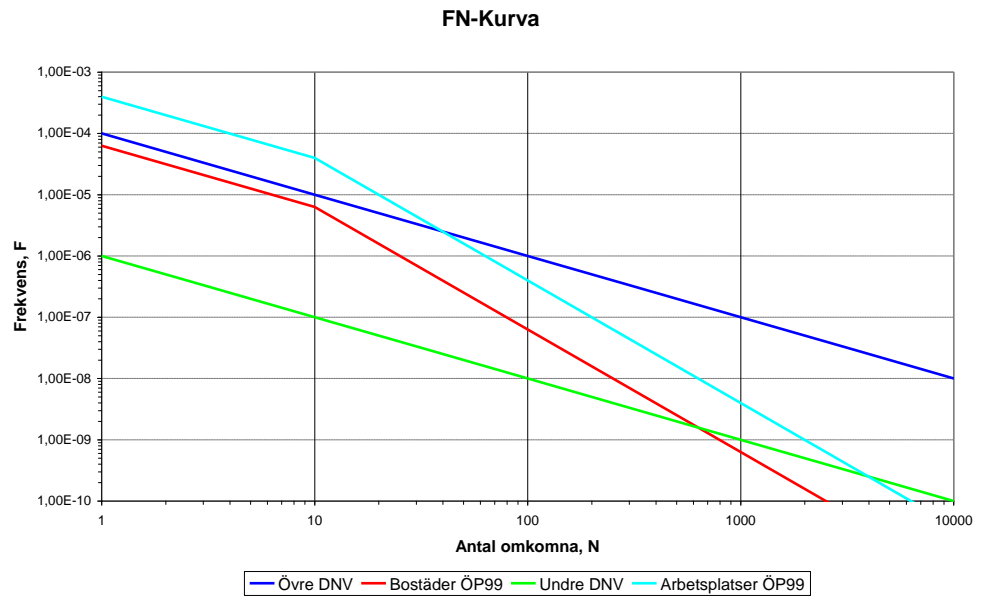


**Figur 3.** Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med Göteborgs översiktsplan. (GÖP, 1999)

I Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods finns även förslag på kriterier för samhällsrisk för bostäder och arbetsplatser. I figur 4 presenteras ett FN-diagram med DNV:s kriterier samt kriterier för arbetsplatser och bostäder som tillämpas i Göteborg och kommer ifrån Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods.

DNV's förslag (grön och blå linje i figur 4) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör värderas. Kriterier enligt Göteborgs översiktsplan presenteras som röd linje (kriteriet för bostäder) och turkos linje (kriteriet för arbetsplatser). Ursprungligen gäller DNV:s kriterier ett område på 1 km (båda sidor av leden) medan Göteborgs kriterier baseras på ett typområde på 2 km (båda sidor av leden).





**Figur 4.** FN-kurva med föreslagna riskkriterier enligt Göteborgs översiktsplan och DNV. DNV's förslag (grön och blå linje) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör diskuteras. Från Göteborg översiktsplan fördjupad för farligt gods kommer de andra två kriterierna som beskriver kriterier för arbetsplatser och bostäder (röd och turkos linje). I figuren har kriterierna anpassats till en sträcka på 2000 meter.

## 3 Förutsättningar

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

### 3.1 Beskrivning av området

Planområdet vid Celsiusgatan är avsatt som bebyggelseområde med grön- och rekreationsytor i Göteborgs översiktsplan (GÖP, 2009). Merparten av området är i dagsläget inte planlagt men bebyggt med Eriksbergskontoret och Donnergymnasiet som innehåller utbildningslokaler, gym och bowlinghall. Övrig mark inom aktuellt område är idag utformad med gatumark, parkeringsplatser samt gång- och cykelväg.

Väster om det studerade planområdet ligger ett angränsande planområde, Bratteråsbacken. Detaljplanen för Bratteråsbacken har vunnit laga kraft och flerbostadshus är under uppbyggnad. För Bratteråsbacken har följande skyddsåtgärder rekommenderats i tidigare riskutredning för Bratteråsbacken (ÅF, 2008):

- › Befintlig vall<sup>1</sup> vid Hamnbanan skall förstärkas så att totalhöjden ökar till minst 10 meter.
- › Vegetation i form av träd och buskage mellan vall och bebyggelse skall upprättas.
- › Fasad i skall utföras i obrännbart material.
- › Luftintag skall placeras så att de vetter bort från Hamnbanan.
- › Utrymning skall vara möjlig bort från Hamnbanan.

---

<sup>1</sup> I riskutredning för Bratteråsbacken har den riskreducerande effekten av föreslagen vall inte kvantifierats. Vallen bedöms vara jämförbar med den vall som föreslås i riskutredning för Karlavagnsplatsen, där den riskreducerande effekten av föreslagen vall kvantifierats (WSP, 2015).

Nordväst om det studerade planområdet ligger ett angränsande planområde, Säterigatan. Detaljplanen för ny bebyggelse vid Säterigatan skulle innebära bebyggelse av flerbostadshus, verksamheter och förskola. Denna detaljplan har ännu inte vunnit laga kraft och eventuell bebyggelse kommer ej kunna färdigställas förrän Hamnbanans tunnelutbyggnad inom området är klar (enligt liggande planförslag). Tunnelutbyggnaden av Hamnbanan beskrivs närmare i kapitel 4.1.1. På grund av närliggande detaljplanområden och tunnelutbyggnad av Hamnbanan beräknas och presenteras risknivån för två fall:

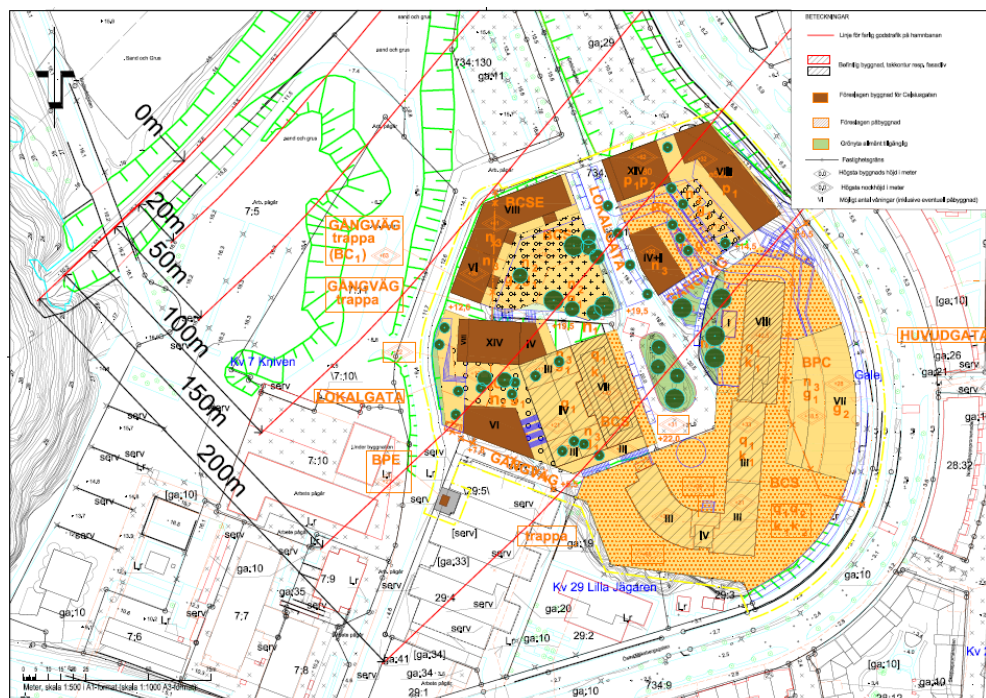
- › **Fall 1:** Säterigatan byggs inte/blir fördröjt/byggs efter planerad bebyggelse inom planområdet Celsiusgatan. Beräkning av risknivån utgår ifrån Hamnbanans nuvarande sträckning. Hänsyn tas till befintlig bebyggelse, ny bebyggelse inom Bratteråsbacken (närliggande planområde som vunnit laga kraft) samt ny bebyggelse inom Celsiusgatan.
- › **Fall 2:** Säterigatan byggs och tågtunneln förlängs i enlighet med planförslaget för Säterigatan (SWECO, 2015). Bedömning av risknivån utgår ifrån Hamnbanans nya sträckning, befintlig bebyggelse, ny bebyggelse inom Bratteråsbacken, ny bebyggelse inom Säterigatan samt ny bebyggelse inom Celsiusgatan. Då Hamnbanans nya sträckning/utförning innebär ett ökat avstånd till studerad detaljplan studeras risknivån för fall 2 kvalitativt.

### 3.1.1 Fall 1

Detaljplanen för Celsiusgatan ligger som närmast ca 85 meter sydöst om Hamnbanan som löper parallellt förbi området i en nedsänkt invallning från Celsiusgatan till Bratteråsgatan, se figur 5, därefter löper Hamnbanan i en tunnel genom Bratteråsberget. Ny bebyggelse inom studerat planområde föreslås som närmast ca 100 meter sydöst om Hamnbanan, se figur 6. Det studerade området sträcker sig 0-200 meter från järnvägen och löper längs järnvägen en sträcka om 250 meter där detaljplanen för Celsiusgatan är centrerad längs denna sträckan.



**Figur 5.** Invallning av Hamnbanan. Sett från Bratteråsgatan i riktning mot planområdet (Google Maps, 2016)



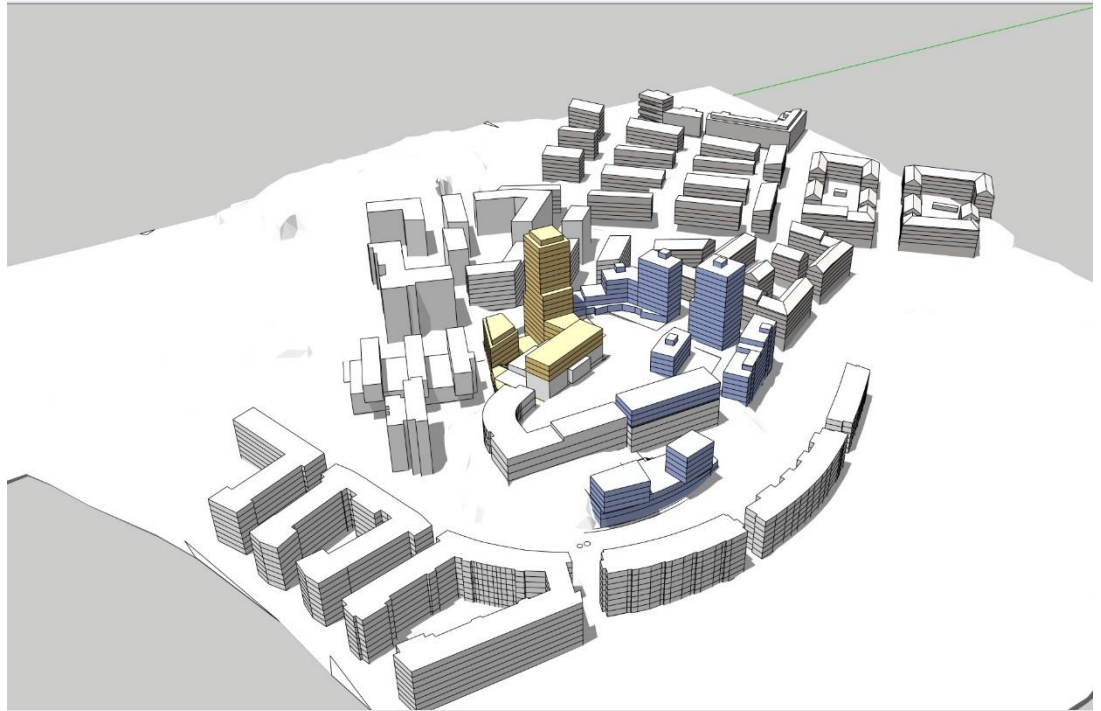
**Figur 6.** Fall 1, avstånd mätt från Hamnbanan. Notera att avstånden är ungefärliga och att placering och omfattning av ny bebyggelse avviker något från det senaste förslaget (se figur 7 för aktuellt placering och omfattning). Notera även att det studerade området inkluderar detaljplanen för Celsiusgatan och närliggande områden.



Detaljplanen för Celsiusgatan medger ny-, om- och påbyggnation av bostäder och verksamheter samt att bevara och skydda kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Byggnadshöjden inom aktuellt område varierar mellan 1 till 23 våningar (hus A i figur 7). En 3D vy presenteras i figur 8. Bostadsbebyggelsen kommer utgöras av flerbostadshus där verksamhetslokaler och handel kommer inhysas i markplan i viss bebyggelse. Tillhörande garage kommer att upprättas i byggnaderna, ofta under marknivå. En ny förskola med fyra avdelningar planeras i planområdets nordvästra del. Övrig mark inom aktuellt område kommer utformas med gatumark, grönytor samt gång- och cykelväg.



**Figur 7.** Illustrationsplan för Celsiusgatan.



**Figur 8.** 3D vy av planerad bebyggelse (Stadsbyggnadskontoret, 2016) .

Området runtom studerat planområde består i huvudsak utav flerbostadshus och mindre affärslokaler. Nordöst om aktuellt område ligger Snickeriets gamla lokaler som nu omvandlats till lager, butik och kontor. Direkt väster om studerat planområde ligger ett parkeringshus och intill Bratteråsberget ligger Juvelkvarnens gamla lokaler som nu byggts om till bostäder. Övrig mark inom aktuellt område är idag utformad med gatumark, parkeringsplatser samt gång- och cykelväg.

### 3.1.2 Fall 2

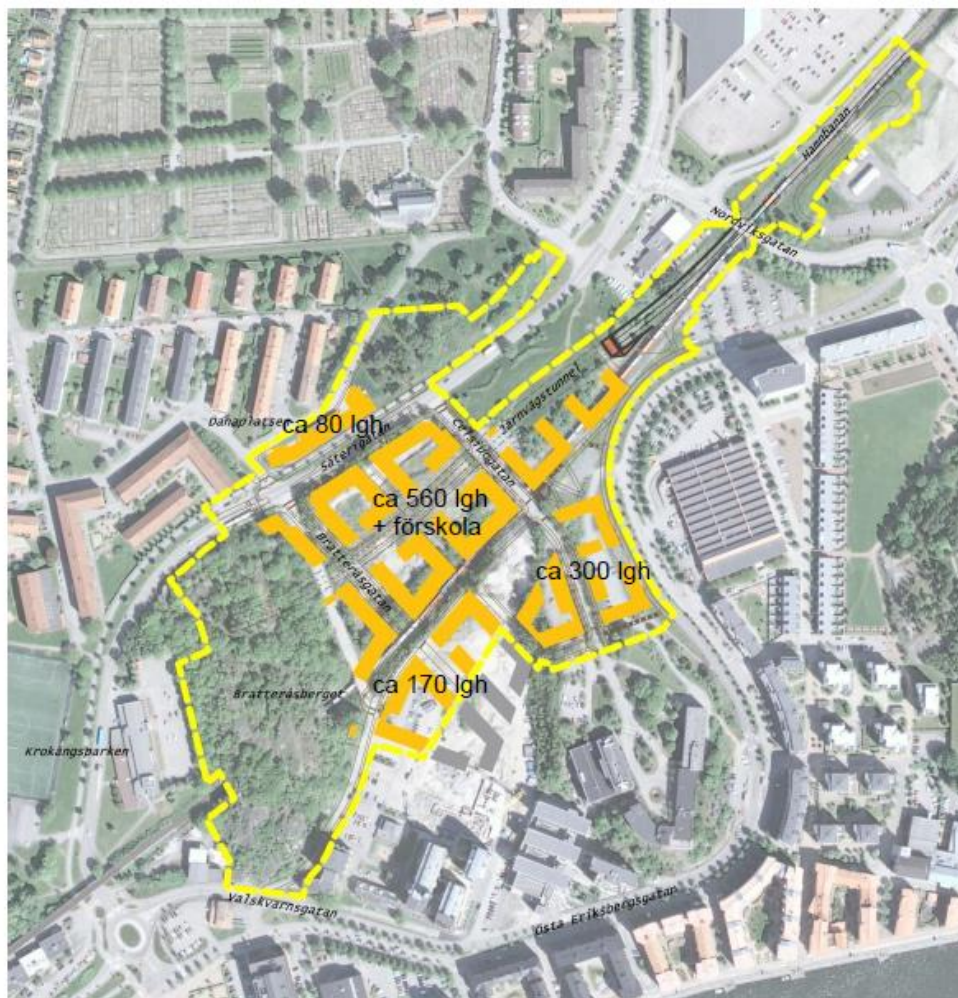
Detaljplanen för Celsiusgatan ligger som närmast ca 215 meter söder om Hamnbanans nya tunnelmynning. Hamnbanan löper förbi området i en betongtunnel och därefter i en bergtunnel genom Bratteråsberget. Ny bebyggelse inom studerat planområde föreslås som närmast över 215 meter söder om Hamnbanans nya tunnelmynning, se figur 9.



**Figur 9.** Fall 2, avstånd mätt från Hamnbanan. Notera att avstånden är ungefärliga och att placering och omfattning av ny bebyggelse avviker något från det senaste förslaget (se figur 7 för aktuell placering och omfattning).

I fall 2 planeras samma bebyggelse som i fall 1 samt ny bebyggelse inom planen för Säterigatan. Denna plan medger bebyggelse av bostäder, verksamhetsyta, förskola och parkområden, se figur 10. Detaljplanen för Säterigatan möjliggörs utav en omdragning av Hamnbanan i tunnel vilket beskrivs i kapitel 4. En riskutredning för Säterigatan har genomförts (Sweco, 2015).





**Figur 10.** Säterigatans avgränsningar samt illustration av planförslaget (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2015b).

### 3.1.3 Sammanställning av personintensitet

Personintensiteten för planerad bebyggelse bedöms utifrån de beskrivningar och figurer som presenteras i kapitel 3 samt de ytberäkningar som presenteras i Bilaga D. Vid uppskattning av personintensitet har angivet användningsområde använts som användningsområden för hela byggnaden även om en del av byggnaden kan förväntas inrymma mindre personintensiva delar, exempelvis förråd. Detta har antagits för att göra en medvetet konservativ bedömning som inte låser exploitören i sitt utförande. Notera att ny parkering inom det studerade området inte antas generera fler människor då personerna som nyttjar parkeringen antas vara på väg till/från den nya bebyggelsen.

#### **Användningsområde:** Bostäder

- › Den totala ytan för bostäder har antagits är ca 62 300 m<sup>2</sup> varav ca 42 500 m<sup>2</sup> utgörs av detaljplanen för Celsiusgatan (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2015a och uppdaterade ytberäkningar enligt Bilaga D), resten inom området Bratteråsbacken samt befintliga bostäder i området.



- › Det har antagits att personintensiteten för bostäder i området är 0,04 personer/m<sup>2</sup>. Vidare har det antagits att 30 % av personerna är hemma dagtid (kl. 08-18) och att 95 % av dessa vistas inomhus och att resterande 5 % vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl. 18-08) antas 90 % av personerna vara hemma. Av dessa antas 99,5 % vistas inomhus och 0,5 % vistas utomhus.

#### **Användningsområde:** Handel och kontor

- › Den totala ytan för kontor och handel är ca 4 500 m<sup>2</sup> varav ca 2 000 m<sup>2</sup> utgörs av detaljplanen för Celsiusgatan (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2015a och uppdaterade ytberäkningar enligt Bilaga D), resten inom området Bratteråsbacken.
- › Det har antagits att kontor och handel är bemannat med 0,04 personer/m<sup>2</sup> (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011). Vidare antas att kontor och handel är bemannade mellan kl. 08-18 med en beläggningsgrad på 100 % och att 80 % vistas inomhus och att resterande 20 % vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl. 18-08) antas beläggningen vara 0 %.

#### **Användningsområde:** Skolverksamheter

- › Förskolan ligger 100-150 meter från Hamnbanan och antas inhysa 80 personer. Donnergymnasiet ligger 150-200 meter från Hamnbanan och antas inhysa 610 personer vilket är en konservativ uppräkningsgrad av elevdata från Skolverket (Skolverket, 2016). Vidare har det antagits att hela byggnaden som inhyser Donnergymnasiet utgörs av gymnasieverksamhet vilket anses vara ett konservativt antagande.
- › Det har antagits att beläggningen är 80 % dagtid (kl. 08-18) och 90 % av dessa vistas inomhus och att resterande 10 % vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl. 18-08) antas beläggningen vara 0 %.

#### **Användningsområde:** Befintligt P-hus

- › Den totala ytan är ca 7 200 m<sup>2</sup>, varav ca 3 600 m<sup>2</sup> ligger inom studerat område (ej inom detaljplanen för Celsiusgatan) i intervallet 150-200 meter från Hamnbanan.
- › För att beräkna antalet parkeringar antas 25 m<sup>2</sup>/parkering.
- › Det har antagits i snitt 1 person per bil och att varje person spenderar totalt 10 minuter på parkeringen per dygn. Utnyttjandegraden har antagits vara 90 % dygnet runt.

I tabell 1 redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd ifrån Hamnbanan för fall 1. Dessa värden bedöms vara konservativa och ligger till grund för beräkningarna avseende risknivån.

**Tabell 1.** Personantal som används vid beräkningar (fall 1), avstånd räknat från Hamnbanan.

Avstånd vägen (meter)	Population Låg		Population Hög	
	Tid	08-18	Tid	18-08
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	0	0	0	0
50-100	21	164	2	319
100-150	30	415	5	1016
150-200	71	705	2	421

För fall 2 har personintensiteten inte undersökts närmare, detta pga. att avståndet mellan studerat planområde och Hamnbanans tunnelmynning skulle överstiga 200 meter vilket överstiger riktvärden i GÖP (1999) och Riskpolicy från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län.

### 3.2 Närliggande verksamheter

Ingen verksamhet 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 RID-klasser<sup>2</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 Hamnbanan

Hamnbanan är en av Sveriges viktigaste järnvägsänkar och har till uppgift att göra det möjligt för godstrafiken, från hela Norden, att nå hamnområdena i Göteborg. Hamnbanan är nästan 10 km lång och belägen på Hisingen. Hamnbanan är idag enkelspårig men en utbyggnad till dubbelspårig bana planeras för tillfället. (Trafikverket, 2013) Högsta tillåtna hastighet (STH) för Hamnbanan förbi Kvillebangården kommer efter utbyggnation att vara 70 km/h. (Trafikverket, 2012)

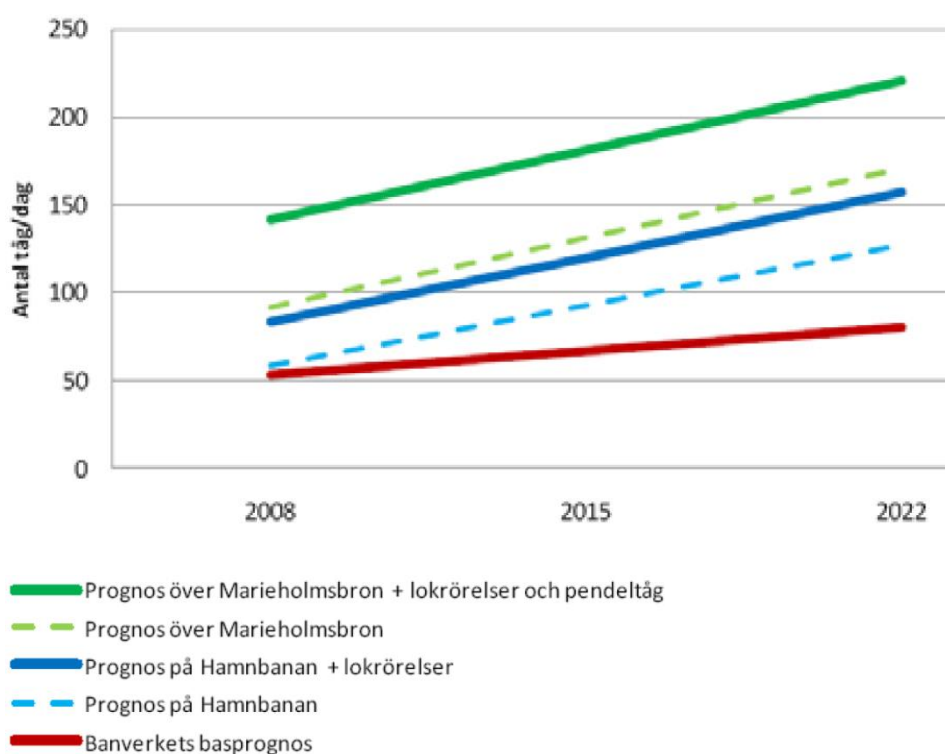
Utbyggnad till dubbelspårig bana möjliggör en kapacitetshöjning i storleksordningen från ca 50 transporter per dygn (18 250 transporter/år) upp till ca 125 (45 625 transporter/år) transporter per dygn fram till 2022, se figur 11. Hur stor andel av ökningen som motsvaras av transporter av farligt gods är okänt (Räddningstjänsten, 2011). Enligt Räddningstjänsten (2011) kan tydliga

---

<sup>2</sup> RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

högtrafikstider för Hamnbanan förväntas vara mellan kl. 04.00 och 09.00 och mellan 15.00 och 20.00.

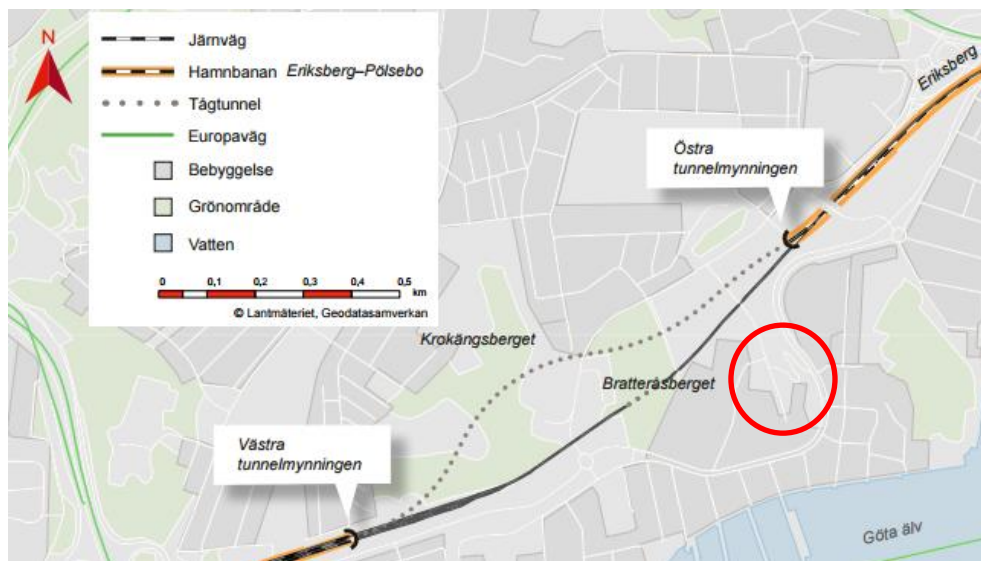
Hamnbanan är idag signalreglerad och fjärrstyrd och ingår i Göteborgs närställverksområde och styrs från trafikledningscentralen i Göteborg. (Banverket, 2006a) På Kvillebangården är idag 4 sidospår signalreglerade, läs mer i kapitel 4.3. (Banverket, 2006b) Alla anslutningar från Hamnbanan till bangårdar och industrispår är signalreglerade och på de områden som inte är signalreglerade ansvarar växlingspersonalen för säkerheten. Hamnbanan är dimensionerad för en största tillåten axellast (STAX) på 25 ton och lastprofil C. Automatiskt säkerhetssystem (ATC) finns på sträckan mellan Marieholmsbron och Kvillebangården. (Banverket, 2006a)



**Figur 11.** Kapacitetshöjning på Hamnbanan, se streckad ljusblå linje. (Räddningstjänsten, 2011)

#### 4.1.1 Ny tunnelsträckning av Hamnbanan

Hamnbanan är i dagsläget enkelspårig, men för att klara av ett ökat kapacitetsbehov behöver banan byggas ut till dubbelspår. I samband med denna utbyggnad beslutade Trafikverket 2012 att det nya dubbelspåret mellan Eriksberg och Pölsebo ska gå i tunnel. Detta innebär att Hamnbanan kommer att dras om efter Nordviksbron och därefter löpa i tunnel förbi planområdet vid Celsiusgatan, se figur 12. (Trafikverket, 2016b) Delsträckan mellan Pölsebo och Eriksberg håller i skrivande stund på att detaljprojekteras och har ännu inte vunnit laga kraft. Byggstarten för den nya tunnelsträckningen är planerad till 2019, och spåret förväntas öppna för trafik 2022 (Trafikverket, 2016b) förutsatt att förslaget vinner laga kraft.



**Figur 12.** Beskrivning av Hamnbanans nuvarande och föreslagna tunnelsträckning intill studerat planområde, markerat inom röd ring (Trafikverket, 2016c).

#### 4.1.2 Farligt gods på Hamnbanan

Det finns inga restriktioner gällande vilka ämnesklasser av farligt gods som får transporteras på Hamnbanan. Vidare finns det inga restriktioner gällande när på dygnet som transport av farligt gods får ske.

För denna analys baseras beräkningar på uppgifter från Trafikverket gällande farligt godstransporter år 2012 på Hamnbanan. (Trafikverket, 2013b) Dessa uppgifter redovisas inte i denna rapport utan i en konfidentiell bilaga, se tabell E.1 i bilaga E. Antal vagnar med farligt gods på Hamnbanan år 1999 och 2009, vilka redovisas i tabell 2, ger dock en indikation på vilka mängder av farligt gods som transporteras på Hamnbanan idag.

**Tabell 2.** Antal vagnar med farligt gods på Hamnbanan 1999 och 2009. (SSPA, 2002) (COWI, 2011)

Farligt godsklass	Antal vagnar/år 1999	Antal vagnar/år 2009
1.1 Masseexplosiva ämnen	11*	2
2.1 Brandfarliga gaser	2229	**
2.3 Giftiga gaser	557	3470**
3 Brandfarliga vätskor	6798	15708
4. Brandfarliga ämnen	223	21
5 Oxiderande ämnen	780	1602
6. Giftiga/smittsamma ämnen	2229	12
7. Radioaktiva ämnen	***	0
8. Frätande ämnen	334	341

\* Antal vagnar explosiva varor var 111, bedömningen har gjorts att 10 % av dessa var masseexplosiva ämnen.

\*\* Gaser har angetts som en totalsumma och inte fördelat på brandfarliga respektive giftiga gaser.

\*\*\* Uppgift saknas.

Vid en jämförelse av värdena i tabell 2 och de uppgifter som erhållits från Trafikverket (2013b) kan det konstateras att produkter av:

- › klass 1.1, 2.1 och 2.3 idag transporteras i ungefär samma omfattning som år 1999,
- › klass 3 och 7 idag transporteras i ungefär samma omfattning som år 2009,
- › klass 4 och 6 idag transporteras i en större omfattning än 2009 men i en lägre omfattning än 1999,
- › klass 5 och klass 8 idag har ökat jämfört med 1999 och 2009.

Uppgifterna i tabell 2 redovisar att antalet transporterade vagnar med farligt gods kan variera över åren. 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) har dock inga nämnvärda förändringar skett från 2006 till 2011 då mängden transporterat gods minskade under lågkonjunkturen (2009-2010) och inte riktigt har 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 20 % högre transportvärden jämfört mot dagens värden, detta för att representera ett framtidsscenario år 2035. Denna uppräkningsbedömning bedöms vara konservativ.

Följande antagande har gjorts för att räkna fram antal transporterade vagnar inom varje RID-klass:

- › 10 % av klass 1 produkterna (explosiva ämnen) utgör massexplosiva ämnen

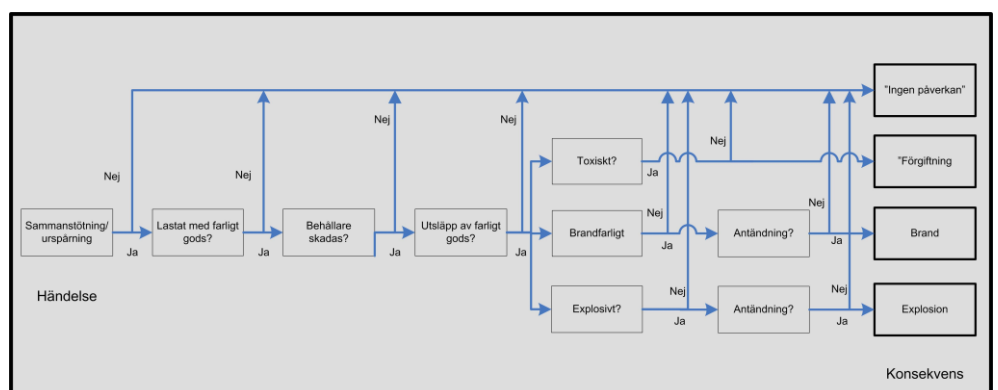
## 5 Faror vid olycka med farligt gods

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 urspärning. 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 13.



**Figur 13.** Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I tabell 5 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 5. 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 – 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

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

### 6.1 Fall 1

#### 6.1.1 Individrisk för studerat område

I tabell 6 och tabell 7 redovisas individrisken med avseende på Hamnbanan, baserat på identifierade olyckshändelser. I tabellerna redovisas individrisken utan respektive med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder. I figur 14 jämförs individrisken för platsen med andra risker som finns i samhället.

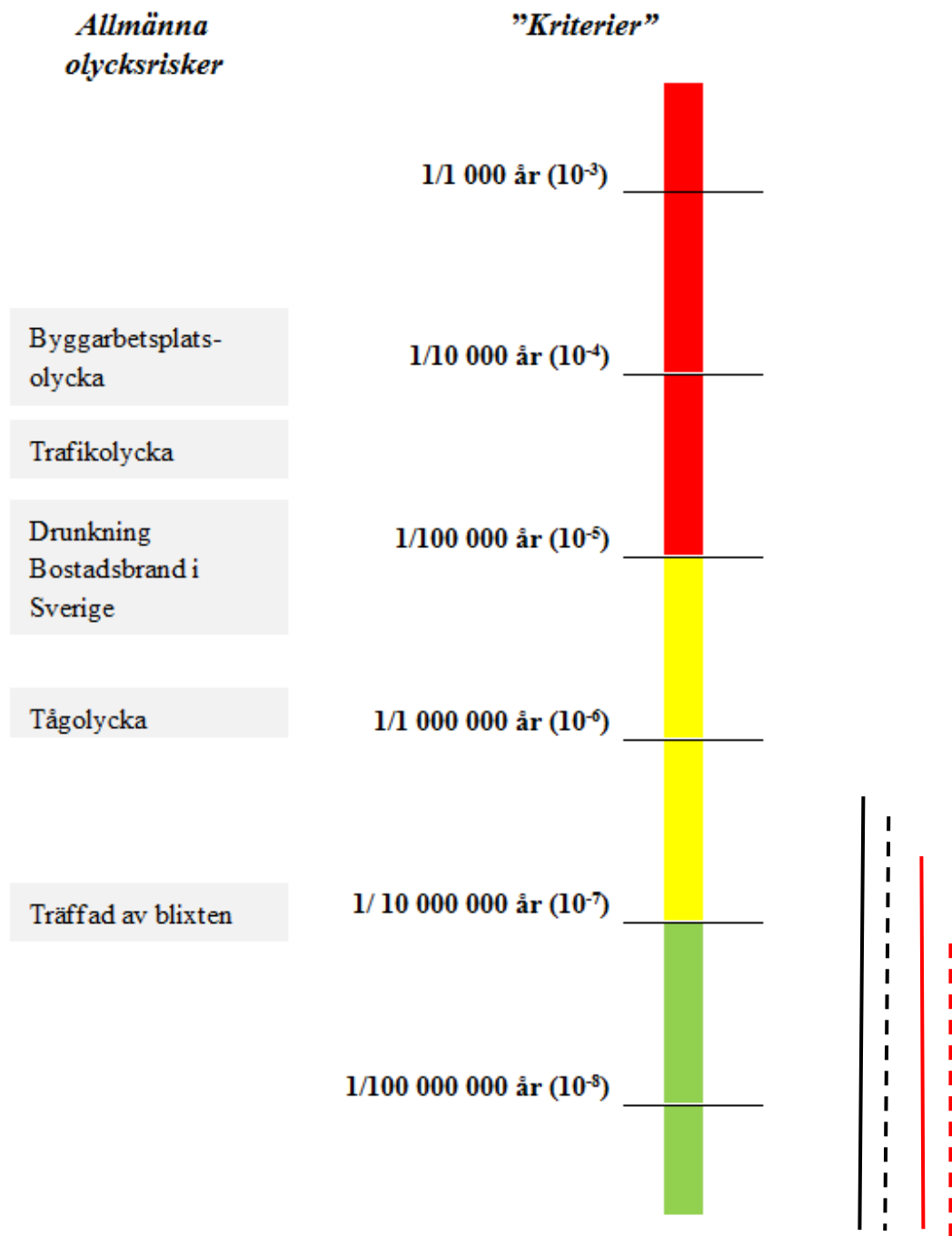
Röda siffror i tabellerna indikerar, enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit, att risknivån ligger inom det område där risknivån är oacceptabel och att skyddsåtgärder skall införas för att minska risknivån. Gula siffror i tabellerna indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder 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 6.** Fall 1, individrisk längs med studerad sträcka med avseende på Hamnbanan utan hänsyn till skyddsåtgärder. Avståndsintervallen avser avstånd från närmsta spår.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-25	6,73E-07	4,68E-07
25-50	2,68E-07	1,27E-07
50-100	1,14E-07	3,82E-08
100-150	2,24E-08	<1E-10
150-200	7,88E-09	<1E-10

**Tabell 7.** Fall 1, individrisk längs med studerad sträcka med avseende på Hamnbanan när hänsyn tagits till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder. Avståndsintervallen avser avstånd från närmsta spår.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-25	6,44E-07	9,50E-08
25-50	1,01E-07	1,35E-08
50-100	5,88E-08	5,87E-09
100-150	2,54E-08	<1E-10
150-200	7,88E-09	<1E-10

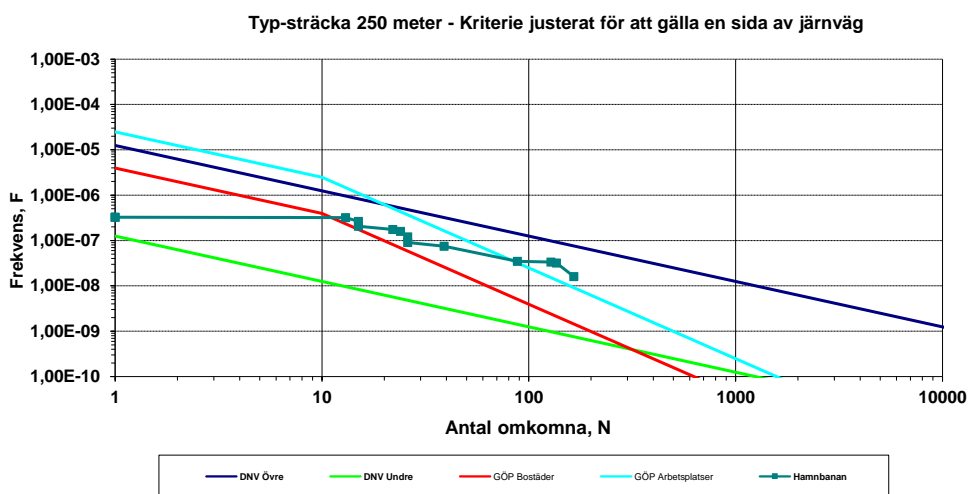


**Figur 14.** Individrisknivå för några andra risker samt DNV:s individriskkriterier. Svart linje=Individrisk utomhus, röd linje=Individrisk inomhus. Heldragen linje= ingen hänsyn till rekommenderade/införda skyddsåtgärder. Streckad linje=hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder. Rött område indikerar 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.

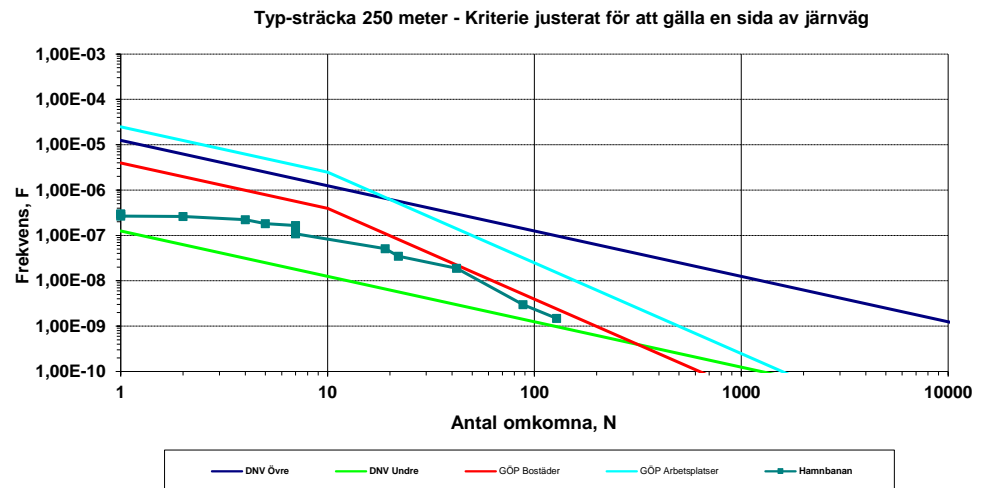
### 6.1.2 Samhällsrisk för aktuellt område

I detta kapitel presenteras FN-kurvor (samhällsrisken) för det studerade området efter att planerad verksamhet tillkommit. Samhällsrisken presenteras med respektive utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder tillsammans med DNV:s och GÖP:s kriterier. Ursprungligen gäller DNV:s kriterier ett område på 1 km och GÖP:s kriterier ett område på 2 km (båda sidor av vägen/järnvägen). Vid beräkning har dessa kriterier justerats så att de gäller ett område på 250 meter vilket motsvarar dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,125 och kriterier från GÖP har multiplicerats med 0,0625. Beräkningarna av samhällsrisk redovisas i bilaga A.

I figur 15 presenteras samhällsrisken, för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse inom studerat område (fall 1), utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen inom området. I figur 16 presenteras samhällsrisken (fall 1) med hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder (se kapitel 7.1 för rekommenderade skyddsåtgärder och kapitel 3.1 för befintliga skyddsåtgärder för bebyggelse inom Bratteråsbacken). Vid beräkning av samhällsrisken framkommer att det i huvudsak är bebyggelsen vid planområdet Bratteråsbacken som bidrar till att gränsvärdet för bostäder i GÖP överskrids (utan hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder).



**Figur 15.** Samhällsrisk map transporter av farligt gods på Hamnbanan, utan hänsyn till skyddsåtgärder för det studerade området (punktad mörkröd linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.



**Figur 16.** Samhällsrisk map transporter av farligt gods på Hamnbanan, med hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder, för det studerade området (punktad mörkröd linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.

## 6.2 Fall 2

Ny bebyggelse inom planen för Säterigatan kan förväntas utgöra ett skydd för bebyggelse inom Celsiusgatan vilket bedöms bidra till en lägre risknivå. Ny tunnelsträckning av Hamnbanan innebär att planerad bebyggelse inom Celsiusgatan hamnar på ett avstånd >200 meter från tunnelmynningen. Såväl individrisk som samhällsrisk minskar när avståndet till Hamnbanan ökar.

Individrisken 150-200 meter från Hamnbanan beräknades för fall 1 till  $7,88 \cdot 10^{-9}$  (utomhus) och  $<1 \cdot 10^{-10}$  (inomhus). Då planerad bebyggelse är belägen på större avstånd är 200 meter bedöms individrisken inom detaljplanen för Celsiusgatan vara lägre än  $7,88 \cdot 10^{-9}$  (utomhus) och  $<1 \cdot 10^{-10}$  (inomhus) och således ligga på en nivå där skyddsåtgärder ej behöver vidtas.

Utifrån bedömd individrisk, tidigare beräkningar av samhällsrisk (i andra riskanalyser) samt rådande riktlinjer bedöms även samhällsrisken ligga på en nivå där skyddsåtgärder ej behöver vidtas.

## 6.3 Diskussion kring resultat

### 6.3.1 Fall 1

Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån vägen. På ett avstånd av 0-100 meter från Hamnbanan ligger individrisken utomhus på en nivå där skyddsåtgärder ska vidtagas ifall det är kostnadsfälligt rimligt. Inomhus ligger individrisken på samma risknivå på ett avstånd av 0-50 meter från Hamnbanan. På större avstånd än dessa ligger individrisken inomhus och utomhus på en risknivå som anses som låg

och skyddsåtgärder anses ej nödvändiga. Det bör noteras att inga byggnader inom detaljplanen för Celsiusgatan planeras inom 100 meter från Hamnbanan.

Om hänsyn tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder är det enbart på ett avstånd av 0-50 meter från Hamnbanan som individrisken utomhus ligger på en risknivå där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt. I övrigt ligger individrisken på en risknivå som anses som låg och skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.

Utan hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder hamnar den samlade samhällsriskerna inom ALARP-området vilket är det område där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt vid jämförelse med DNV:s kriterier. Den samlade samhällsriskerna hamnar även ovanför riskkriteriet för bostäder och kontor i GÖP.

När hänsyn tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder minskar den samlade samhällsriskerna men den hamnar fortfarande inom ALARP-området vid jämförelse med DNV:s kriterier. Vid en jämförelse med kriterierna i GÖP hamnar risknivån nu under kriteriet för såväl kontor som bostäder.

### 6.3.2 Fall 2

Då avståndet mellan planerad bebyggelse inom detaljplanen för Celsiusgatan och Hamnbanans nya tunnelmynning överstiger 200 meter uppfylls riktlinjerna i både GÖP och Västra Götalands riskpolicy. Vidare bedöms ny bebyggelse inom planen för Säterigatan att utgöra ett skydd för bebyggelse inom Celsiusgatan vilket bedöms bidra till en lägre risknivå. Såväl individrisken som samhällsriskerna bedöms ligga på en nivå där skyddsåtgärder ej behöver vidtas.

## 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.

För en djupare diskussion angående osäkerheter, se Bilaga C.

## 7 Skyddsåtgärder och slutsats

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 de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att området inom 30 meter från vägkant skall utgöras av ett bebyggelsefritt område. Syftet med ett bebyggelsefritt område (0-30 meter) är att:

- › Förhindra att ett avåkande fordon kommer i konflikt med byggnader. Detta för att undvika förvärrad situation genom skada på farligt godsbehållare och/eller byggnad.
- › Möjliggöra räddningsinsatser.
- › Begränsa antalet personer som påverkas av en eventuell olycka.

Avståndet utgör dessutom en reduktion av buller och möjliggör för eventuella kompletteringar av riskreducerande åtgärder vid förändrad risksituation.

Enligt samma riktlinjer anges att kontor och bostäder ska placeras på större avstånd än 30 meter respektive 80 meter från transportled för farligt gods (järnväg). Ny bostads- och kontorsbebyggelse följer dessa riktlinjer då ny bebyggelse inom planen för Celsiusgatan planeras som närmast ca 100 meter från Hamnbanan.

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 att bostäder och skola bör förläggas i zon C där zon A är zonen närmast järnvägen (se figur 2). I dessa riktlinjer anges inga specifika avstånd, utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. planerad bebyggelse bedöms följa dessa riktlinjer då den som närmast planeras 100 meter från Hamnbanan.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar individrisken utomhus, utan hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder, på en risknivå där skyddsåtgärder ska bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-100 meter från Hamnbanan. Inomhus hamnar individrisken på samma risknivå 0-50 meter från Hamnbanan. När hänsyn



tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder reduceras risknivån inomhus samt utomhus. Detta innebär att endast individrisken utomhus 0-50 meter från Hamnbanan hamnar på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. På större avstånd och inomhus hamnar individrisken på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsrisk (fall 1), utan hänsyn till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder, inom ALARP-området där skyddsåtgärder skal vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt. Jämfört med kriterier i GÖP så överstiger samhällsriskerna både kriteriet för kontor och bostäder för bostäder i GÖP utan hänsyn till skyddsåtgärder, se figur 14. När hänsyn tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder reduceras samhällsriskerna och hamnar under kriteriet för såväl kontor som bostäder i GÖP. Även om samhällsriskerna reduceras när hänsyn tas till skyddsåtgärder ligger den fortfarande inom ALARP-området jämfört med DNV:s kriterier.

Då avståndet mellan planerad bebyggelse inom detaljplanen för Celsiusgatan och Hamnbanans nya tunnelmyning överstiger 200 meter uppfylls riktlinjerna i både GÖP och Västra Götalands riskpolicy för fall 2. Vidare bedöms ny bebyggelse inom planen för Säterigatan att utgöra ett skydd för bebyggelse inom Celsiusgatan vilket bedöms bidra till en lägre risknivå för fall 2 jämfört med fall 1. Såväl individrisken som samhällsriskerna bedöms ligga på en nivå där skyddsåtgärder ej behöver vidtas för fall 2.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar och bedömningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av Hamnbanan möjlig för såväl fall 1 som fall 2, förutsatt att rekommenderade skyddsåtgärder/skyddsavstånd beaktas vid ny bebyggelse, se kapitel 7.1. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning som presenteras under kapitel 3.

## 7.1 Skyddsåtgärder

Följande skyddsåtgärder föreslås för ny bebyggelse inom Celsiusgatan för fall 1:

- › För första radens bebyggelse inom området skall utrymning bort från Hamnbanan vara möjlig.
- › Ventilationsintag skall placeras högt upp och vetta bort från Hamnbanan. Kravet gäller all ny bebyggelse inom 150 meter från Hamnbanan.

Inga ytterligare skyddsåtgärder, med avseende på farligt godstransporter på Hamnbanan, anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen för fall 1. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning och det minsta avstånd som anges i kapitel 3.

För fall 2 bedöms inga skyddsåtgärder erforderliga för bebyggelse inom Celsiusgatan då avståndet till den föreslagna nya tunnelmyningen för Hamnbanan överstiger 150 meter samt att risknivån bedöms som låg.

## 8 Referenser

Banverket (2006a) *Förstudie Ny hamnbana, Underlagsrapport Förutsättningar för utbyggnaden, fördjupad beskrivning*

Banverket (2006b) *Förstudie Ny hamnbana, Kvillebangården*

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

COWI (2011), *Järnvägsutredning Hamnbanan Eriksbergsmotet-Pölsegården*

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 Tågursparningen i Kungsbacka* FOI-R-2286-SE.

Google Maps (2016), Hämtad 2016-06-03, URL:

<https://www.google.se/maps/@57.7040307,11.9143775,3a,75y,116.59h,79.01t/data=!3m6!1e1!3m4!1sNK-d2DhcjN1-rK16ubwA!2e0!7i13312!8i6656?hl=en>

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

GÖP (1999), *Översiktsplan för Göteborg Fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.*

GÖP (2009), *Översiktsplan för Göteborg. Riksintressen, Miljö- och riskfaktorer.* Antagen 2009-02-26, Stadsbyggnadskontoret

Hallands län (2011), *Risikanalys av farligt gods i Hallands län, ISSN: 1101-1084*

Länsstyrelsen Västra Götalands län (2016), *Förslag till detaljplan för Bostäder och verksamhet vid Celsiusgatan inom stadsdelen Sannegården i Göteborgs stad, Västra Götalands län*, Diariernr: 402-854-2016

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)

Räddningstjänsten (2011), *Risk- och olycksanalys Risktopografiska förutsättningar för Räddningstjänsten Storgöteborg*

Skolverket (2016), *Skolblad avseende Donnergymnasiet*. Hämtad: 2016-06-07, URL:  
[http://siris.skolverket.se/reports/rwservlet?pdf=&notgeo=&report=skolblad\\_gy&P\\_SKOLKOD=78397312](http://siris.skolverket.se/reports/rwservlet?pdf=&notgeo=&report=skolblad_gy&P_SKOLKOD=78397312)

SSPA (2002), *Elektrifiering av hamnbanan riskanalys*, SSPA Sweden AB uppdragsnummer 2002 2765

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

Stadsbyggnadskontoret Göteborg (2015a), *Detaljplan för Bostäder och verksamheter vid Celsiusgatan inom stadsdelen Sannegården i Göteborg*, Diariernr: SBK 0497/12

Stadsbyggnadskontoret Göteborg (2015b), *Detaljplan för Järnvägstunnel och Bostäder vid Säterigatan inom stadsdelen Sannegården i Göteborg*, Diariernr: SBK 0532/13

SWECO (2015), *Riskbedömning Säterigatan*, 2015-08-04

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

Trafikverket (2013), Uppgifter från Anders Nilsson.

Trafikverket (2016a), *Trafikverkets synpunkter angående detaljplan för bostäder och verksamheter vid Celsiusgatan på fastighet Sannegården 734:9 m.fl. i Göteborgs stad*, Ärendenr: TRV 2016/1611

Trafikverket (2016b), *Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Pölsebo, Planbeskrivning*, Ärendenr: TRV 2015/11187

Trafikverket (2016c), *Riskanalys Hamnbanan, Göteborg – Delsträckan Eriksberg-Pölsebo*. Hämtad: 2016-06-03, URL:  
<http://www.trafikverket.se/contentassets/ca10a2c29dc042ad82d589cf6d763a1e/hamnbanan-riskanalys-eriksberg-polsebo-pdf-fil-709-kb-oppnas-i-nytt-fornster.pdf>

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

WSP (2015), *Detaljerad riskbedömning för detaljplan, Transporter av farligt gods, Karlavagnsplatsen, Göteborgs Stad, 2015-06-02*

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

ÅF (2008), *Riskutredning Säterigatan, 2008-09-25*

## Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

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

### 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, fordonsfel, 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 sammanstötningsfrekvenser 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 olycksscenarioer**

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en 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.

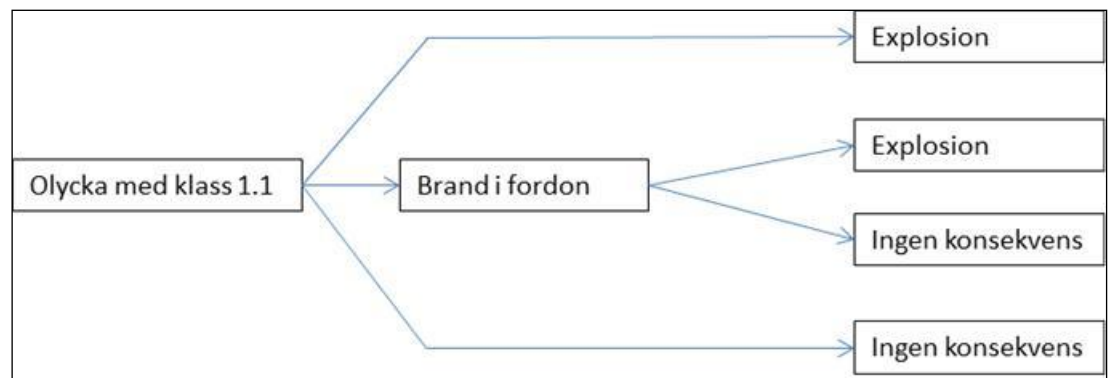
Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

## A.1 Olycka med massexplösivt 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 massexplosiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas vid stötar. På det sätt som massexplosiva ämnen och material förpackas minimeras emellertid risken för att explosion eller brand ska inträffa.

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



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

### Järnvägsolycka

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

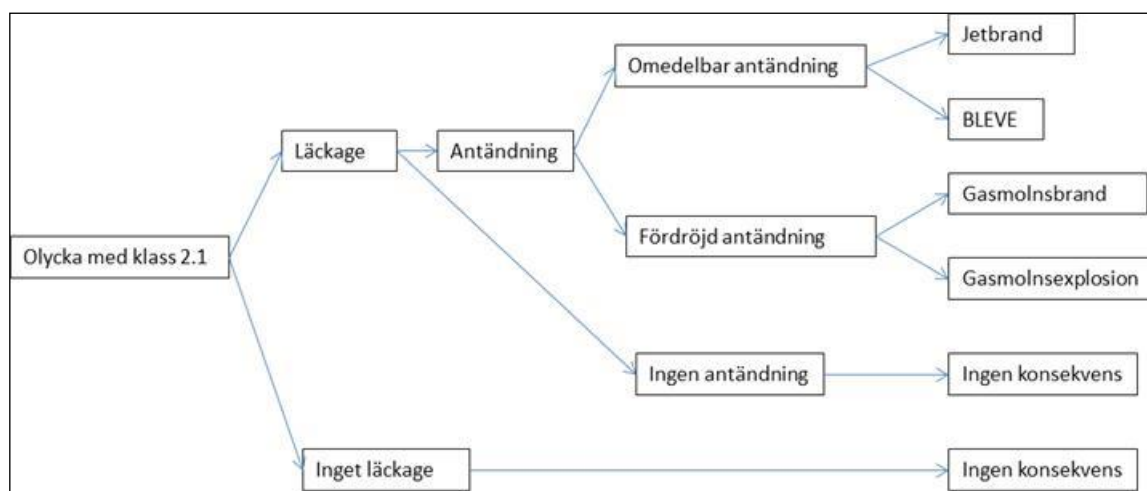
Sannolikheten för olycka med massexplösivt ämne är beräknad i Göteborgs översiktsplan för farligt gods (1999) och innefattar både, kollision, urspårning och brand i vagn. Den totala sannolikheten för massexlosion är beräknad till  $4.8 \cdot 10^{-8}$  för 2 km typbebyggelse. Sannolikheten beskrivs här för 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4.8 \cdot 10^{-8} / 2 * N_{\text{klass1.1}}$$



## 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.

### 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

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

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

#### Gasmolnsbrand

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

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

#### Gasmolnsexplosion

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

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

#### BLEVE

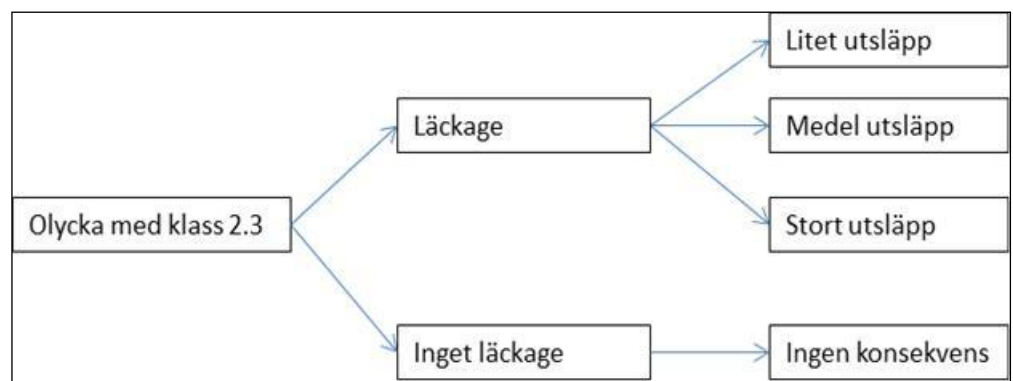
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

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

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.

### 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).

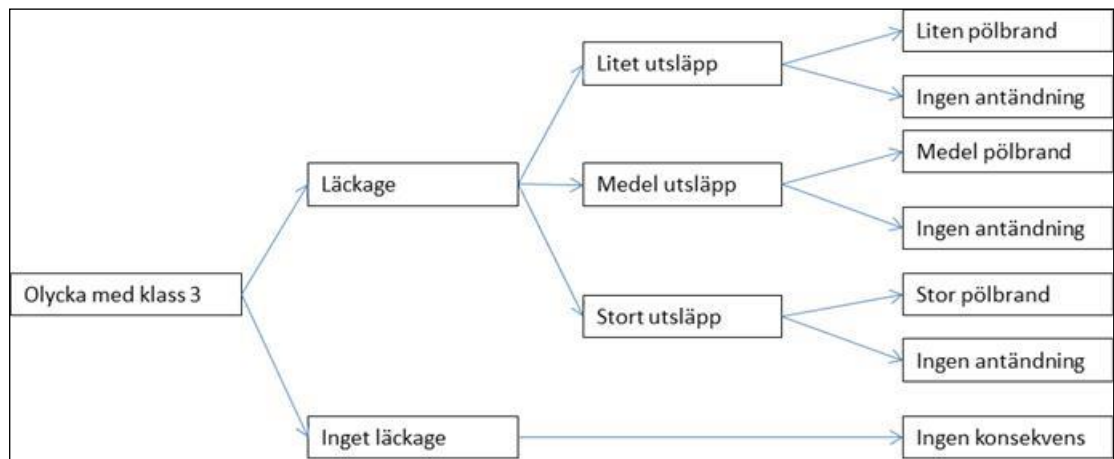
Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

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

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

## A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin

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. bensin kan medföra personskada och utgöra risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andelen bensin ca 40 % av totala petroleumprodukterna varför mängden klass 1 produkter antas utgöra 40 % av den totala mängden transporterad brandfarlig vara.

### 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.

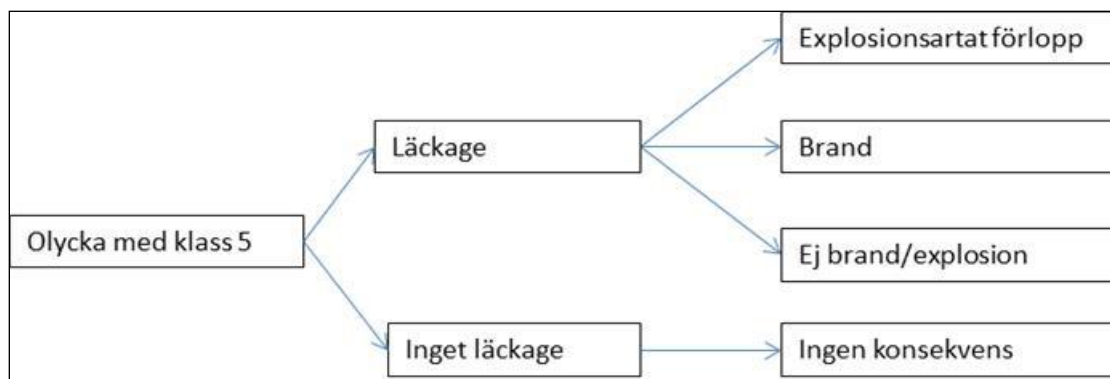
Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

Mellan läckage:  $(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$

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.

### 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:

$$2 \cdot 10^{-11/2} * N_{\text{klass}5.1}$$

## A.6 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 Hamnbanan.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	1,15E-07
Olycka med klass 2.1 - Jetbrand	1,13E-07
Olycka med klass 2.1 - Gasbrand	2,38E-07
Olycka med klass 2.1 - Gasmolnsexplosion	5,95E-08
Olycka med klass 2.1 - BLEVE	2,97E-09
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (rörbrott)	9,59E-08
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (punktering)	9,59E-08
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,66E-06
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (stort utsläpp)	8,29E-07
Olycka med klass 5 - explosion	1,07E-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.

I tabell B.1 nedan redovisas respektive farligt godsclass 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	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

<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
	BLEVE	raserade byggnader.  Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratals 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.

För varje avståndsintervall 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

**Tabell B.2.** Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervall från en eventuell olycka på järnväg. Värden i denna tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges. Värden märkta med \* är baserad på GÖP övriga värden är baserade på riktlinjer i Hallands län (Hallands län, 2011). Värde markerat med \*\* är hämtat från tidigare riskanalys för närliggande område (COWI, 2013).

Ämnesklass	Olycksscenario	0-25 m	26-50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m
Klass 1.1 Massexplсивt	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
	Gasmolnsexplosion	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 massexplсивt 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	$\geq 180$ 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 massexplodivt 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 förkomma 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 avståndintervaller 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 avståndintervaller 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 järnväg (25 ton).

Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna 0-30 meter från järnväg	Andel omkomna 30-80 meter från järnväg
Utomhus	100 %	100 %
Första radens hus	25 %	10 %
Andra radens hus	10 %	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:

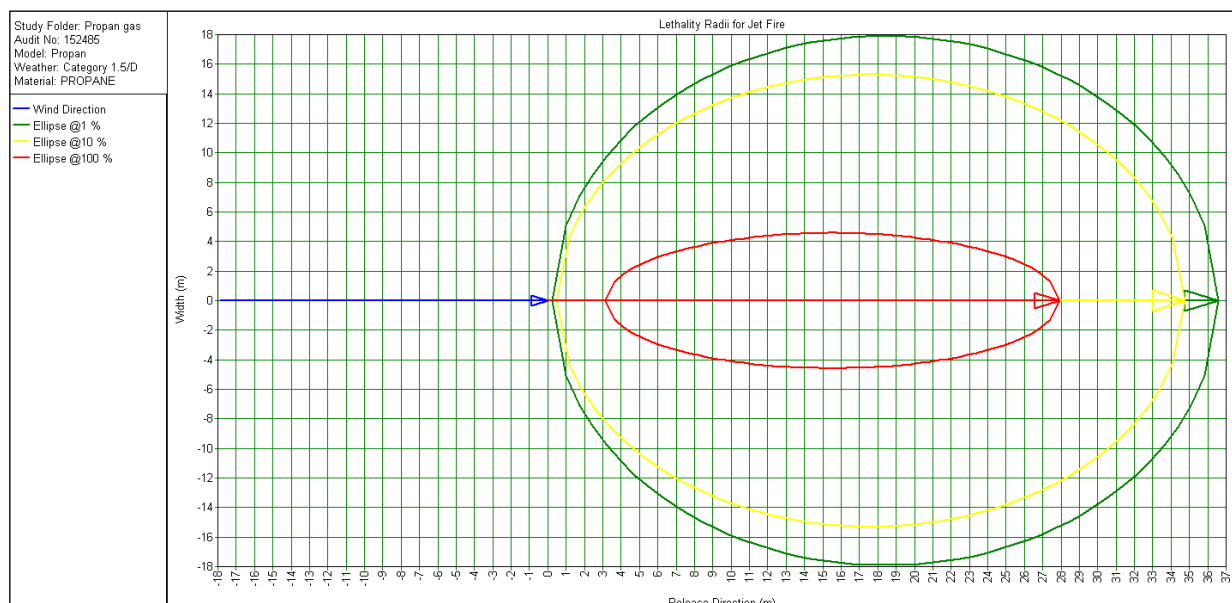
- Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

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.



**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 omkomma 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.

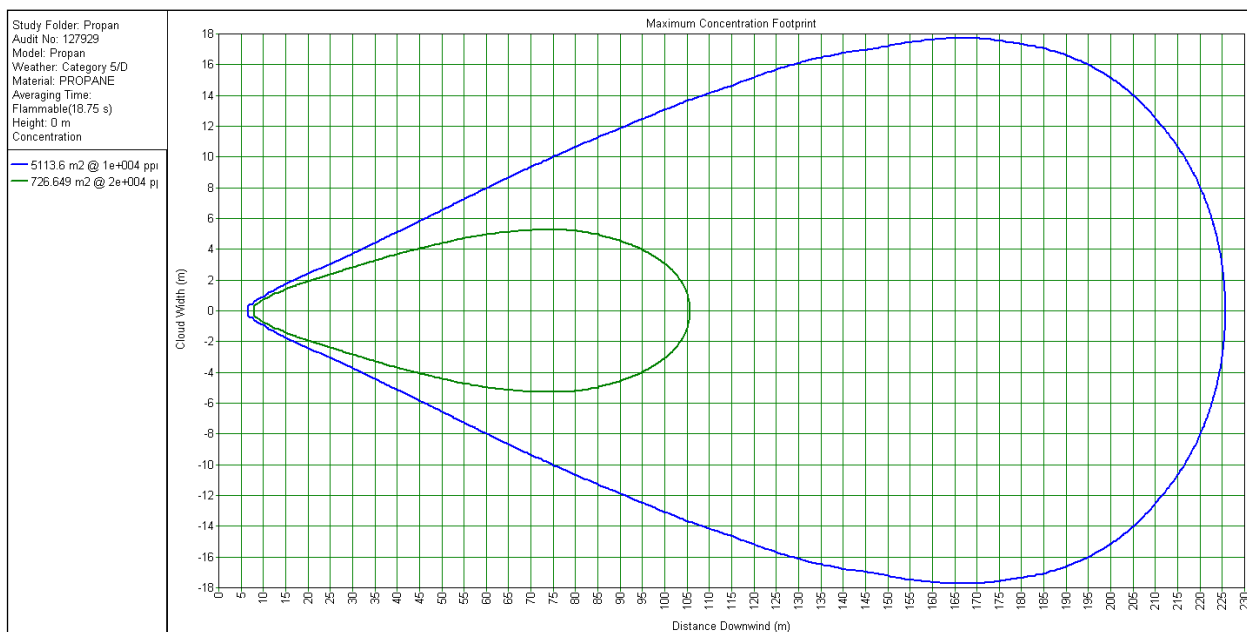
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

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.

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 B.2 redovisas ett utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s.



**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 B.2 är avstånd till LEL ca 100 meter. Vid ett utsläpp i gasfas är motsvarande avstånd ca 20 meter.

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.

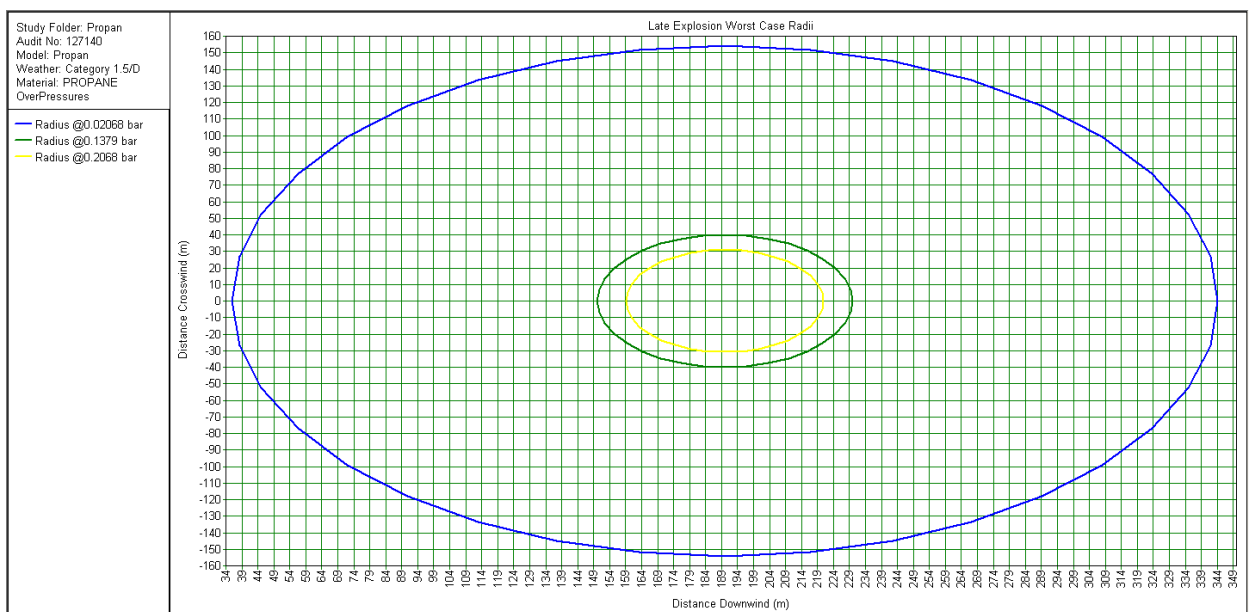
Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer som vistas utanför molnet kan antas överleva. Konsekvensen för personer utomhus är vid gasbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. Omkomna på grund av gasbrand förväntas inte förekomma på längre avstånd än 100 meter ifrån olycka.



### Gasmolnexplosion

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 gasmolnexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen.

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



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

Från figur B.3 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 skadeutfallet (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 höjddled samt andel omkomna och (svårt) skadade personer inomhus respektive utomhus. Som dimensionerande fall har gasen ammoniak använts.

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.

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 lindrigt 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)

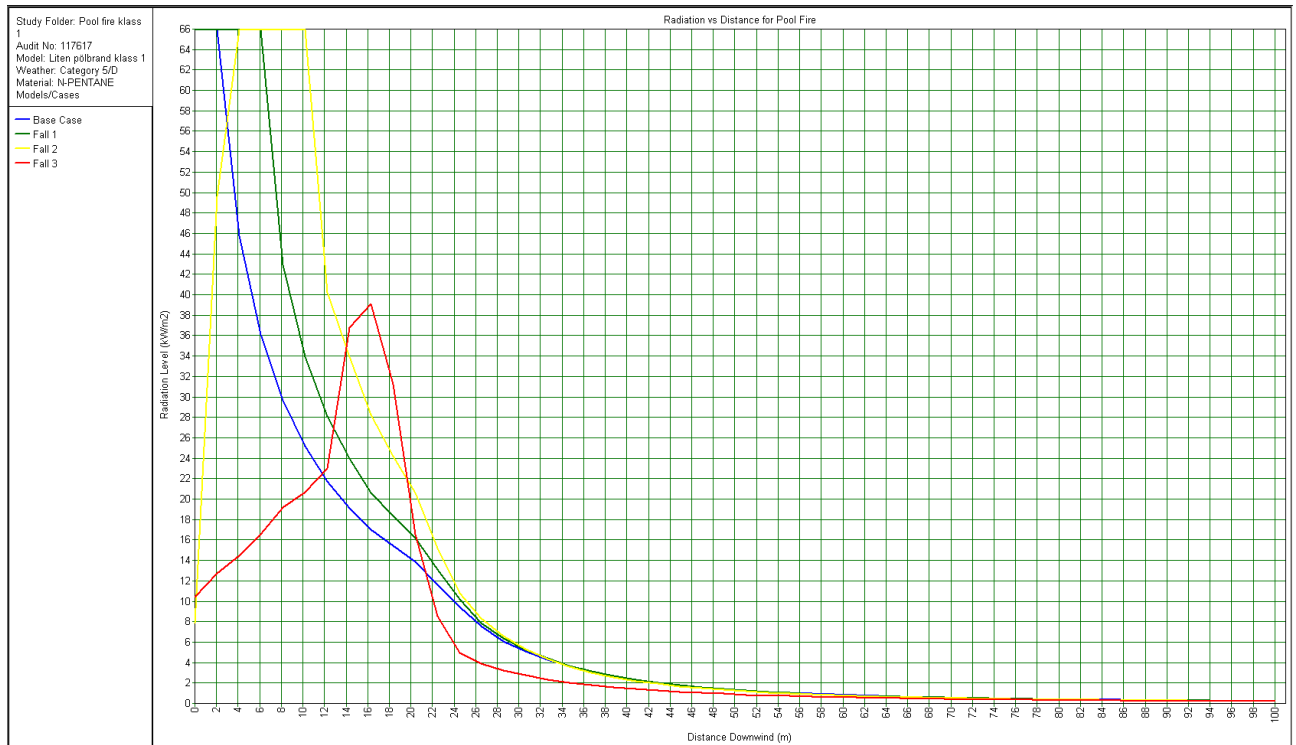
En tankbilsolycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

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.



**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. 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	>10	1-10	<1
	>10-40	1-10	<1
200	>12	2-12	<2
	>24	2-24	<2

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. bensen 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 avståndsintervaller 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 raderas 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:**

Mängder/ämnen som transporteras kan variera. För denna analys baseras beräkningar på uppgifter från Trafikverket gällande farligt godstransporter år 2012 på Hamnbanan. (Trafikverket, 2013c) Dessa uppgifter redovisas inte i denna rapport utan i en konfidentiell bilaga, se tabell E.1 i bilaga E.

Enligt MSB (tidigare Räddningsverket) finns det ingen enskild prognos för transport för farligt gods. I denna rapport utgår beräkningar från 20 % högre

transportvärden jämfört mot dagens värden, detta för att representera ett framtidsscenario år 2035. Denna uppräknings bedöms vara konservativ varför ytterligare känslighetsanalys inte genomförts.

### **Omgivning:**

Hur många personer som befinner sig på området kan ha stor påverkan på resultatet för samhällsrisik. Störst påverkan har antaganden om människor som befinner sig utomhus nära järnvägsområdet. 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 på den ur risksynpunkt värsta punkten, d.v.s. mitt framför det studerade området.

## Scenarieutveckling

Förutom inledande olycksfrekvenser så 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 dödsfallsrisker 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

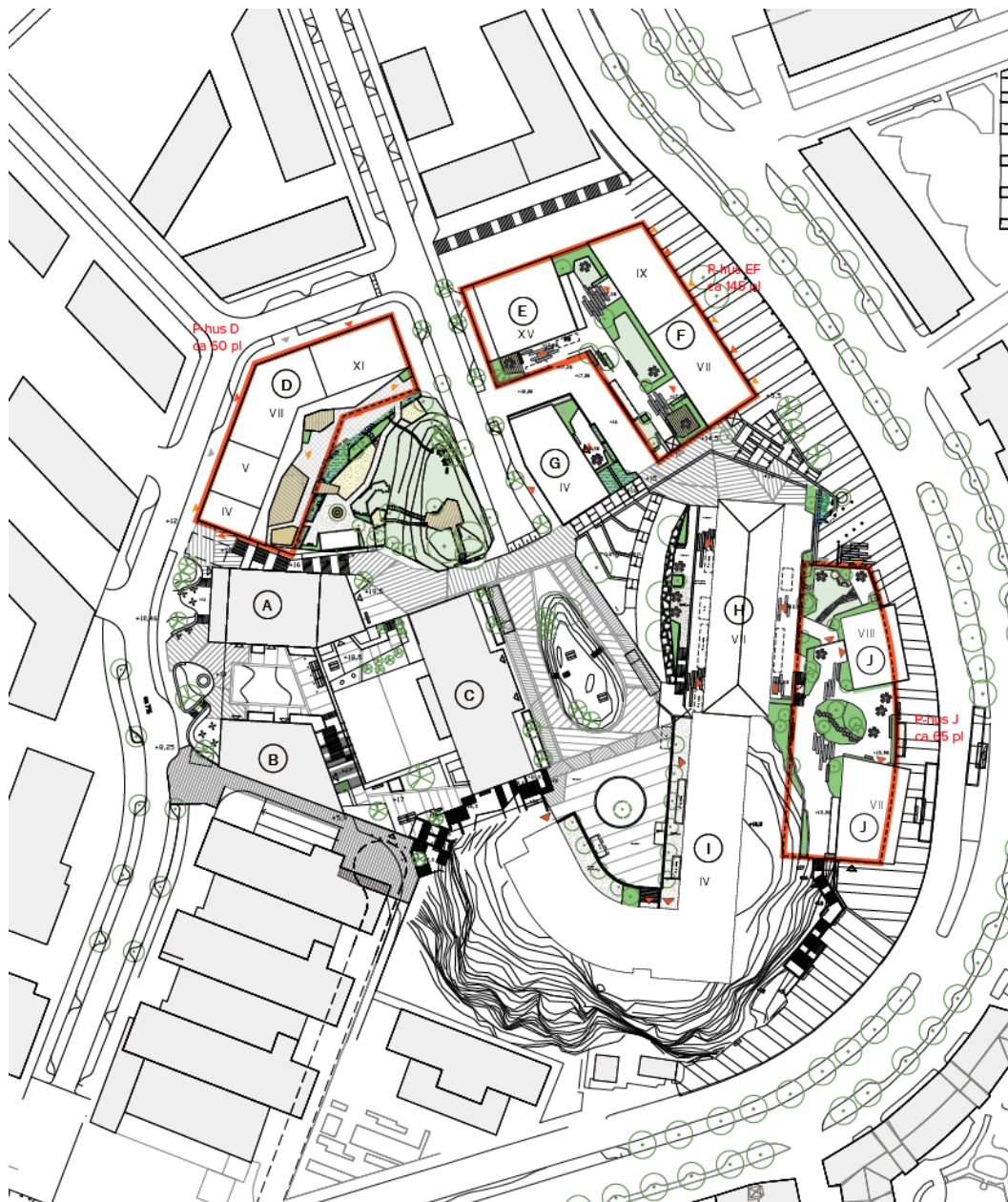
I Viareggio i Italien inträffade år 2009 en järnvägsolycka där en gasolvagn skadades och gas läckte ut. Gasen spreds bland småhusbebyggelse, antändes och orsakade en explosion med efterföljande brand. Omkring 1 000 personer i området kring stationen evakuerades eftersom det fanns risk att ytterligare 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.

## Bilaga D – Underlag för beräkning av personintensitet



## RADÖ

### DP CELSIUSGATAN: Ytor och parkeringstal 2016.10.20 (rev. 2016.11.02)

Total BTA: ca 41 725 kvm  
(Exkl. Park.: ca 31 525 kvm)  
Ant. Lgh: Ca. 395-435 lgh.

P-platser: ca 270 pl.  
P-behov: ca 263,2 pl.  
P-ratio: +ca 6,8 pl.

#### HUS D

Total BTA: ca 8 000 kvm  
(Exkl. Park.: ca 6 100 kvm)  
Ant. Lgh: Ca. 45-50 lgh.  
P-behov: ca 48,6 pl.  
P-platser: ca 60 pl.  
P-ratio: +ca 11,4 pl.

#### PARKERINGSBERÄKNING:

Ytor	BTA	P-kvot	P-behov
Bostäder	5075	6,6 pl./1000 BTA	33,5
Verksamheter	170	20 pl./1000 BTA	3,4
Förskola	900	13 pl./1000 BTA	11,7
<b>SUMMA, Behov:</b>			<b>48,6</b>

#### HUS E/F

Total BTA: ca 15 050 kvm  
(Exkl. Park.: ca 9 550 kvm)  
Ant. Lgh: Ca. 100-115 lgh.  
P-behov: ca 65,7 pl.  
P-platser: ca 145 pl.  
P-ratio: +ca 79,3 pl.

#### PARKERINGSBERÄKNING:

Ytor	BTA	P-kvot	P-behov
Bostäder (E)	5400	6,6 pl./1000 BTA	35
Bostäder (F)	3900	6,6 pl./1000 BTA	25,7
Verksamheter	250	20 pl./1000 BTA	5
<b>SUMMA, Behov:</b>			<b>65,7</b>

#### HUS G

Total BTA: ca 1 575 kvm  
Ant. Lgh: Ca. 12-16 lgh.  
P-behov: ca 10,4 pl.  
P-platser: - (Inrymms i D)  
P-ratio: -ca 10,4 pl.

#### PARKERINGSBERÄKNING:

Ytor	BTA	P-kvot	P-behov
Bostäder	1575	6,6 pl./1000 BTA	10,4
<b>SUMMA, Behov:</b>			<b>10,4</b>

#### HUS H

Total BTA: ca 5 750 kvm  
Ant. Lgh: Ca. 50 lgh.  
P-behov: ca 38 pl.  
P-platser: -  
P-ratio: -ca 38 pl.

#### PARKERINGSBERÄKNING:

Ytor	BTA	P-kvot	P-behov
Bostäder	5750	6,6 pl./1000 BTA	38
<b>SUMMA, Behov:</b>			<b>34,2</b>

#### HUS I

Total BTA: ca 5 000 kvm  
Ant. Lgh: Ca. 58 lgh.  
P-behov: ca 28,6 pl.  
P-platser: -  
P-ratio: -ca 33 pl.

#### PARKERINGSBERÄKNING:

Ytor	BTA	P-kvot	P-behov
Bostäder	5000	6,6 pl./1000 BTA	33
<b>SUMMA, Behov:</b>			<b>33</b>

#### HUS J

Total BTA: ca 6 350 kvm  
(Exkl. Park.: ca 3 550 kvm)  
Ant. Lgh: Ca. 25-30 lgh.  
P-behov: ca 67,5 pl.  
P-platser: ca 65 pl.  
P-ratio: -ca 2,5 pl.

#### PARKERINGSBERÄKNING:

Ytor	BTA	P-kvot	P-behov
Bostäder	2 500	6,6 pl./1000 BTA	16,5
Dagligvaruh.	1 050	20 pl./1000 BTA +10	31
(+ Parkeringsbehov från GA 8)			20 pl.
<b>SUMMA, Behov:</b>			<b>67,5</b>

