

FEBRUARI 2017

RISKANALYS MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS, ULLEVIGATAN



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

FEBRUARI 2017

RISKANALYS MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS, ULLEVIGATAN

PROJEKTNR.	A079894
DOKUMENTNR	A079894/4/02/RAP001 – Riskanalys med avseende på farligt gods, Ullevigatan
VERSION	2.0
UTGIVNINGSDATUM	2017-02-24
UTARBETAD	Maria Bergh, Christoffer Käck, Viktor Sturegård
GRANSKAD	Christoffer Käck, Göran Davidsson
GODKÄND	Gert Swenson

Sammanfattning

Stadsbyggnadskontoret arbetar med att ta fram en detaljplan för kontor vid Ullevigatan i Gårda. Detaljplanen ska pröva möjligheten att komplettera befintlig bebyggelse med ett antal höga byggnader för kontorsändamål och hotellverksamhet. Påbyggnad av ett befintligt p-hus med ytterligare våningar för parkering planeras även. Detaljplanen omfattar tre parallella kontorsprojekt med tre olika exploatörer, Skanska (Gårda 744:553), Wallenstam (Gårda 18:22/18:19) och Platzer (Gårda 16:17).

Området är beläget inom 150 meter från transportled för farligt gods (väg E6/E20). Stadsbyggnadskontoret i Göteborg har gett COWI AB i uppdrag att utföra en kvantitativ riskanalys med avseende på transporter av farligt gods förbi studerat område. Uppdraget innebär att genomföra en riskanalys i syfte att klarlägga möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till led för farligt gods.

Norr om studerat planområde ligger idag en bensinstation (Preem). Bensinstationen är belägen ca 70 meter från Gårda 744:553 (mätt från fastighetsgräns till fastighetsgräns). En riskutredning map närheten till bensinstationen har inte ingått i COWIs uppdrag. Baserat på tidigare riskutredningar som utförts av COWI i liknande ärenden har dock skyddsåtgärder föreslagits vilka bedöms vara relevanta ur risksynpunkt map närheten till bensinstationen.

Enligt de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att kontor ska placeras på större avstånd än 50 meter från transportled för farligt gods (väg). Majoriteten av ny kontorsbebyggelse följer dessa riktlinjer. Nya kontor planeras som närmast ca 45 meter från väg E6/E20. Även majoriteten av den befintliga kontorsbebyggelsen inom det studerade området följer dessa riktlinjer. I GÖP (1999) finns inga specifika avstånd till hotellverksamhet.

I den riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006) som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län gemensamt har tagit fram framgår hur olika verksamheter bör placeras i relation till farligt godsled. Skalan anger inga avstånd utan endast en principiell zon-indelning, se figur 2. Enligt dessa riktlinjer bör hotell placeras i zon C, kontor i zon B och parkering i zon A. Då utbyggnad av p-hus, nya kontor respektive hotell planeras på större

avstånd än 15 meter, 45 meter respektive 80 meter från väg E6/E20 bedöms planerad bebyggelse följa dessa riktlinjer.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar individrisken inomhus och utomhus, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en oacceptabel risknivå 0-25 meter från väg E6/E20. När hänsyn tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder reduceras risknivån inomhus samt utomhus (>25 meter). Detta innebär att endast individrisken utomhus 0-25 meter från väg E6/E20 hamnar på en oacceptabel nivå där skyddsåtgärder ska införas. Individrisken 0-25 meter (inomhus) samt 25-50 meter (utomhus) från väg E6/E20 reduceras till en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. På större avstånd 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, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, över DNV:s övre kriterie, se figur 21. Detta innebär att risken inte bedöms som acceptabel. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder reduceras samhällsrisk till en nivå under DNV:s övre kriterie och strax över kriteriet för kontor enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie, se figur 22. Den olyckshändelse som gör att samhällsrisknivån hamnar på en nivå över GÖP:s kriterie för kontor är BLEVE. Att dimensionera byggnader för att motstå en BLEVE och därmed skydda personer inomhus från detta olycksscenario bedöms inte rimligt med avseende på kostnad/nytta.

Beräknade risknivåer bedöms som rimliga då personintensiteten nära väg E6/E20 är låg samt att planerad och befintlig bebyggelse i stor sett följer riktlinjerna i GÖP (1999) avseende placering av olika typer av bebyggelse intill farligt godsled (väg).

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av väg E6/E20 möjlig förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder/skyddsavstånd beaktas vid ny bebyggelse. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning som presenteras under kapitel 3.

Följande skyddsåtgärder föreslås med avseende på närhet till **väg E6/E20**:

- Befintligt bebyggelsefritt område mellan väg E6/E20 och befintliga P-hus närmast vägen skall förbli bebyggelsefritt. Detta område sträcker sig ca 15 meter från väg E6/E20 (närmsta väggkant).
- Ingen ny bebyggelse ska uppföras på avstånd mindre än 30 meter från väg E6/E20 (närmsta väggkant). Det bedöms dock möjligt att addera våningar som inrymmer parkering ovanpå befintligt P-hus i enlighet med det förslag som redovisas i kapitel 3.1 (se byggnad 5 i figur 12) förutsatt att nedanstående krav på skyddsåtgärder beaktas.
- Bebyggelsefritt område skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Barriär/skydd mellan studerat område och väg E6/E20 skall finnas som motverkar att vätska kan rinna in på området. Förslag på barriär kan vara: vall,

- dike eller plank/vägg som är tät i nedkant. Det dike som idag finns mellan befintligt P-hus och väg E6/E20 bedöms utgöra en sådan barriär.
- › Ny kontorsverksamhet/handel skall ej placeras närmare än 45 meter från väg E6/E20.
 - › Ny hotellverksamhet skall ej placeras närmare än 80 meter från väg E6/E20.
 - › Ventilationsintag skall placeras högt upp och vetta bort från väg E6/E20. Kravet gäller all ny bebyggelse samt befintlig kontorsbebyggelse inom 50 meter från väg E6/E20.
 - › Inom 50 meter från väg E6/E20 skall utrymning bort från väg E6/E20 vara möjlig.
 - › Fasadkrav för befintlig bebyggelse (första radens bebyggelse, vilket motsvarar befintliga P-hus närmast väg E6/E20): Alla fasader inklusive tak skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Fasaderna skall ej ha fönster/öppningar som vetter mot väg E6/E20.
 - › Fasadkrav för ny bebyggelse (0- 30 meter från väg E6/E20, vilket motsvarar påbyggnad av befintligt P-hus): Alla fasader inklusive tak skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Fasaderna skall ej ha fönster/öppningar som vetter mot väg E6/E20.
 - › Fasadkrav för ny bebyggelse (30-50 meter från väg E6/E20): Alla fasader inklusive tak skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Eventuella fönster ska vara EI30-klassade (vädringsläge är ej tillåtet).
 - › Ny bebyggelse (0-50 meter från väg E6/E20) skall utformas så att de kan motstå en gasolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det körfält som ligger närmast byggnaderna. Detta krav syftar till att byggnaderna ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.
 - › Första radens befintliga bebyggelse i förhållande till väg E6/E20 (motsvarar befintligt P-hus) skall utformas så att de kan motstå en gasolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det körfält som ligger närmast byggnaderna. Detta krav syftar till att byggnaderna ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Notera att åtgärder med avseende på brandskydd för befintlig bebyggelse endast gäller första radens bebyggelse vilket motsvarar befintliga P-hus närmast väg E6/E20.

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

Baserat på tidigare riskutredningar som utförts av COWI i liknande ärenden samt att avståndet mellan studerat område och befintlig bensinstation är som minst ca 70 meter bedöms följande skyddsåtgärd vara relevanta ur risksynpunkt map närheten till bensinstationen.

- › Entréer till första radens hus mot bensinstation bör om möjligt vetta bort från bensinstationen.

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

Innehåll

Sammanfattning	I
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund och syfte	1
1.2 Omfattning och 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 Sammanställning av personintensitet	20
3.3 Närliggande verksamheter	22
4 Trafik och transporter med farligt gods	25
4.1 Väg E6/E20	25
4.2 Lokal väg norr om studerat område	27
4.3 Faror vid olycka med farligt gods	27
5 Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods	30
5.1 Individrisk för studerat område	30
5.2 Samhällsrisk för aktuellt område	33
5.3 Diskussion kring resultat	34
5.4 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	36
6 Skyddsåtgärder och slutsats	37
6.1 Skyddsåtgärder	38
7 Referenser	41
Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	43
A.1 Olycka med massexplosivt ämne	44
A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)	46
A.3 Olycka med giftig gas	48
A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin	49
A.5 Olycka med oxiderande ämne	50
A.6 Riskreducerande faktorer	50
A.7 Resultat av beräkningar	51

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser	52
B.1 Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)	55
B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	59
B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	63
B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	65
B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	68
 Bilaga C - Indata för beräkningar	 70
 Bilaga D - Känslighetsanalys	 72
D.1 Diskussion kring skadade personer	75

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Stadsbyggnadskontoret arbetar med att ta fram en detaljplan för kontor vid Ullevigatan i Gårda. Detaljplanen ska pröva möjligheten att komplettera befintlig bebyggelse med ett antal höga byggnader för kontorsändamål med ett inslag av hotell.

Området är beläget inom 150 meter från transportled för farligt gods (väg E6/E20). Stadsbyggnadskontoret i Göteborg har gett COWI AB i uppdrag att utföra en kvantitativ riskanalys med avseende på transporter av farligt gods förbi studerat område. Uppdraget innebär att genomföra en riskanalys i syfte att klarlägga möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till led för farligt gods.

Inledningsvis har ett möte tillsammans med Räddningstjänsten Storgöteborg hållits. De synpunkter/frågor som Räddningstjänsten hade vid detta möte var följande:

- › Hur kommer vi att hantera existerande bebyggelse? Hur ser fasader mot E6 ut (kontorsbyggnader och parkeringshus)?
- › Hur är området avgränsat mot E6 (med hänsyn till utsläpp av vätska)?
- › Vad kommer planen att medge i form av handel / bostäder?
- › Dimensionering mot olyckslaster med tanke på mycket stora byggnader?
- › Lokal bensinstation (Preem) kommer denna att finnas kvar?

Risikanalysen kommer att bemöta/behandla ovanstående synpunkter.

1.2 Omfattning och avgränsning

Risikanalysen omfattar identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som bedöms transporteras på farligt godsled förbi området. Baserat på detta genomförs sannolikhets- och konsekvensberäkning för olyckor med farligt gods. 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.

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

Vidare omfattar arbetet en kvalitativ bedömning av risker map närliggade bensinstation utifrån relevanta riktlinjer. Bedömningen gäller säkerhetsaspekten med avseende på bensinstationen och förslag på lämpliga skyddsåtgärder anges ifall så anses påkallat. Eventuella störningar så som buller och lukt från bensinstationens verksamhet har inte behandlats närmare i denna riskutredning.

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. Samhällsrisk kommer även att jämföras med kriterier i Göteborgs översiktsplan.

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.

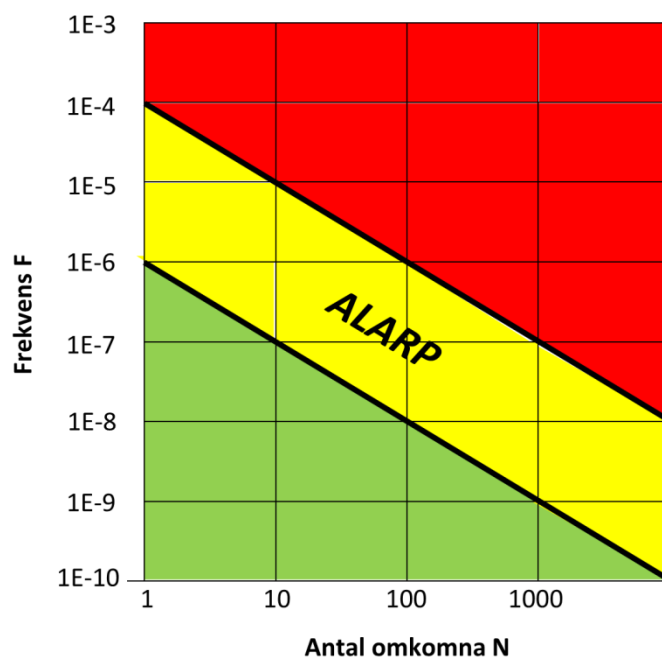
Samhällsriskkriterier

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisken 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 samhällsrisken. 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).

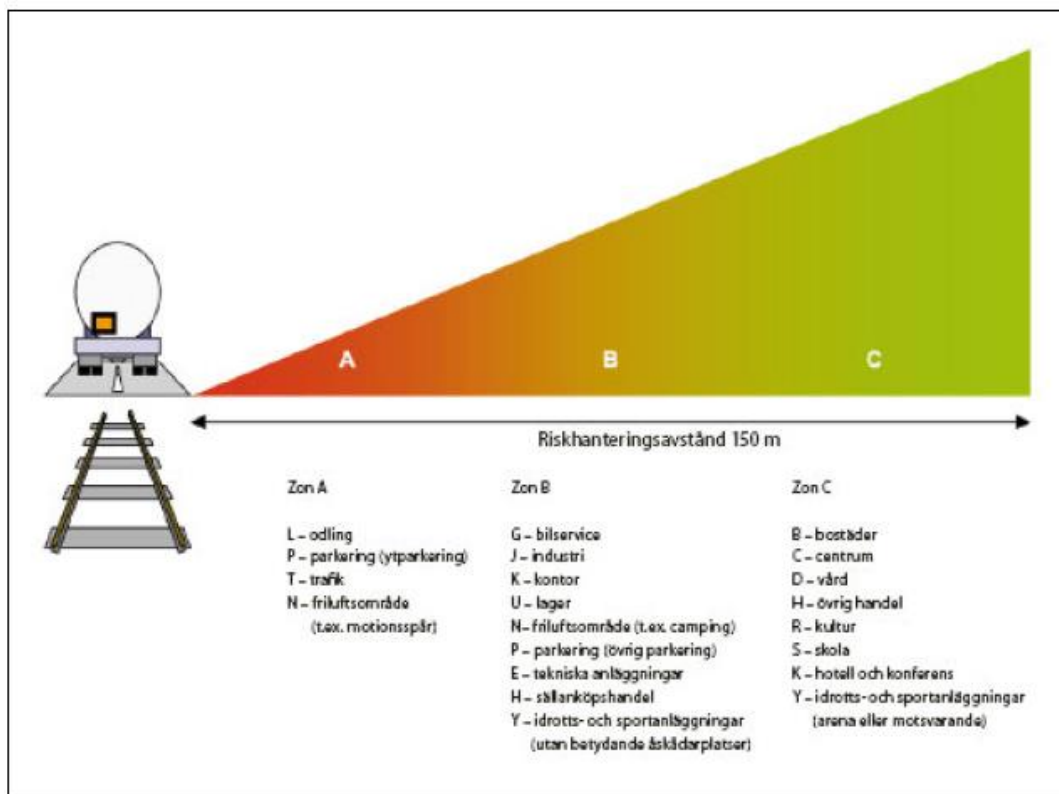
För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i figur 1.



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 m.

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

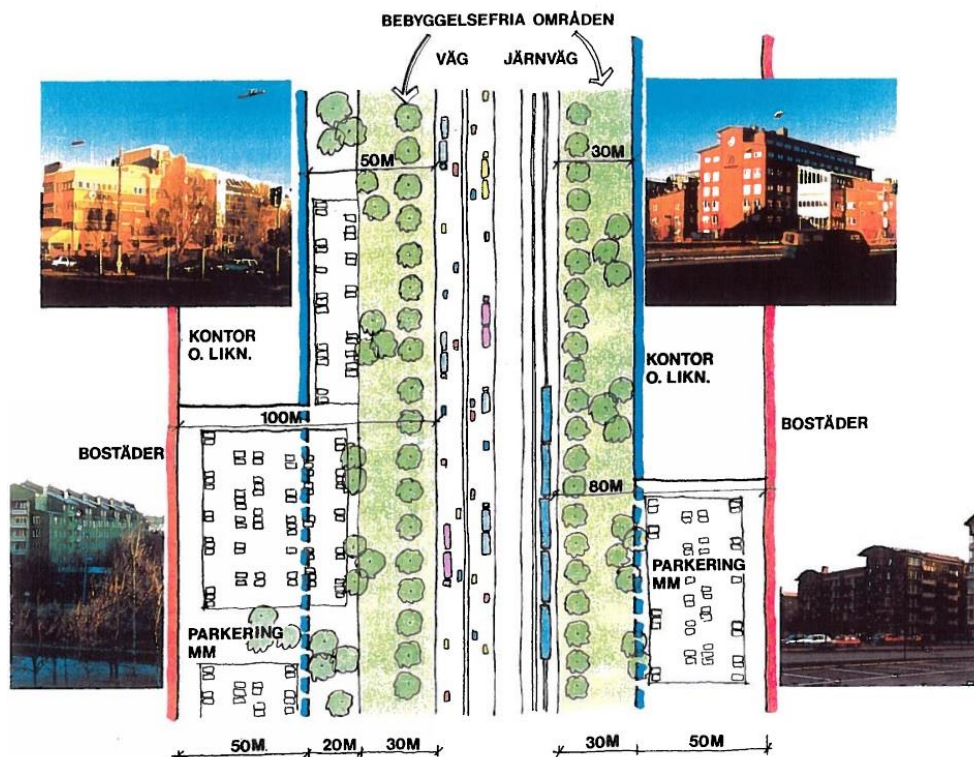
Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens 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 vägen, föreslås exempelvis användas till ytparkeringar, väg och odling. Zon B i den glidande skalan kan exempelvis användas för kontor, lager, parkeringshus och sällanköpshandel och markanvändning i zon C föreslås vara bostäder, annan handel, hotell och konferens.



Figur 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

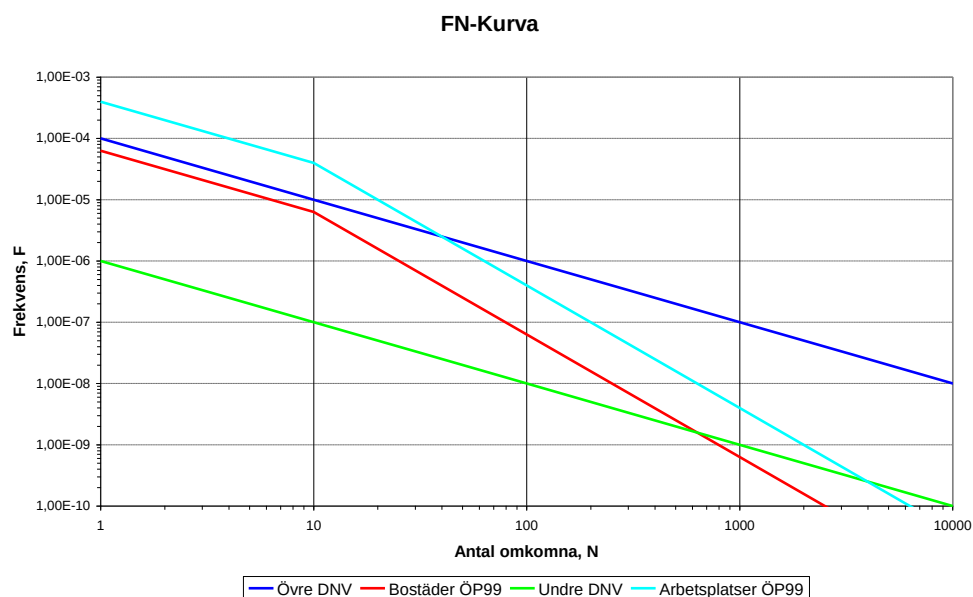
Enligt Göteborgs översiktsplan skall ett bebyggelsefritt område upprättas 30 meter på ömse sidor av leder med farligt gods. Det bebyggelsefria området kan exempelvis användas för ytparkering. Enligt samma översiktsplan kan kontor och liknande verksamheter placeras på avstånd längre än 50 meter ifrån väg med farligt gods. Enligt översiktsplanen skall bostäder placeras 100 meter ifrån väg 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 vägkant/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).



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 och inte skalats efter den dimensionerande sträcka av 200 meter som använts i resten av analysen.

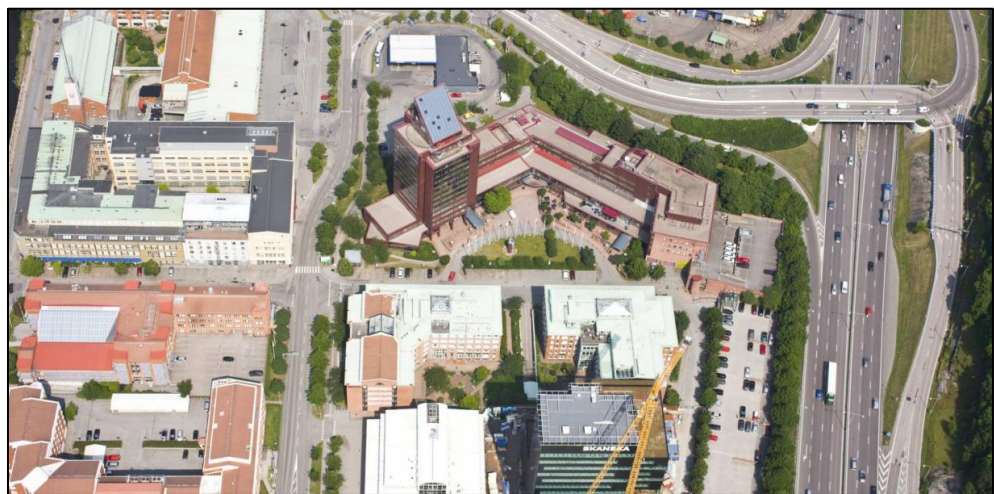
3 Förutsättningar

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

3.1 Beskrivning av området

Stadsbyggnadskontoret arbetar med att ta fram en detaljplan för kontor vid Ullevigatan i Gårda. Detaljplanen ska pröva möjligheten att komplettera befintlig bebyggelse med ett antal höga byggnader för kontorsändamål och hotellverksamhet. Placeringen nära större trafikleder gör att en riskutredning för farligt gods bedöms vara nödvändig.

Detaljplanen omfattar tre parallella kontorsprojekt med tre olika exploatörer, Skanska (Gårda 744:553), Wallenstam (Gårda 18:22/18:19) och Platzer (Gårda 16:17). Respektive projekt beskrivs mer detaljerat i kapitel 3.1.1–3.1.3. Planområdet avgränsas i norr av Ullevimotet och Ullevigatan, i väster av Fabriksgatan, i söder av fastigheterna gårda 18:22 och 18.19 samt Drakegatan och i öster av vägområdet vid E6, se figur 5 och figur 6. På området finns idag en bensinstation (Statoil) och kontor.



Figur 5. Foto över studerat område. (SBK, 2016)



Figur 6. Planområdet. (SBK, 2016)

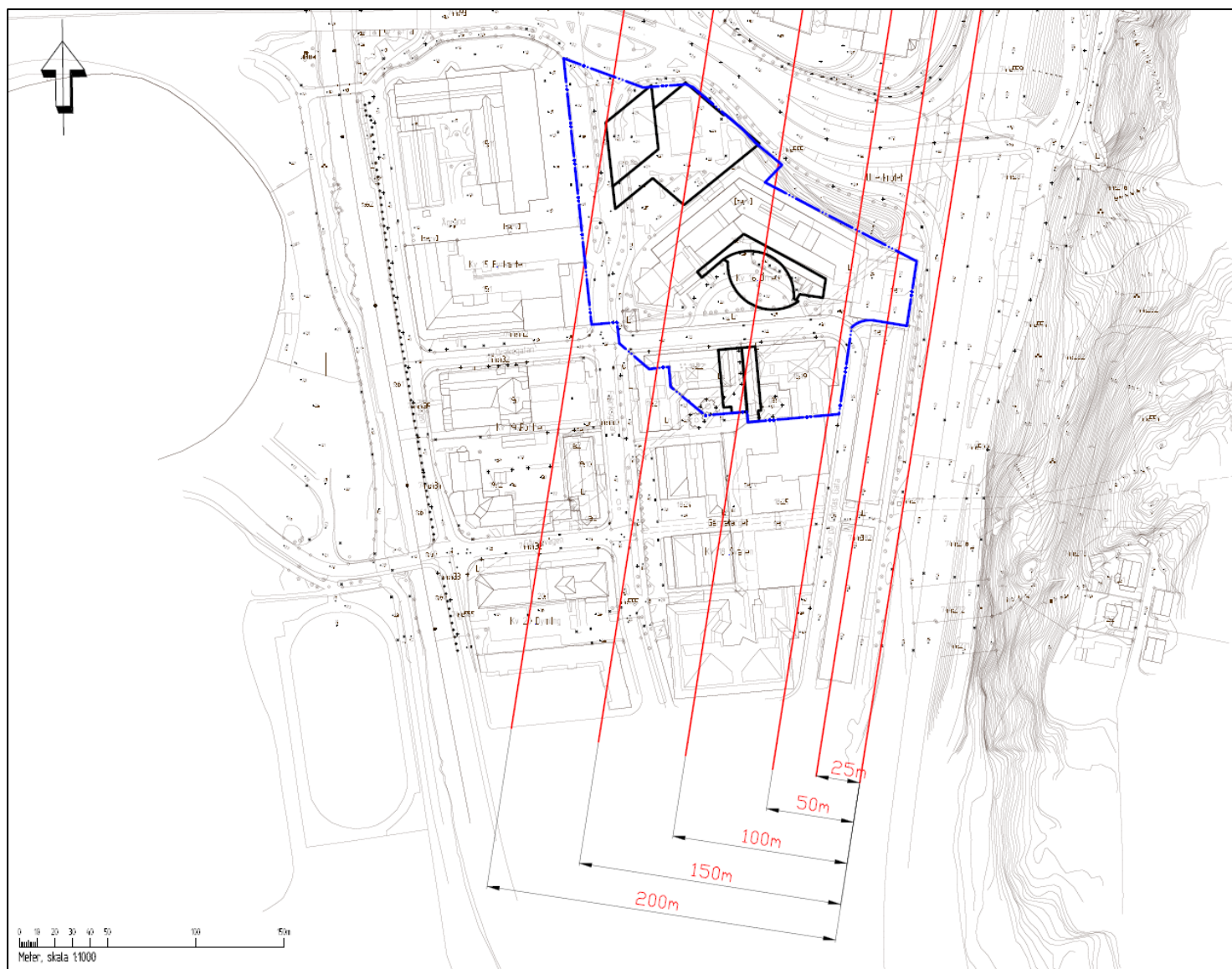
Respektive exploatörs lokalisering och planerad byggnadshöjd presenteras i figur 7.



Figur 7. Placering av respektive exploatörs projekt inom planområdet. XL innebär 40 våningar och XXX innebär 30 våningar.

Inom planområdet ligger det idag ett parkeringshus närmast väg E6/E20. Parkeringshuset består av två plan med parkeringsplatser och ytterligare parkeringsplatser på taket. Detta parkeringshus skall byggas på med två våningar. Söder om parkeringshuset på planområdet ligger även där flera parkeringshus närmast väg E6/E20. Samtliga parkeringshus är byggda i tegel och är belägna som närmast ca 15 meter från väg E6/E20 (närmsta väggkant), se figur 7.

Befintlig kontorsbebyggelse inom planområdet är som närmast belägen ca 45 meter från väg E6/E20 (närmsta väggkant), se figur 8. Planområdet är beläget något högre än väg E6/E20.



Figur 7. Plankarta med ungefärliga avståndsangivelser från väg E6/E20 (närmsta väkant).

3.1.1 Gårda 744:-53 - Skanska

Skanska planerar ny bebyggelse i form av kontor och publika verksamheter. Bebyggelsen omfattar två höga volymer ("torn") och en gemensam lågdel ("bas") som binder ihop tornen, se figur 8, figur 9 och figur 10. I tornen planeras kontor. Riskanalysen har utgått ifrån att det högre tornet kan bli så högt som 40 våningar för att inte låsa exploatören vid ett visst anatl våningar samt att inte underskatta risknivån. I den gemensamma lågdelen planeras publika verksamheter. Entréplats planeras i sydväst mot Fabriksgatan och parkering planeras i två underjordiska plan.



Figur 8. Skiss över planerad bebyggelse, Gårda 744:533. (SBK, 2016)



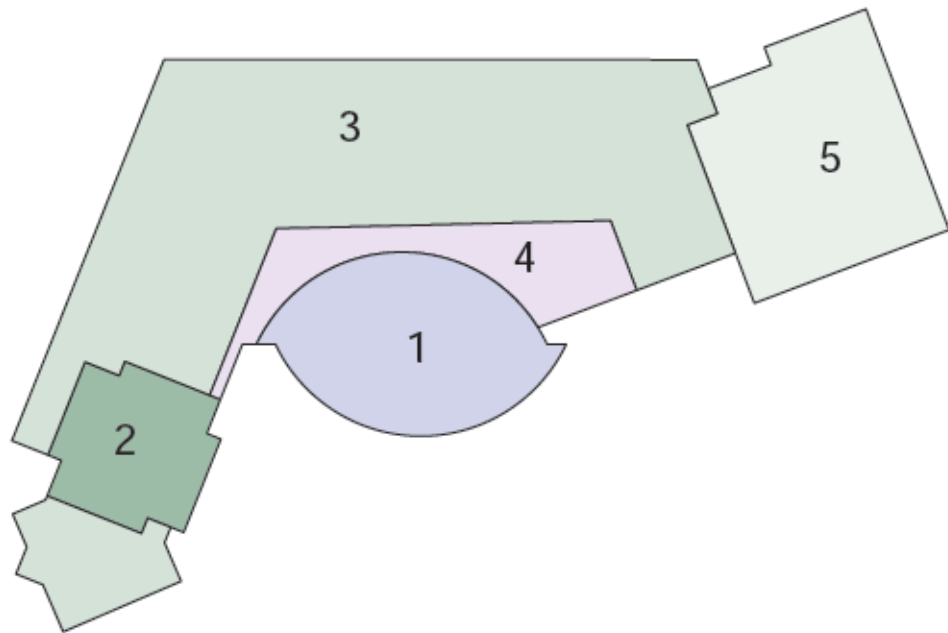
Figur 9. Illustration över planerad bebyggelse, Gårda 744:533. (SBK, 2016)



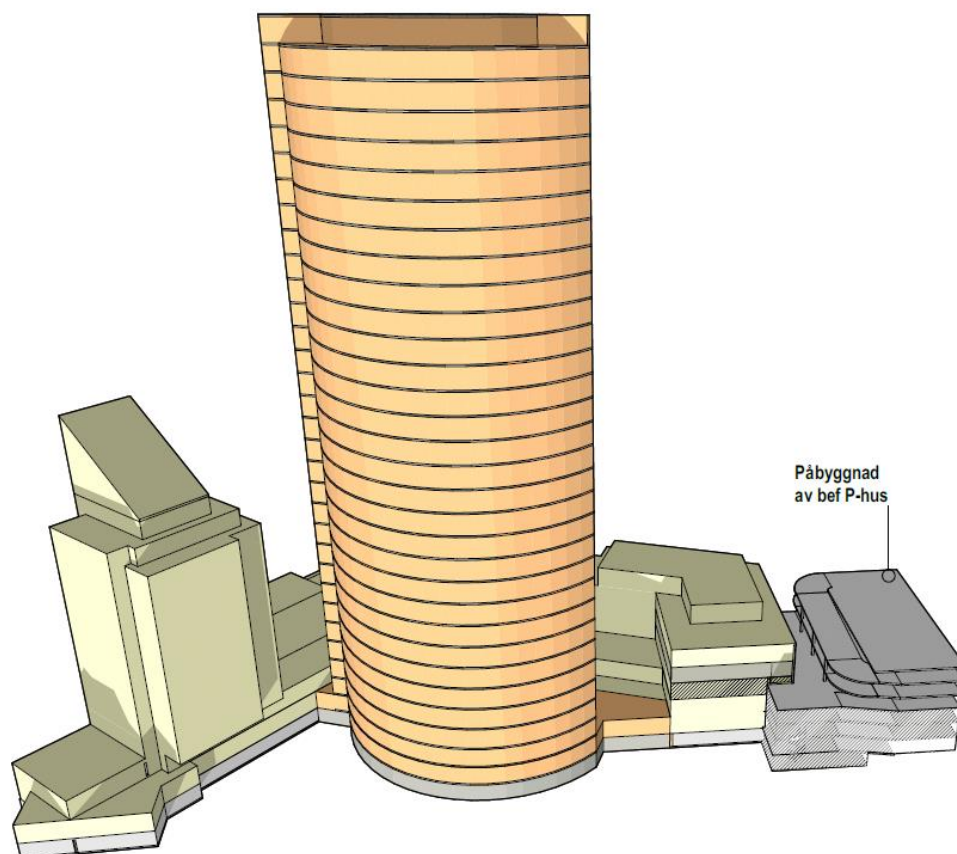
Figur 10. Illustration över planerad bebyggelse, Gårda 744:533. (SBK, 2017)

3.1.2 Gårda 16–17 - Platzer

Platzer planerar ny bebyggelse i form av ett nytt "torn" bredvid det s.k. Canon-huset. Den nya bebyggelsen planeras bli ca 30 våningar hög, se figur 12 och figur 13, och inrymma hotell och kontor. Vidare planeras eventuellt tillbyggnad av lågdelen och större inslag av publika verksamheter. Platzer planerar att addera två våningar med parkeringar á 40 p-platser/våningsplan ovanpå befintligt p-hus (byggnadsdel 5 i figur 12).



Figur 12. Skiss över planerad bebyggelse, 1) Nytt torn, 2) Befintligt torn (Canon-huset), 3) befintlig låghusdel, 4) Ny låghusdel i form av entréhall, 5) befintligt p-hus. (SBK, 2016)

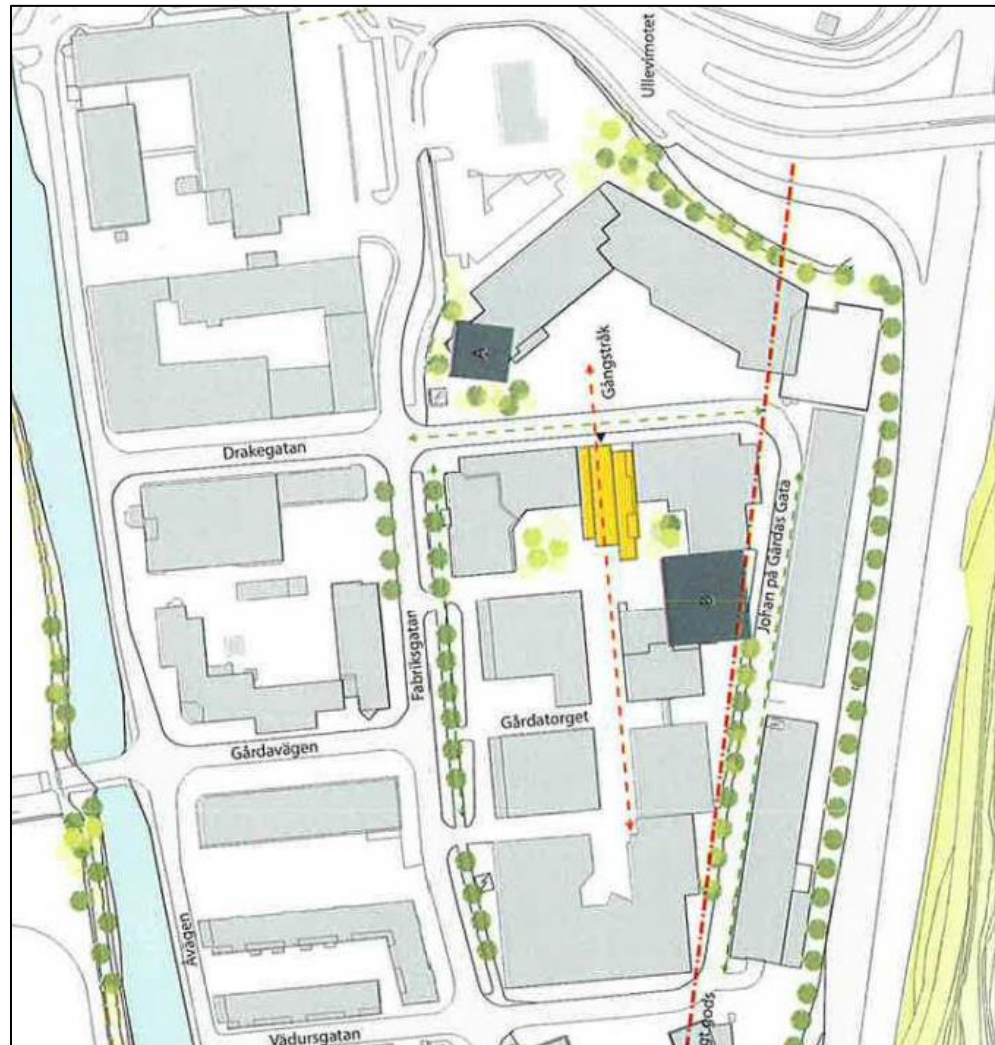


Figur 13. Illustration över planerad bebyggelse. (SBK, 2017)

3.1.3 Gårda 18:22/18–19 - Wallenstam

Wallenstam planerar ett "infillprojekt" i det glapp som idag finns mellan två befintliga kontorsfastigheter. Den nya bebyggelsen planeras bli ca 30 våningar hög och omfatta ca 15600 m², se figur 14. Ny bebyggelse planeras innehålla kontor.

Gångstråk genom kvarteret och nedfart till underjordiskt garage bevaras genom öppning i markplan. Fasaduttryck som anknyter till intilliggande tegelfasader i markplan och glasas upp mer och mer ju högre upp i byggnaden man kommer, se figur 15 och figur 16.



Figur 14. Skiss över planerad bebyggelse (se gul byggnad). (SBK, 2016)



Figur 15. Illustration över planerad bebyggelse. (SBK, 2016)



Figur 16. Illustration över planerad bebyggelse. (SBK, 2016)

3.2 Sammanställning av personintensitet

Personintensiteten för planerad bebyggelse bedöms utifrån de beskrivningar och figurer som presenteras i kapitel 3.1. Notera att vissa kontorsbyggnader planerar annan verksamhet än kontor, såsom publika delar som binder ihop byggnaderna. Dessa har antagits vara mindre personintensiva än de kontor som planeras. Vid uppskattning av personintensitet har kontor valts som användningsområden för hela byggnaden även om en del av byggnaden kan förväntas inrymma mindre personintensiv verksamhet. Detta har antagits för att göra en medvetet konservativ bedömning som inte låser exploitören i sitt utförande. Planeras bostäder i dessa byggnader bedöms dock personintensiteten inom området förändras på ett sådant sätt att en uppdatering av riskbedömningen kommer att behövas.

Det bör även noteras att personintensiteten för planerad hotellverksamhet inom området (Gårda 16:17) baseras på antalet hotellrum. Hotellet förväntas även inrymma övriga publika delar så som restaurangdel, etc. Dessa delar antas inte medföra en ökad personintensitet då dessa personer redan antas bo/arbota vid hotellet.

Notera att ny parkering i ny bebyggelse inte antas generera fler människor då personerna som nyttjar parkeringen antas vara på väg till/från den nya bebyggelsen som planeras inom det studerade området. Notera även att personer i övriga delar av ny bebyggelse, exempelvis entréplan, inte antas medföra en ökad personintensitet då dessa personer redan antas arbeta/bo i byggnaden.

Gårda 744:553 (Skanska)

Användningsområde: Kontor

- Total antal kontor i höghusdelen är ca 2380 (70 kontor/våningsplan på plan 7-40)
- Total antal kontor i låghusdelen är ca 1033 (268+255+255+255).
- Det är antaget att kontoret är bemannat med 0,04 persoCOWI/m² (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011b). Vidare antas att kontoren är bemannade mellan kl. 08-18 med en belägningsgrad på 80 %.

Gårda 16:17 (Platzer)

Användningsområde: Kontor

- Total yta i nytt torn (byggnad 1) är ca 30 000 m². Av denna yta antas 23 000 m² vara kontor.
- Total yta i befintligt låghus (byggnad 3) är ca 13 208 m².
- Total yta i ny entréhall (byggnad 4) är ca 1500 m².
- Total yta i befintligt torn, Canon-huset (byggnad 2) är ca 7699 m².

- › Det är antaget att kontoret är bemannat med 0,04 perCOWIner/m² (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011b). Vidare antas att kontoren är bemannade mellan kl. 08-18 med en belägningsgrad på 80 %.

Användningsområde: Hotell

- › Total yta i nytt torn (byggnad 1) är ca 30 000 m². Av denna yta antas 7 000 m² vara hotell.
- › BTA per rum har antagits till 30 m² vilket ger ett totalt antal rum om ca 233 stycken
- › Det är antaget att det bor 2 personer/rum.

Vidare antas att 20 % av personerna vistas på hotellet dagtid (kl. 08-18). Under kvällen och natten (kl. 18-08) antas hotellet vara fullbelagt och 100 % av personerna vistas på hotellet.

Användningsområde: Befintligt P-hus (byggnad 5)

- › Antalet parkeringar i parkeringshuset är ca 342 platser.
- › Det har antagits i snitt 1 person per bil och att varje person spenderar totalt 5 minuter på parkeringen per dygn. Utnyttjandegraden har antagits vara 80 % dygnet runt.

Gårda 18:22/18:19 (Wallenstam)

Användningsområde: Kontor

- › Total yta är ca 40 600 m² (28 000 m² ny bebyggelse och 4 700 m² befintlig bebyggelse inom Gårda 18:22 och 7 900 m² ny bebyggelse inom Gårda 18:19).
- › Det är antaget att kontoret är bemannat med 0,04 pCOWIsone/m² (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011b). Vidare antas att kontoren är bemannade mellan kl. 08-18 med en belägningsgrad på 80 %.

Övrig befintlig närliggande bebyggelse (Gårda 18:21, del av Gårda 18:25 och Gårda 744:382)

Användningsområde: Kontor

- › Total yta ärCOWIa 5 740 m² (3 700 m² plus 2 040 m² vilket motsvarar 10% av byggnaden på Gårda 18:25).
- › Det är antaget att kontoret är bemannat med 0,04 personer/m² (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011b). Vidare antas att kontoren är bemannade mellan kl. 08-18 med en belägningsgrad på 80 %.

Användningsområde: Befintligt P-hus (Gårda 744:382)

- › Total yta: 5 138 m², vilket motsvarar ca 75% av det befintliga p-huset (endast 75% ligger inom studerat område).
- › För att beräkna antalet parkeringar antas 25 m²/ parkering.
- › Det har antagits i snitt 1 person per bil och att varje person spenderar totalt 5 minuter på parkeringen per dygn. Utnyttjandegraden har antagits vara 80 % dygnet runt.

Personer utomhus

Det har antagits att 3,3% av det antal personer som vistas på området vistas utomhus. Beräkningen har inte tagit hänsyn till att dessa personer till stor del kan antas bestå av de som redan befinner sig inomhus på området. I beräkningen har istället adderats 3,3% fler personer vilka samtliga antagits finnas sig utomhus. Dessa personer har inte fördelats i enlighet med den fördelning av personer inomhus som presenteras i tabell 5 utan har i placerats närmare E6/E20 vilket är konservativt.

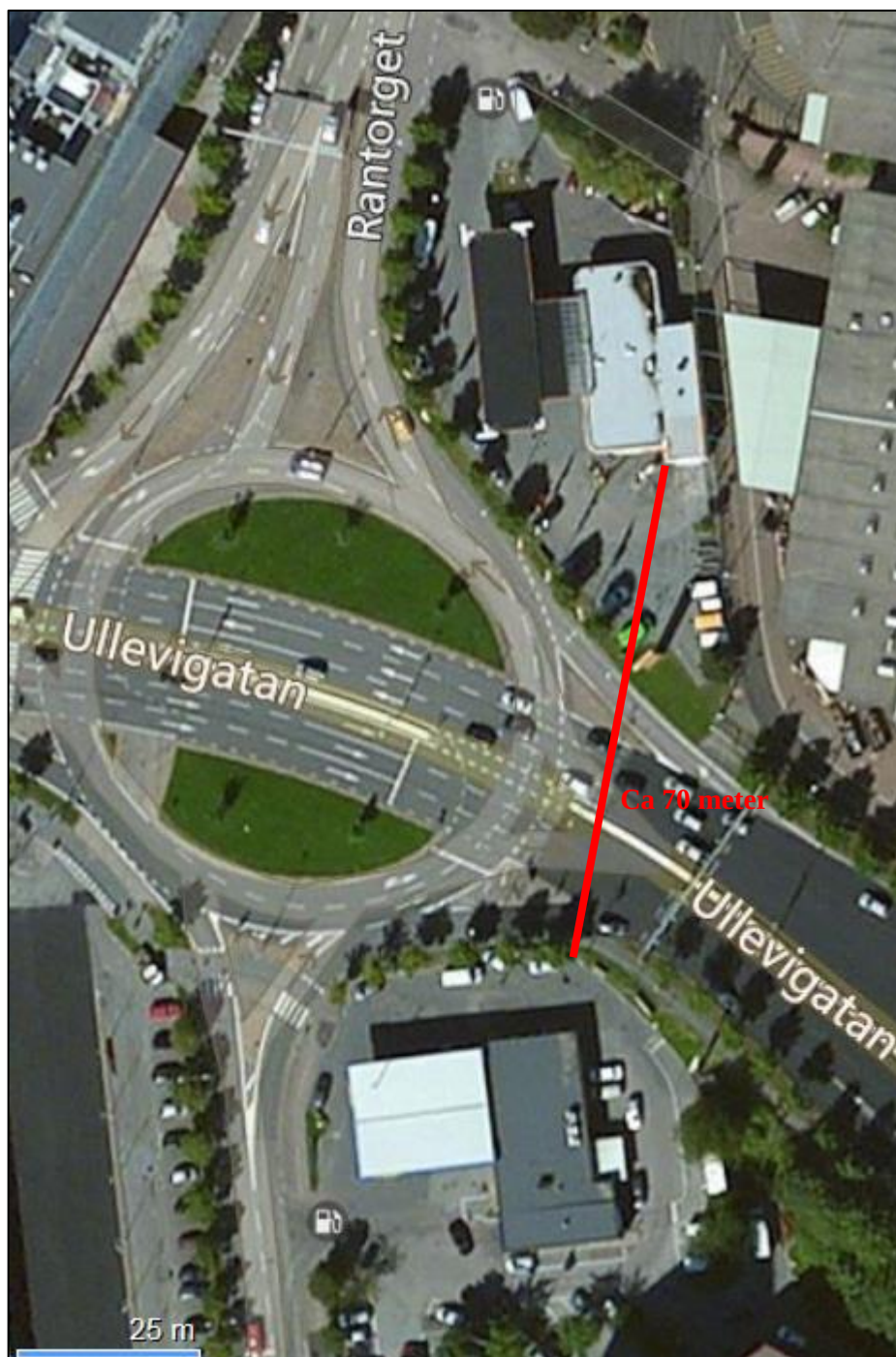
Den uppskattade personintensiteten bedöms sammantaget vara konservativ. En sammanställning av personintensiteten presenteras i tabell 5. Notera även att den sammanställda personintensiteten även tar hänsyn till befintlig bebyggelse/parkering.

Tabell 5. Personantal som används vid beräkningar, avstånd räknat från vägkant för väg E6/E20.

Avstånd väg E6/E20 (meter)	Population Dag		Population Kväll/Natt	
	Tid	08-18	Tid	18-08
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	3	0	2
25-50	10	17	2	2
50-100	50	836	5	94
100-150	50	2090	5	373
150-200	50	1820	5	0

3.3 Närliggande verksamheter

Norr om studerat planområde ligger idag en bensinstation (Preem). Bensinstationen är belägen ca 70 meter från Gårda 744:553 (mätt från fastighetsgräns för Gårda 744:553 till bensinstationens byggnad), se figur 17.



Figur 17. Bilden visar minsta avstånd (ca 70 meter) mellan befintlig bensinstation i norr och studerat planområde.

En riskutredning map närheten till bensinstationen har inCOWIgått i COWIs uppdrag. Baserat på tidigare riskutredningar^{COWI} utförts av COWI i liknande ärenden bedöms följande skyddsåtgärder vara relevanta ur risksynpunkt map närheten till bensinstationen.

- › Ett bebyggelsefritt område motsvarande minst:
 - › 25 meter mellan ny bebyggelse och lossningsplats skall upprättas.

- › 25 meter mellan ny bebyggelse och den plats där brandfarlig vätska förvaras i lösa behållare på bensinstationen, i dagsläget är butiken den närmaste platsen där denna förvaring sker.
- › Bebyggelsefritt område skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Området kan dock användas för parkeringsplatser (ytparkering).
- › Entréer till första radens hus mot bensinstation bör om möjligt vetta bort från bensinstationen.
- › Inom 40 meter från bensinstationen skall utrymning bort från bensinstationen vara möjlig.
- › Fasadkrav för ny bebyggelse (fram till 40 meter från bensinstation): Alla fasader inklusive tak som vetter mot bensinstationen skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Eventuella fönster ska vara E30-klassade men får vara öppningsbara.

Med tanke på att avståndet till bensinstationen är som minst ca 70 meter bedöms flertalet av ovanstående rekommendationer uppfylla med avseende på risken från bensinstationen för det aktuella planområdet. Endast följande rekommendation bedöms därför vara relevant i sammanhanget:

- › Entréer till första radens hus mot bensinstation bör om möjligt vetta bort från bensinstationen.

Övriga närliggande verksamheter bedöms inte utgöra någon ökad risk för det aktuella området.

4 Trafik och transporter med farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika ADR-klasser¹ 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 bensen
- Klass 5.1 Oxiderande ämnen, exempelvis väteperoxid

4.1 Väg E6/E20

Genom planområdet löper E6/E20 i nordsydlig riktning. Vägen utgör motorväg med två filer i vardera riktningen. E6/E20 är utpekad som primär transportled för farligt gods och är starkt trafikerad. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h norr om Kallebäcksmotet och variabel, men maximalt 80 km/h söder om detsamma.

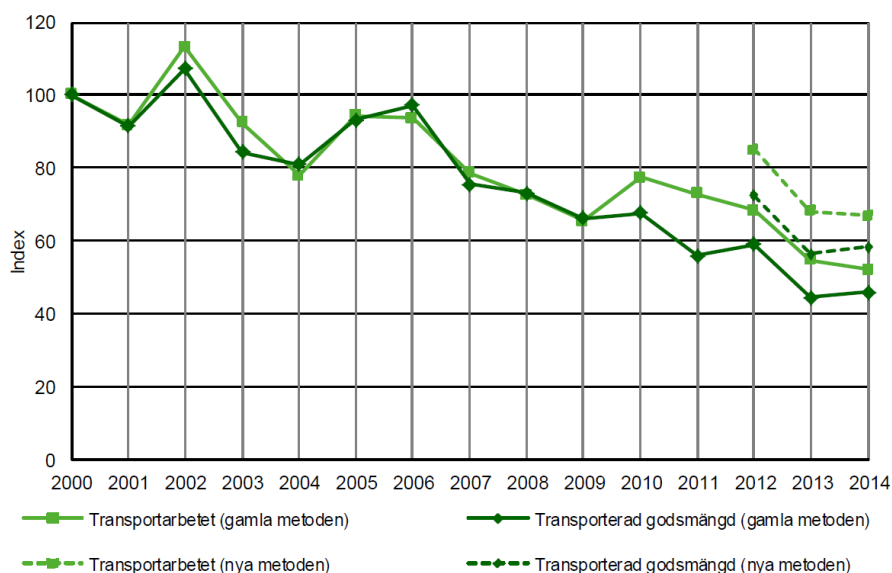
År 2014 uppmättes ÅDT (fordon) till total 59 910 fordon/dygn förbi studerat område. ÅDT (lastbilar) för samma sträcka uppmättes samma år till totalt 6420 lastbilar/dygn. Vid mättillfället var således andelen lastbilar ca 11%. Andelen transporter av farligt gods har inte uppmätts för den studerade sträckan. (Trafikverket, 2015b)

¹ ADR=European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

4.1.1 Farligt gods på väg E6/E20

År 2014 transporterades totalt 381 miljoner ton gods av svenskregistrerade lastbilar, både inom och utom Sverige. Samma år transporterades 9 miljoner ton farligt gods på svenska vägar vilket motsvarar ca 2,4 % av den totala mängden gods som transporterades. Detta stämmer även överens med antagandet i WSP (2014) om att 2,5 % av den tunga trafiken på väg E6/E20 utgörs av transporter av farligt gods. Samtliga farligt godsklasser är representerade på E6/E20 förbi området.

Lastbilsbranschen arbetar aktivt med ett flertal projekt som syftar till att minska volymerna av farligt gods på de svenska vägarna. År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på landets vägar. Sedan dess har såväl transporterad godsmängd som transportarbete med denna typ av last uppvisat en minskande trend, se figur 18. (Trafikanalys, 2015)



Figur 18. Inrikes lastad godsmängd (i 1 000-tal ton) och godstransportarbete (i miljoner tonkilometer) med svenska lastbilar fördelat på ADR/ADR-S-klassificering år 2000 till 2014. Index (år 2000=100). (Trafikanalys, 2015)

För att beräkna transportererna på väg E6/E20 för år 2030 används statistik och prognoser från SIKA enligt följande. Mängden av farligt gods som transporteras på väg minskade med 12 % mellan 1998 och 2004 (SIKA 2000-2004). SIKA:s prognos för godstransporter på väg mellan 2001 till 2020 visar en ökning med 30 % (FBE, 2008). Enligt tidigare Räddningsverket (SRV, 2008) finns det ingen enskild prognos för transporter av farligt gods varför det i denna rapport, utifrån ovanstående statistik och prognos, antas att transporter av farligt gods ökar med 20 % mellan 2006 till 2030 vilket bedöms som konservativt.

I tidigare riskanalyser för COWI-områden (COWI, 2011; ÅF, 2012, ÅF, 2013 COWI, 2013, COWI, 2014) har beräkningar för väg E6/E20 baserats på SRV:s kartläggning (SRV, 2006) varför detta görs även här, se tabell 3. Värdena i tabell 3 har räknats upp med 20 % för att gälla år 2030. Denna uppräkningsbedömning

vara konservativ. För beräkning av antalet transporter på väg E6/E20 längs det studerade området görs följande antaganden:

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

Tabell 3. Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg E6/E20 (fordon/år)

	Uppskattat antal fordonstransporter/år på väg E6/E20 intill planområdet	
–1.1 Massexplosiva ämnen - stora	1	1
2.1. Brandfarliga Gaser	1350	1620
2.3 Giftiga gaser	19	23
3. Brandfarlig vätska klass 1	24750	29700
5. Oxiderande ämnen	369	443

4.2 Lokal väg norr om studerat område

Lokala transporter av farligt gods kan förekomma på lokal väg norr om studerat område. Dessa transporter förväntas främst vara på väg till/från närliggande bensinstation norr om området. Antalet transporter till/från närliggande bensinstation norr om området bedöms främst utgöras av ADR-klass 3 och antalet transporter uppskattas till enstaka transporter per vecka baserat på tidigare riskutredningar map närhet till bensinstationer. Lokala transporter av farligt gods på andra vägar än väg E6 bedöms inte medföra ett betydande bidrag till risknivån för det studerade området. Till följd av detta ha inga skyddsåtgärder/skyddssavstånd specificerats med avseende på transporter av farligt gods på lokala vägar (ej väg E6) förbi området.

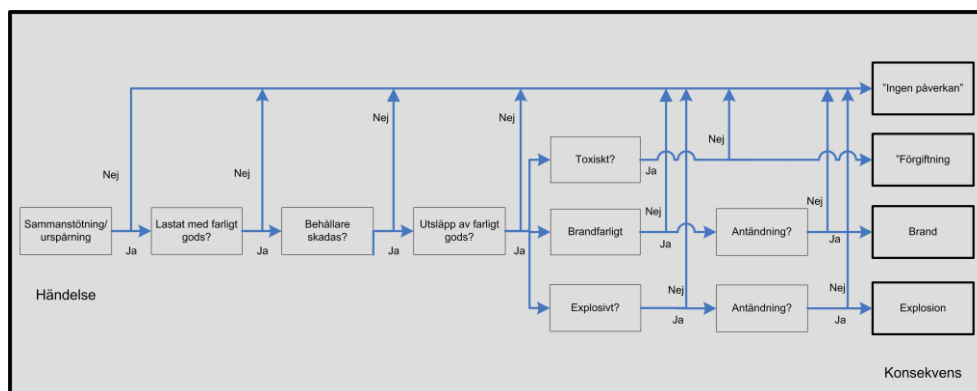
4.3 Faror vid olycka med farligt gods

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

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

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

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande. Detta beskrivs schematiskt i figur 19.



Figur 19. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I tabell 8 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 8. 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.

5 Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods

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

5.1 Individrisk för studerat område

I tabell 9 och tabell 10 redovisas individrisken med avseende på väg E6/E20, baserat på identifierade olyckshändelser. I tabellerna redovisas individrisken utan respektive med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder.

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

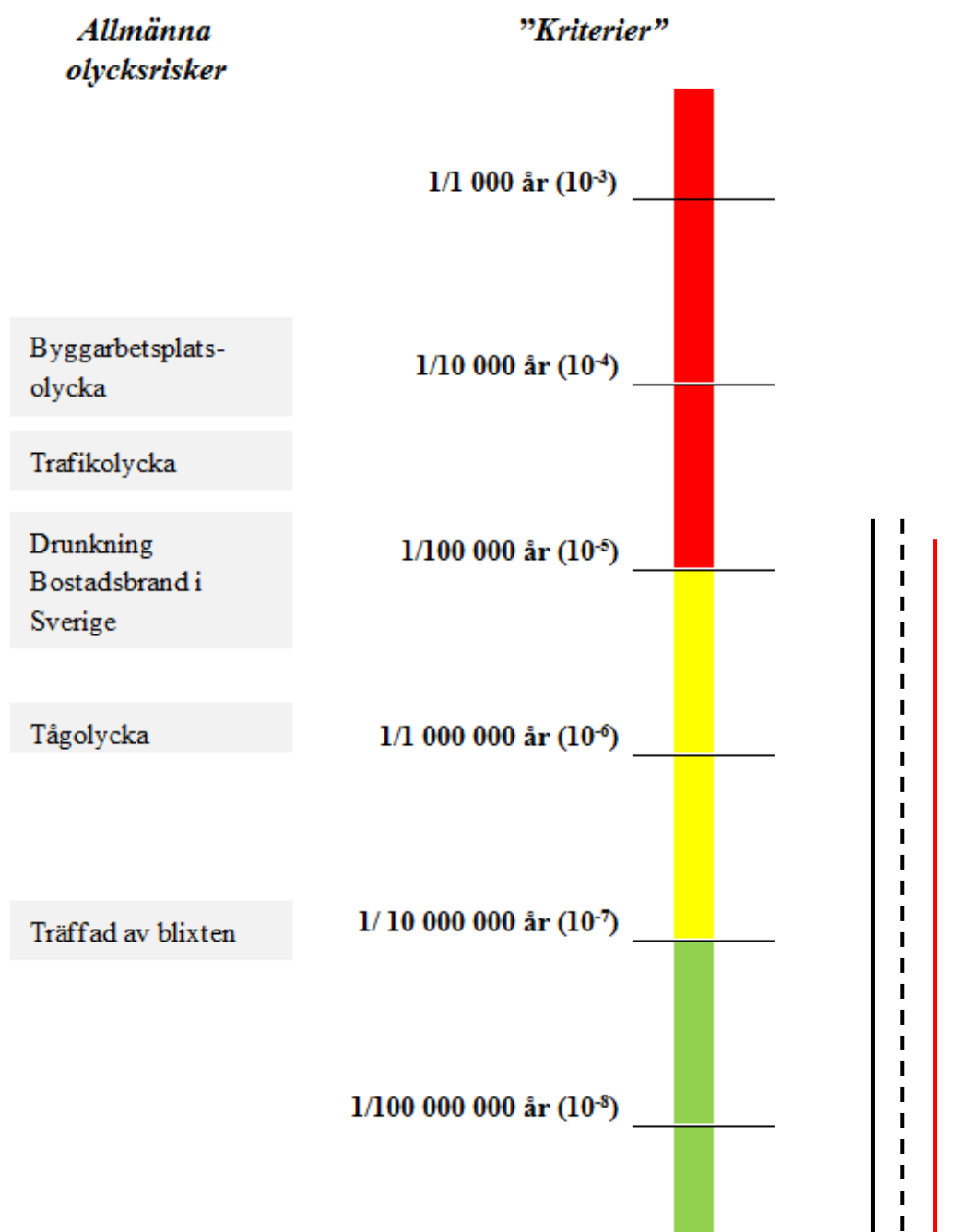
Tabell 9. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på väg E6/E20 utan hänsyn till skyddsåtgärder. Avståndintervallen avser avstånd från vägkant.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	3,1E-05	2,2E-05
25-50	5,0E-06	2,5E-06
50-100	1,1E-07	7,1E-08
100-150	1,0E-08	<1,0E-10
150-200	4,5E-09	<1,0E-10

Tabell 10. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på väg E6/E20 när hänsyn tagits till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder. Avståndsintervallen avser avstånd från väggkant.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	3,1E-05	3,0E-07
25-50	1,3E-06	3,1E-08
50-100	4,6E-08	1,6E-08
100-150	1,0E-08	<1,0E-10
150-200	4,5E-09	<1,0E-10

I figur 20 jämförs individrisken för platsen med andra risker som finns i samhället. Risknivån i figur 20 visar risken vid väggkant på väg E6/E20 då närmsta befintliga bebyggelse ligger inom 0-25 meter från väg E6/E20.

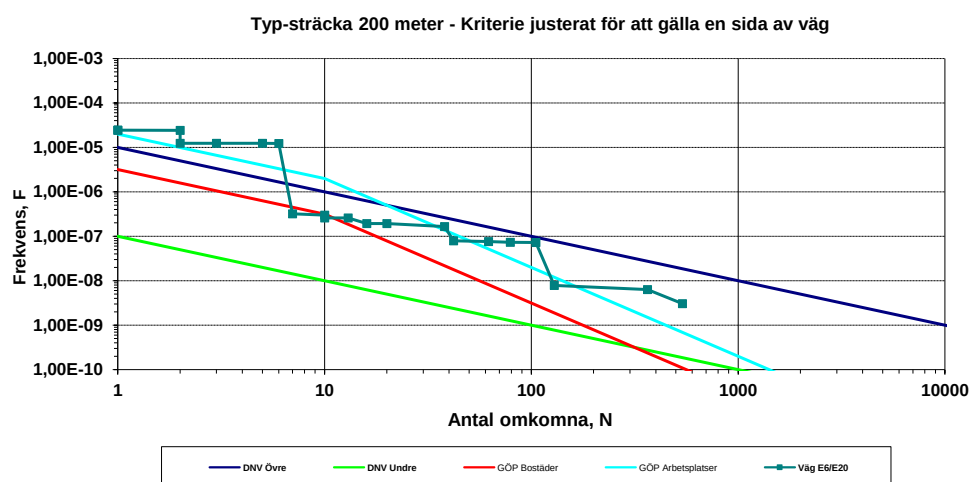


Figur 20. Individrisknivå för några andra risker samt DNV:s individuella riskkriterier. Svart linje=Individrisk utomhus, röd linje=Individrisk inomhus. Heldragen linje= ingen hänsyn till rekommenderade/införda skyddsåtgärder. Streckad linje=hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder. Rött område indikerar 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.

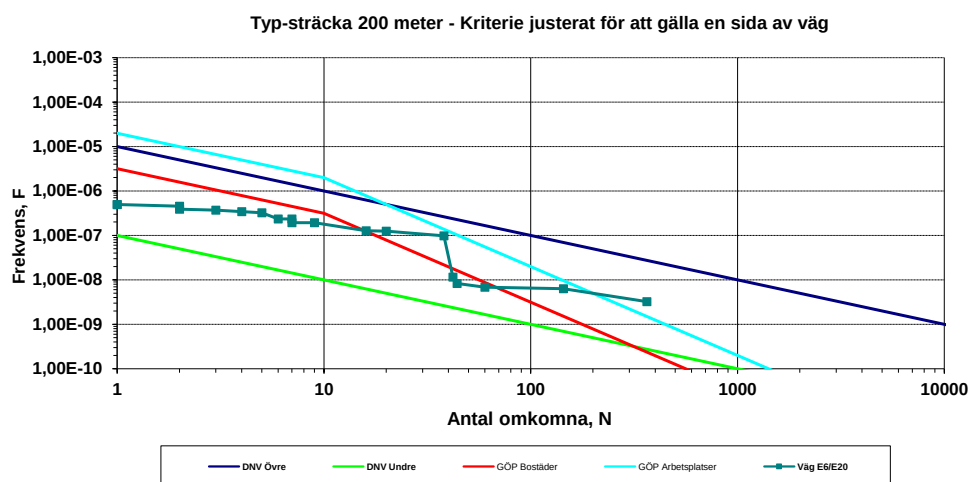
5.2 Samhällsrisk för aktuellt område

I detta kapitel presenteras FN-kurvor (samhällsrisk) för det studerade området efter att planerad verksamhet tillkommit. Samhällsrisk presenteras med respektive utan hänsyn till rekommenderade/införda 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 200 meter på en sida av vägen vilket motsvarar dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,1 och kriterier från GÖP har multiplicerats med 0,05 (200 meter). Beräkningarna av samhällsrisk redovisas i bilaga A.

I figur 21 presenteras samhällsrisk, för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse på området, utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen på området. I figur 22 presenteras samhällsrisk med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder (se kapitel 6.1 för rekommenderade skyddsåtgärder).



Figur 21. Samhällsrisk, 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 200 meter.



Figur 22. Samhällsrisk, med hänsyn till föreslagna 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 200 meter.

5.3 Diskussion kring resultat

5.3.1 Individrisk

Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån farligt godsled och individrisken inomhus reduceras något när hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder. Även individrisken utomhus reduceras på större avstånd än 25 meter när hänsyn tas till skyddsåtgärder. Anledningen till detta är att den skyddsåtgärd som påverkar individrisken utomhus är om det finns bebyggelse mellan individen och studerad farligt godsled. Befintlig bebyggelse bedöms utgöra en sådan barriär.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar individrisken inomhus och utomhus, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en oacceptabel risknivå 0-25 meter från väg E6/E20. Detta innebär att skyddsåtgärder skall införas för att minska risknivån. Jämfört med samma kriterier hamnar individrisken (inomhus och utomhus) 25-50 meter från väg E6/E20 på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnads nytta synpunkt. Detsamma gäller för individrisken utomhus 50-100 meter från väg E6/E20. På större avstånd än 50 meter hamnar individrisken inomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Detsamma gäller för individrisken utomhus på större avstånd än 100 meter från väg E6/E20.

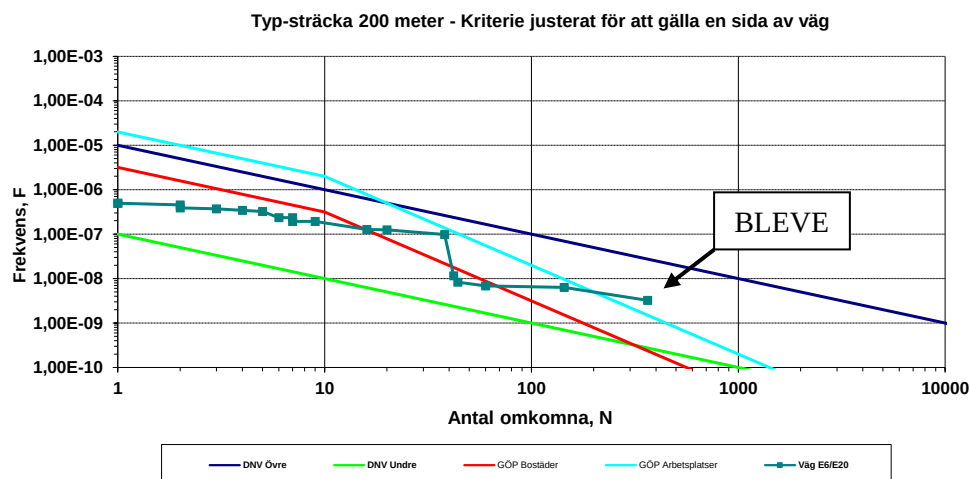
När hänsyn tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder reduceras risknivån inomhus samt utomhus (>25 meter). Detta innebär att endast individrisken utomhus 0-25 meter från väg E6/E20 hamnar på en oacceptabel nivå där skyddsåtgärder ska införas. Individrisken 0-25 meter (inomhus) samt 25-50 meter (utomhus) från väg E6/E20 reduceras till en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. På större avstånd än 25 meter (inomhus)

respektive 50 meter (utomhus) hamnar individrisken på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

5.3.2 Samhällsrisk

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar samhällsriskerna över DNV:s övre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsriskerna inte bedöms som acceptabel.

Samhällsriskerna reduceras när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder. När detta görs hamnar den samlade samhällsriskerna över DNV:s undre kriterie och strax över kriteriet för kontor enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie. Att sänka risknivån ytterligare för att hamna under GÖP:s kriterie för kontor bedöms vara mycket svårt. Detta då den olyckshändelse som ligger över GÖP:s kriterie för kontor är BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), se figur 23.



Figur 23. Den olyckshändelse som gör att risknivån hamnar över GÖP:s kriterie för kontor är BLEVE.

En 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. Vid en BLEVE bildas ett eldklot som ger upphov till värmestrålning och tryckeffekter. Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie. Tryckeffekterna bedöms vara betydligt större än den dimensionerande explosionslasten av en explosion med 10 kg gasol man vanligtvis använder vid samhällsplanering längsmed farligt godsleder i Göteborg. Att dimensionera byggnader för att motstå en BLEVE och därmed skydda personer inomhus bedöms inte rimligt med avseende på kostnad/nytta. Att skydda människor utomhus mot effekterna av en BLEVE bedöms inte heller rimligt.

Det bör noteras att det planeras hotellverksamhet inom det studerade området. Denna utgör dock enbart ca 4,5% av det totala antalet kvadratmeter som tagits i beaktning i denna riskanalys (7 700 av totalt 166 000 m²). Detta innebär att ett

viktat kriterie baserat på GÖP bostäder och GÖP kontor i princip är identiskt med GÖP kontor, varför det bedöms rimligt att i det här fallet i första hand jämföra samhällsrisk mot kriteriet för kontor i GÖP.

5.4 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 då mycket höga värden avseende antalet farligt godstransporter har använts både för väg och järnväg. 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 D.

6 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 väggkant 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. Befintligt P-hus ligger idag ca 15 meter från väg E6/E20 vilket medför att ett bebyggelsefritt område 0-30 meter från väg E6/E20 inte uppfylls. En eventuell påbyggnad av det befintliga p-huset med parkering i ytterligare två plan påverkar dock inte det befintliga bebyggelsefria området. Övrig ny bebyggelse planeras på större avstånd än 30 meter.

Enligt de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att kontor ska placeras på större avstånd än 50 meter från transportled för farligt gods (väg). Majoriteten av ny kontorsbebyggelse följer dessa riktlinjer. Nya kontor planeras som närmast ca 45 meter från väg E6/E20. Även majoriteten av den befintliga kontorsbebyggelsen inom det studerade området följer dessa riktlinjer. I GÖP (1999) finns inga specifika avstånd till hotellverksamhet.

I den riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006) som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län gemensamt har tagit fram framgår hur olika verksamheter bör placeras i relation till farligt godsled. Skalan anger inga avstånd utan endast en principiell zon-indelning, se figur 2. Enligt dessa riktlinjer bör hotell placeras i zon C, kontor i zon B och parkering i zon A. Då utbyggnad av p-hus, nya kontor respektive hotell planeras på större avstånd än 15 meter, 45 meter respektive 80 meter från väg E6/E20 bedöms planerad bebyggelse följa dessa riktlinjer.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar individrisken inomhus och utomhus, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en oacceptabel risknivå 0-25 meter från väg E6/E20. När hänsyn tas till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder reduceras risknivån inomhus samt utomhus (>25 meter). Detta innebär att endast individrisken utomhus 0-25 meter från väg E6/E20 hamnar på en oacceptabel nivå där skyddsåtgärder ska införas. Individrisken 0-25 meter (inomhus) samt 25-50 meter (utomhus) från väg E6/E20 reduceras till en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. På större avstånd 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, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, över DNV:s övre kriterie, se figur 21. Detta innebär att risken inte bedöms som acceptabel. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder reduceras samhällsrisk till en nivå under DNV:s övre kriterie och strax över kriteriet för kontor enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie, se figur 22. Den olycksscenario som gör att samhällsrisknivån hamnar på en nivå över GÖP:s kriterie för kontor är BLEVE. Att dimensionera byggnader för att motstå en BLEVE och därmed skydda personer inomhus från detta olycksscenario bedöms inte rimligt med avseende på kostnad/nytta.

Beräknade risknivåer bedöms som rimliga då personintensiteten nära väg E6/E20 är låg samt att planerad och befintlig bebyggelse i stor sett följer riktlinjerna i GÖP (1999) avseende placering av olika typer av bebyggelse intill farligt godsled (väg).

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av väg E6/E20 möjlig förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder/skyddsavstånd beaktas vid ny bebyggelse. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning som presenteras under kapitel 3.

6.1 Skyddsåtgärder

Följande skyddsåtgärder föreslås med avseende på närhet till **väg E6/E20**:

- Befintligt bebyggelsefritt område mellan väg E6/E20 och befintliga P-hus närmast vägen skall förbli bebyggelsefritt. Detta område sträcker sig ca 15 meter från väg E6/E20 (närmsta väggkant).
- Ingen ny bebyggelse ska uppföras på avstånd mindre än 30 meter från väg E6/E20 (närmsta väggkant). Det bedöms dock möjligt att addera våningar som

inrymmer parkering ovanpå befintligt P-hus i enlighet med det förslag som redovisas i kapitel 3.1 (se byggnad 5 i figur 12) förutsatt att nedanstående krav på skyddsåtgärder beaktas.

- › Bebyggelsefritt område skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- › Barriär/skydd mellan studerat område och väg E6/E20 skall finnas som motverkar att vätska kan rinna in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank/vägg som är tät i nedkant. Det dike som idag finns mellan befintligt P-hus och väg E6/E20 bedöms utgöra en sådan barriär.
- › Ny kontorsverksamhet/handel skall ej placeras närmare än 45 meter från väg E6/E20.
- › Ny hotellverksamhet skall ej placeras närmare än 80 meter från väg E6/E20.
- › Ventilationsintag skall placeras högt upp och vetta bort från väg E6/E20. Kravet gäller all ny bebyggelse samt befintlig kontorsbebyggelse inom 50 meter från väg E6/E20.
- › Inom 50 meter från väg E6/E20 skall utrymning bort från väg E6/E20 vara möjlig.
- › Fasadkrav för befintlig bebyggelse (första radens bebyggelse, vilket motsvarar befintliga P-hus närmast väg E6/E20): Alla fasader inklusive tak skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Fasaderna skall ej ha fönster/öppningar som vetter mot väg E6/E20.
- › Fasadkrav för ny bebyggelse (0- 30 meter från väg E6/E20, vilket motsvarar påbyggnad av befintligt P-hus): Alla fasader inklusive tak skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Fasaderna skall ej ha fönster/öppningar som vetter mot väg E6/E20.
- › Fasadkrav för ny bebyggelse (30-50 meter från väg E6/E20): Alla fasader inklusive tak skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Eventuella fönster ska vara EI30-klassade (vädringsläge är ej tillåtet).
- › Ny bebyggelse (0-50 meter från väg E6/E20) skall utformas så att de kan motstå en gasmolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det körfält som ligger närmast byggnaderna. Detta krav syftar till att byggnaderna ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.
- › Första radens befintliga bebyggelse i förhållande till väg E6/E20 (motsvarar befintligt P-hus) skall utformas så att de kan motstå en gasmolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det körfält som ligger närmast byggnaderna. Detta krav syftar till att byggnaderna ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Notera att åtgärder med avseende på brandskydd för befintlig bebyggelse endast gäller första radens bebyggelse vilket motsvarar befintliga P-hus närmast väg E6/E20.

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

Baserat på tidigare riskutredningar² som utförts av COWI i liknande ärenden samt att avståndet mellan studerat område och befintlig bensinstation är som minst ca 70 meter bedöms följande skyddsåtgärd vara relevanta ur risksynpunkt map närheten till bensinstationen.

- › Entréer till första radens hus mot bensinstation bör om möjligt vetta bort från bensinstationen.

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

² COWI (2016) och COWI (2015)

7 Referenser

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

COWI (2016), RISKANALYS MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS, MUNSPELSGATAN, 2016-04-11

COWI (2015), ÖVERSIKTLIG RISKUTREDNING FÖR DELOMRÅDET SKEPPSBRON, SÖDER OM MUNKSJÖN, JÖNKÖPING, 2015-09-08

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

FBE (2008), Riskanalys avseende transporter av farligt gods förbi Projektet Mölndals centrum, Rev 07, 2008-06-12, FB Engineering AB

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

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

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

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

Larsson (2016), Mail från Magnus Larsson på Stadsbyggnadskontoret Göteborg daterat 2016-03-18 innehållande uppgifter (ytor) avseende befintligt och ny bebyggelse.

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

Platzer (2015), Illustrationer: *The skyline*, 2015-09-21

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

Räddningsverket (2008), *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer*. Handbok, Maj 2008. ISBN: 978-91-7253-394-3

SBK (2016), Stadsbyggnadskontorets presentation: *Detaljplan för kontor vid Ullevigatan*

SBK (2017), Material erhållet av Mikaela Ranweg vid Stadsbyggnadskontoret, Göteborg

SIKA (2008), *Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2007*, SIKA 2008:13

Skanska (2016), Illustrationer: *GCG GÖTEBORG CITY GATE*, 2016-03-10

SRV (2006), *Kartläggning av farligt godstransporter september 2006*, Räddningsverket

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

SRV (1996), *Riskbedömning vid transport av farligt gods*. B20-194/96, Räddningsverket 1996

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

Trafikanalys (2010), Lastbilstrafik 2009, statistik 2010:3, www.trafa.se,

Trafikanalys (2015), *PM 2015:3 – Möjligheter att kartlägga flöden av farligt gods i Sverige – En förstudie*, 2015-03-03

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

WSP (2015), *Detaljerad riskbedömning för detaljplan, Transport av farligt gods på väg och järnväg Forsåkerområdet, Mölndal*, 2015-01-28

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

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

Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

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

Frekvens för vägolycka med farligt gods

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

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

För att beräkna olycksfrekvens utifrån nationell statistik används följande värden:

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

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

Skalning av olycksfrekvenser

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

Frekvens för olycksscenarier

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en 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.

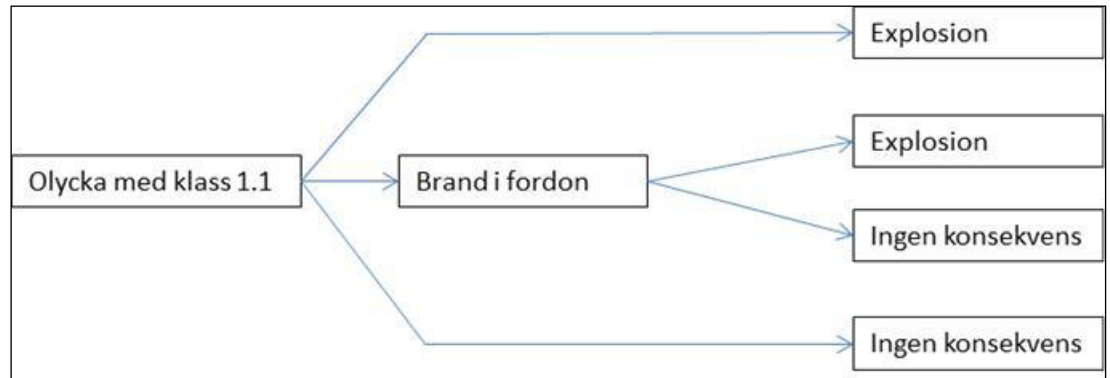
Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

A.1 Olycka med massexplodivt ämne

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

Vid transport av 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

Vägoilycka

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

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

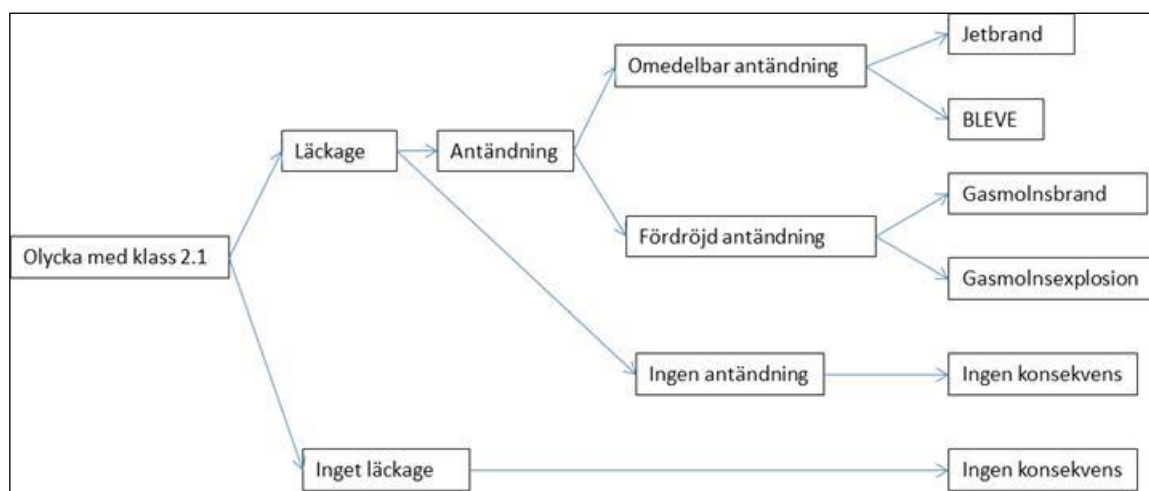
Sannolikheten för explosion kan därmed beskrivas enligt följande:

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

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

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.

VägoLycka

Sannolikhet att en olycka med klass 2.1 ska resultera i ett läckage bedöms utifrån SRV (1996). Index för farligt godsolycka, d.v.s. att en olycka resulterar i ett utsläpp anges här till mellan ca 0,2 till 0,4 vid hastigheter mellan 70 till 110 km/h. Detta gäller samtliga typer av tankar. För tjockväggiga tankar reduceras värdet med en faktor 30. Med ett genomsnittligt index av 0,3 och en reduktion med en faktor 30 erhålls en sannolikhet för läckage av 0.01, d.v.s. en olycka av 100 resulterar i läckage. Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Jetbrand

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

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

Gasmolnsbrand

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

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

Gasmolnsexplosion

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

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

BLEVE

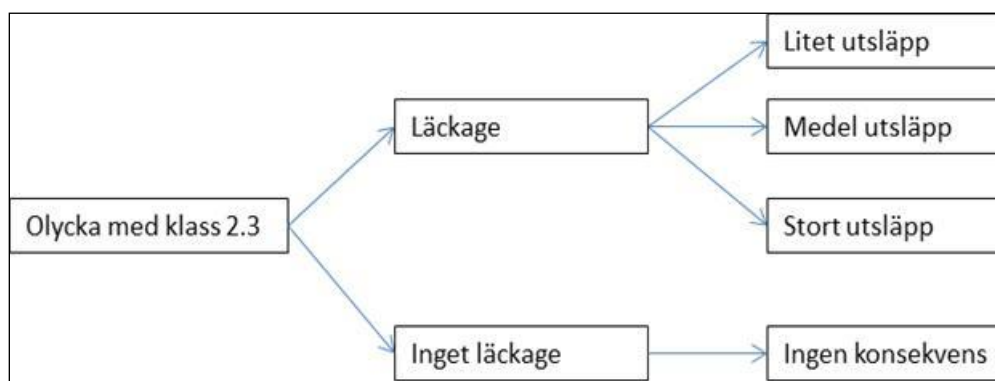
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

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

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

A.3 Olycka med giftig gas

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



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

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

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

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

Vägolycka

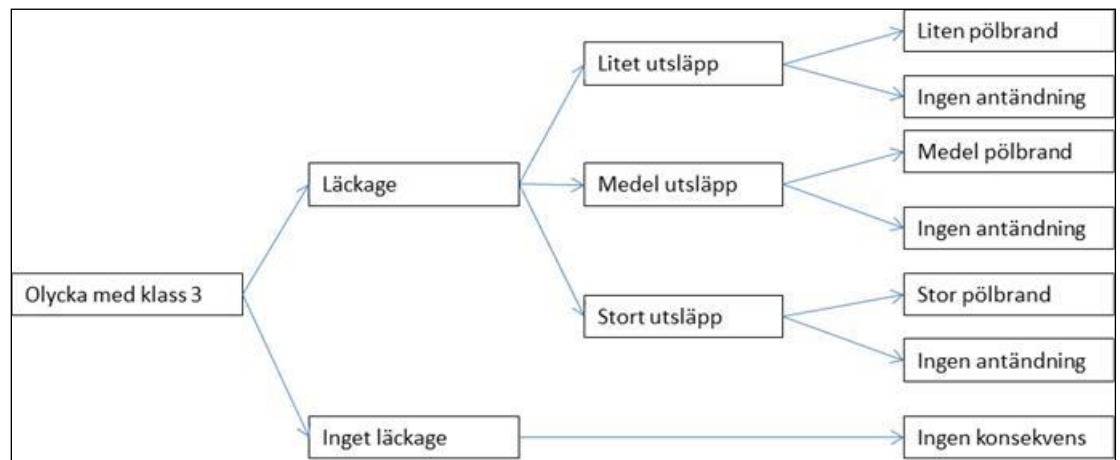
Sannolikheten för utsläpp av giftig gas (för medel/stort) beskrivs enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.3}} \cdot 0.5$$

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

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 pölbrandsscenarion kan sättas upp:

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

Vägoilycka

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

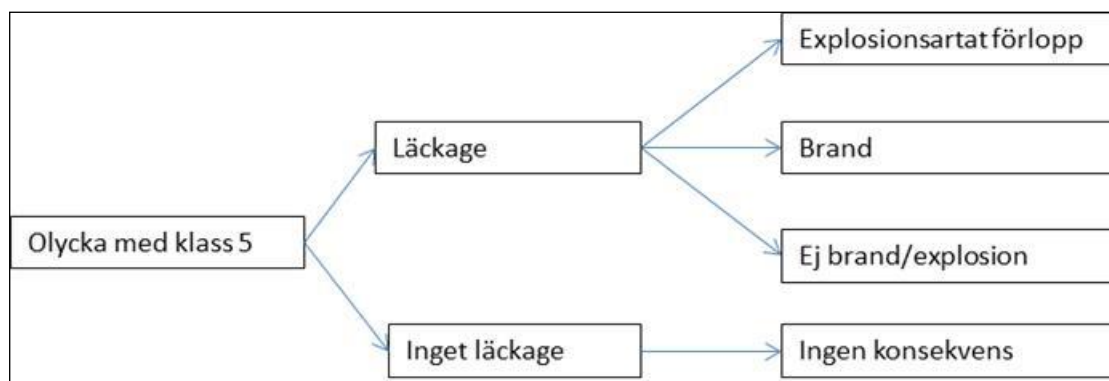
Sannolikheten för en olycka på väg (medel/stort utsläpp) kan beskrivas enligt följande:

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

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

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.

Vägoilycka

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

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

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

A.6 Riskreducerande faktorer

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

- Skyddsåtgärd: Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled. Med ventilationsåtgärder för den första radens bebyggelse bedöms andelen omkomna inomhus i denna zon kunna korrigeras från grundberäkningens 10% till 1% för olyckor med giftig gas.
- Skyddsåtgärd: Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån farligt godsled) skall utformas/är utformade med ytskikt i obrännbart material.

Skyddsåtgärder beräknas medföra att personer inomhus inte omkommer vid brand förutsatt att de utrymmer byggnaden.

- › Skyddsåtgärd: Ej första radens bebyggelse. Med tät, buffrande och avskärmande bebyggelse närmst riskkällorna bedöms andelen omkomna kunna sänkas med 25% för explosioner och giftiga gaser och 75% för bränder. WSP (2015).

Vidare förutsätts att planerad bostadsbebyggelse från väg E6/E20 dimensioneras så att den kan motstå en gasmolnexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum på väg E6/E20, detta föreslås som en åtgärd (skall-krav) i avsnitt 6.1.

A.7 Resultat av beräkningar

Notera att sannolikheten för att en händelse ska inträffa är den samma oavsett om hänsyn tas/inte tas till studerade skyddsåtgärder, se tabell A.1. Detta beror på att studerade skyddsåtgärder är av konsekvensreducerande karaktär.

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

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (liten)	8,20E-08
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	1,00E-09
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	2,46E-07
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	5,18E-07
Olycka med klass 2.1- Gasmolnexplosion	1,30E-07
Olycka med klass 2.1- BLEVE	6,48E-09
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	9,20E-09
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	1,84E-09
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	2,38E-05
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,38E-05
Olycka med klass 5 -explosion	5,32E-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 godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt.

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

ADR-/RID- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
1 Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotal- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand Gasmolnsexplosion	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet ¹ . 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

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

Området kring led med farligt gods har delats in i intervall för att beskriva konsekvensen av en olycka på olika avstånd från en olycksplats. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar genomförda i Effekt Plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (RIB, 2012).

Resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar är sammanställt i tabell B.2 och visar hur stor andel av de personer som befinner sig utomhus respektive inomhus som bedöms omkomma till följd av en viss händelse.

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. 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). Värde inom parentes anger om värdet skiljer sig för väg.

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 ²)	0,5/0,1	0/0	0/0	0/0	0/0
	Stor pölbrand (200 m ²)	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

I bilaga D återfinns en känslighetsanalys för hur samhällskurvan förändras om antalet personer 51-100 meter från farligt godsled inte utrymmer byggnaden/området i den omfattning som antagits vid en BLEVE. I riskanalysen antas att 25% av personerna som vistas inomhus omkommer på detta avstånd, se tabell B.2 medan känslighetsanalysen antar att 100% omkommer.

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 massexplösivt 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, 1997) anges 0,02 bar (ca 2 kPa) som ett gränsvärde för att material inte ska flyga iväg.

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

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

Beräkningsmetodik

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

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

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

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

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

Konsekvenser för massexplösivt ämne

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

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Små Transporter	25 kg		200 kg		1000 kg	
Andelen omkomna	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

massexplosivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999).

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

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

B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka

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

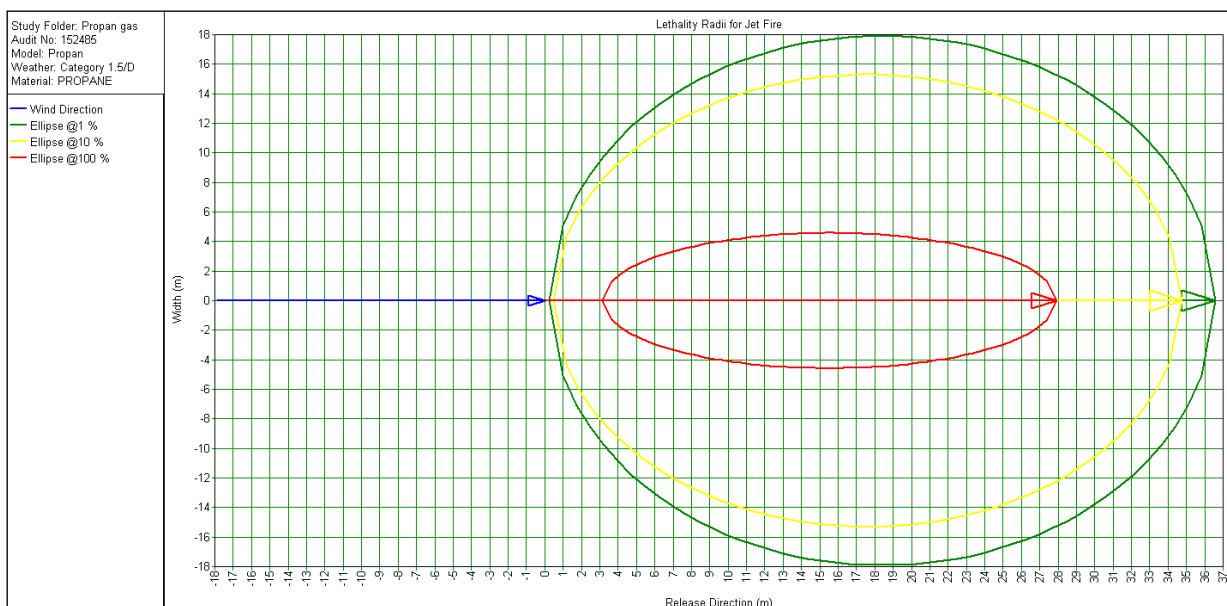
- Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expandning Vapour Explosion).
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

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

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Omfattningen och effekten av en jetbrand bestäms av om ämnet strömmar ut i gasfas eller vätskefas, om en fri jetstråle kan utvecklas samt av riktningen på denna. I flammans riktning och i närhet av utsläppet kommer strålningsnivåerna att vara mycket höga, över 40 kW/m². Personer som utsätts för denna strålningsnivå antas omkomma. Däremot avtar strålningsnivåerna snabbt både i sidled och i längsled.

Figur nedan 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.

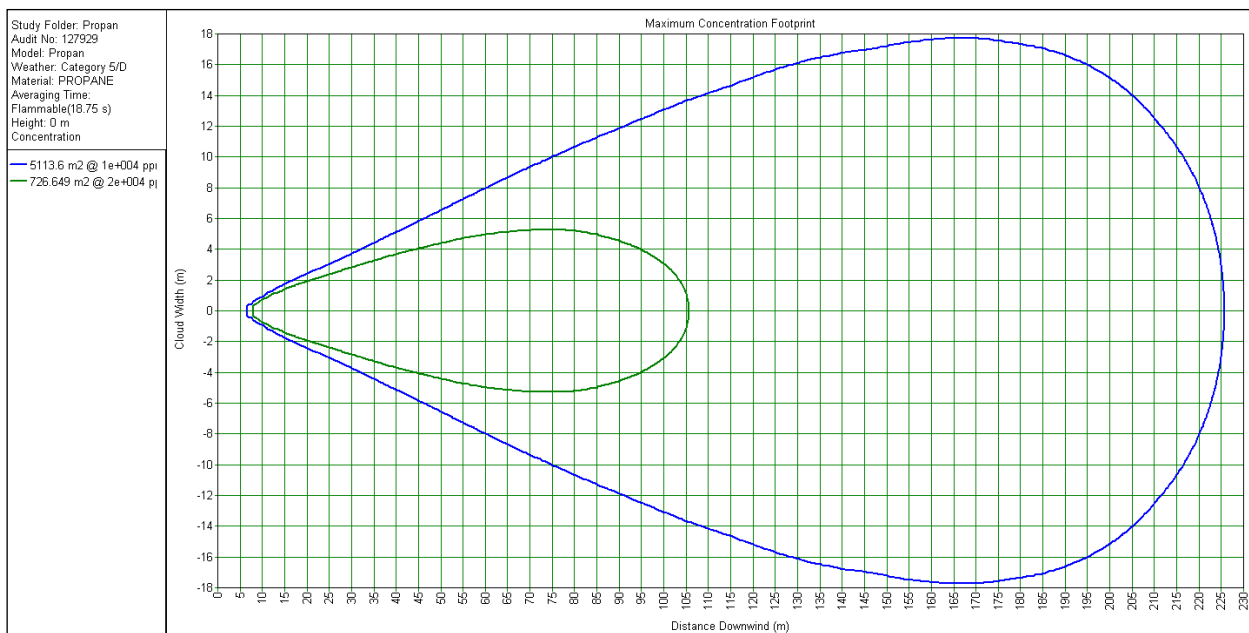
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

Personer som befinner sig inom eldklotet eller som utsätts för en strålningsnivå över 35 kW/m² 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 nedan 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 är avstånd till LEL ca 100 meter. Vid ett utsläpp i gasfas är motsvarande avstånd ca 20 meter.

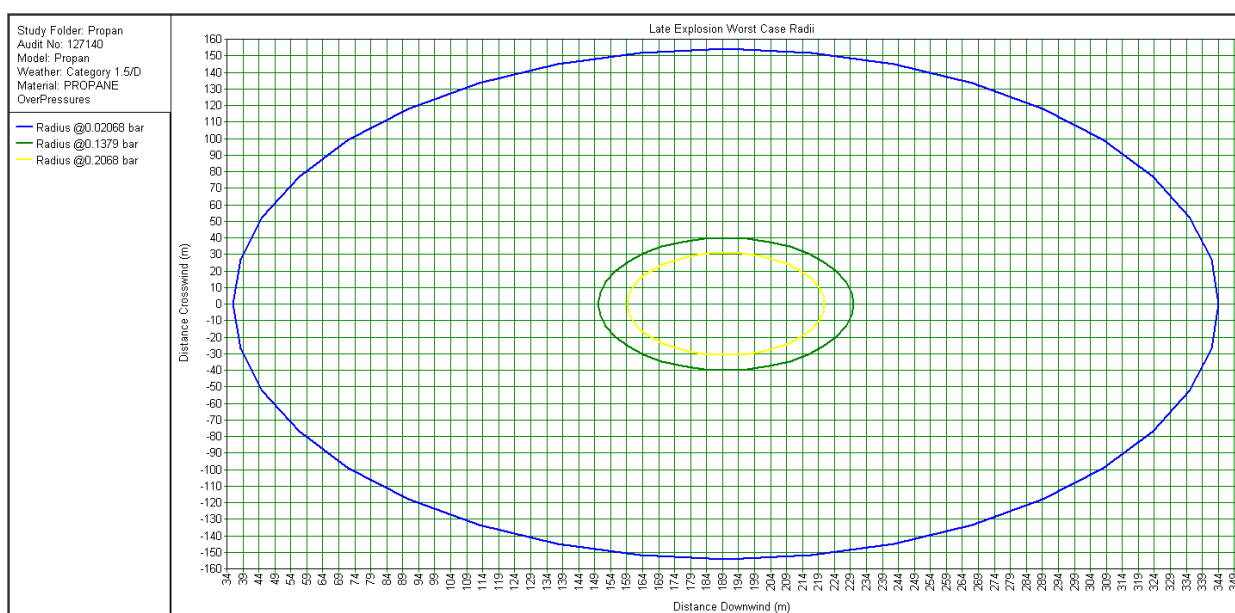
Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

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.

Gasmolnsexplosion

Ett fritt gasmoln som antänds ger som regel upphov till en gasmolnsbrand utan signifikant övertryck (TNO, 2005), vilket behandlats ovan. En explosion kan dock inte helt uteslutas. Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen.

Figur B.3 visar 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 ovan erhålls följande avstånd till trycknivåer från explosionscentrum (för jämförelse redovisas även utsläpp i gasfas).

Tabell B.9. Trycknivåer från explosionscentrum.

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

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

B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

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

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

Andelen omkomna beror på vilken toxisk gas som förekommer, utsläppets storlek, väderförhållande, inbyggda skydd etc. Risken för att omkomma är som störst närmast utsläppet. På längre avstånd minskar andelen omkomna men i samband med det ökar andelen svårt- och lindrigt skadade. Gasen sprider sig i vindens riktning vilket gör att 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 höjdlängd 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 ₃	3 luftväxlingar NH ₃
~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 ₃	3 luftväxlingar NH ₃
~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 lindrigt 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)

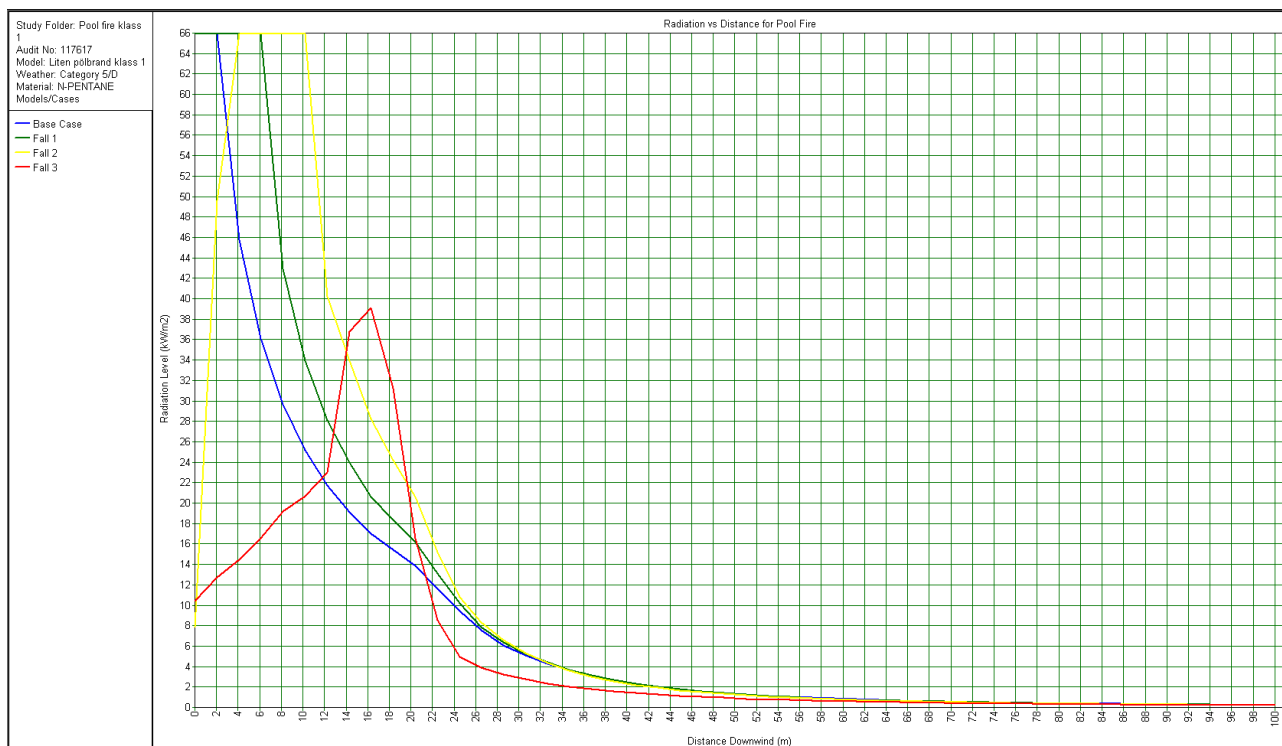
En tankbilsolycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensen och diesel. Bensen 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.

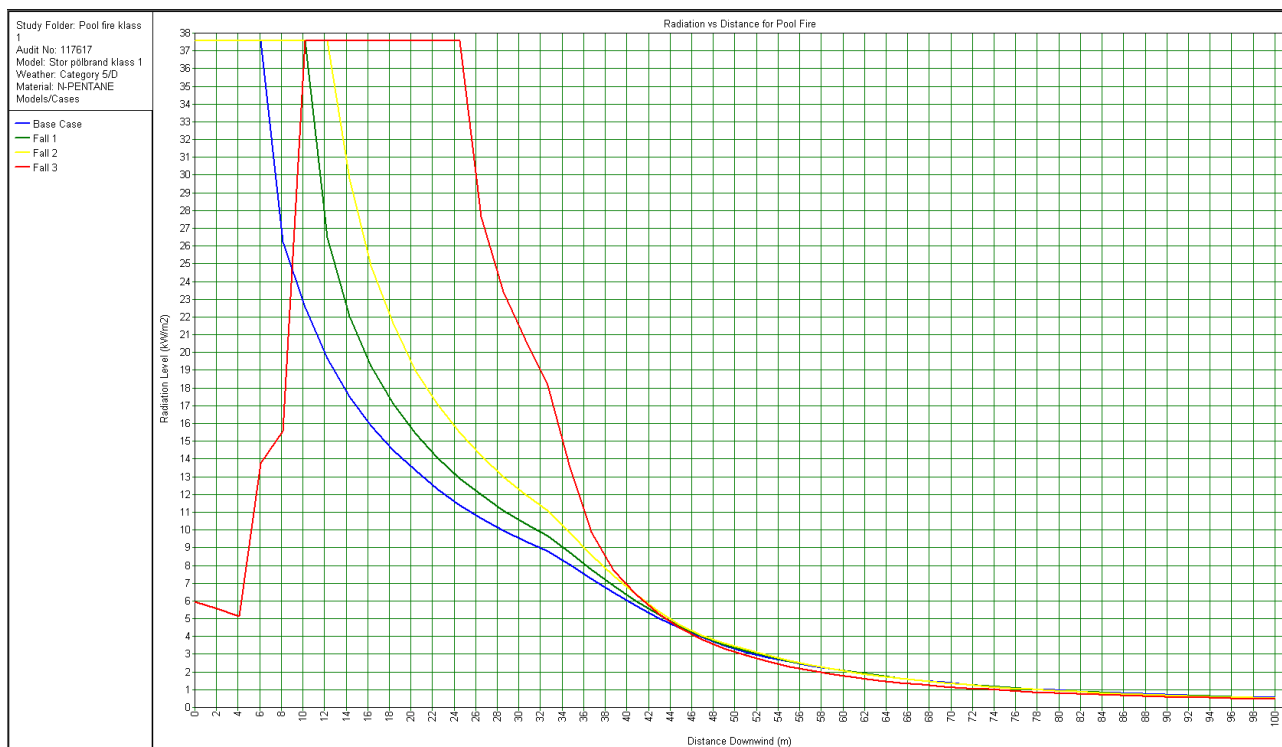
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- › Litet utsläpp: Bedöms inte ha någon påverkan på omgivningen
- › Medel utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 50 m²
- › Stort utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 200 m²

Strålningsnivåer som funktion av avstånd redovisas för 50 respektive 200 m² pölbrand i figur B.4 och B.5.



Figur B.4. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 50 m², 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/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 200 m², 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/m²) på marknivå respektive 15 meters höjd för brandarea 50 respektive 200 m².

Brandarea (m ²)	Strålning 0-20 m (kW/m ²)	Strålning 20-50 m (kW/m ²)	Strålning >50 m (kW/m ²)
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 ²	Smärta efter ca 8 sekunders exponering
10-11 kW/m ²	Smärta efter ca 3 sekunders exponering
13 kW/m ²	Outhärdlig smärta efter 2-3 sekunders exponering
16 kW/m ²	Blåsor och liknande brännskador uppstår efter ca 5 sekunders exponering
20 kW/m ²	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/m².

Långvarig strålning mot utrymmande personer får enligt Boverket inte överstiga nivåer om 2,5 kW/m². Kortvarig strålning får inte överstiga 10 kW/m².

Hur hög värmeinstrålning 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 ²	Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma
20 kW/m ²	Kriterie för överantändning i ett rum
29-30 kW/m ²	Spontan antändning av trä i det fria

Om strålningsnivån mot en byggnad kan begränsas till maximalt 15 kW/m² 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/m² innan kollaps.

B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

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

Maximalt kan en explosiv blandning motsvarande ca 3 ton erhållas vid en olycka och konsekvenserna är lika de som uppstår vid olycka med massexplosiva ämnen.

Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen (antalet omkomna) för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs. I denna analys används en explosion, motsvarande 200 kg som dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen. Denna mängd väljs som dimensionerande då den sannolikaste olyckan enligt GÖP är att oxiderande ämne blandas med fordonets smörj eller drivmedel (400-800 liter för en normal lastbil).

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 raseras inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

Bilaga C - Indata för beräkningar

Nedan följer material och uppgifter för antaganden i beräkningar för antal transporter förbi studerat område.

Genomsnittlig last

Trafikanalys (Lastbilstrafik 2009, Statistik 2010:3) ger följande:

- › Antal transporter (svenska lastbilar, yrkesmässig trafik med last, inrikes och utrikes): ca $19 \cdot 10^6$ st
- › Lastad godsmängd (svenska lastbilar, yrkesmässig trafik, in- och utrikes): ca $300 \cdot 10^6$ ton

Detta ger en medellast av ca 16 ton.

Andel farligt godstrafik av tung trafik

Trafikanalys (Lastbilstrafik 2009, Statistik 2010:3) ger följande:

- › Transportarbete (svenska lastbilar, yrkesmässig trafik, in- och utrikes): ca $33000 \cdot 10^6$ tonkm
- › Farligt gods (svenska lastbilar, in- och utrikes): ca $1400 \cdot 10^6$ tonkm

Detta ger andel farligt godstransporter av totala antalet godstransporter ca 4 %.

SRV kartläggning av farligt gods:

Mängder (maxvärden) transporterade klasser sammanställs i tabell C.1.

Tabell C.1. *Mängder farligt gods på väg E6/E20 (maxvärden) enligt SRV:s kartläggning år 2006.*

Farligt godsklass	SRV maxvärde * 12 månader (ton/år)
1. Explosiva ämnen	840
2.1. Brandfarliga gaser	21600
2.2. Icke brandfarliga gaser/ icke giftiga gaser	52800
2.3. Giftiga gaser	300
3. Brandfarliga vätskor	396000
4. Brandfarliga fasta ämnen, självantändande, ämnen som utvecklar brandfarlig gas i kontakt med vatten	17880
5.1. Oxiderande ämnen	5880
5.2. Organiska peroxider	24
6. Giftiga och smittsamma ämnen	3720
7. Radioaktiva ämnen	-
8. Frätande ämnen	139200
9. Övriga ämnen och föremål	138000
TOTALT (summerat)	776832

Bilaga D - 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. Beräkningarna utgår ifrån olika källor vilka har räknats upp med 20 % för att representera antalet transporter år 2030. Uppräkningen av transporterat farligt bedöms som konservativ. Det finns inga prognoser som bekräftar en ökning av godstransporterna varför ytterligare känslighetsanalys inte genomförts.

Omgivning:

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

Olycksfrekvens:

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

Konsekvenser:

Konsekvenserna av vissa händelser, t ex utsläpp av brandfarlig gas, är beroende på hur händelsen utvecklas - omedelbar antändning, fördröjd antändning av gasmoln, etc. Sannolikheter för dessa scenarier är baserade på tidigare COWI studier och beräkningar som genomförts i olika simuleringsprogram. Dessa ansatser stämmer i många fall väl överens med de ansatser som gjorts i (VTI, 1994) och Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods.

Generellt gäller att uppskattning av de konsekvenser som kan uppstå i form av omkomna och skadade personer i händelse av en farligt godsolycka baseras på Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, beräkningar utförda i Bfk (RIB, 2012) samt beräkningar i enlighet med de som beskrivs i bilaga B.

Metod för beräkning av risk:

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

Indelning i analysområde

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

Antagen placering av ”olyckscentrum”

Vid beräkning av samhälls- och individrisk har olyckan antagits inträffa på den ur risksynpunkt värsta punkten, d.v.s. mitt framför det studerade området.

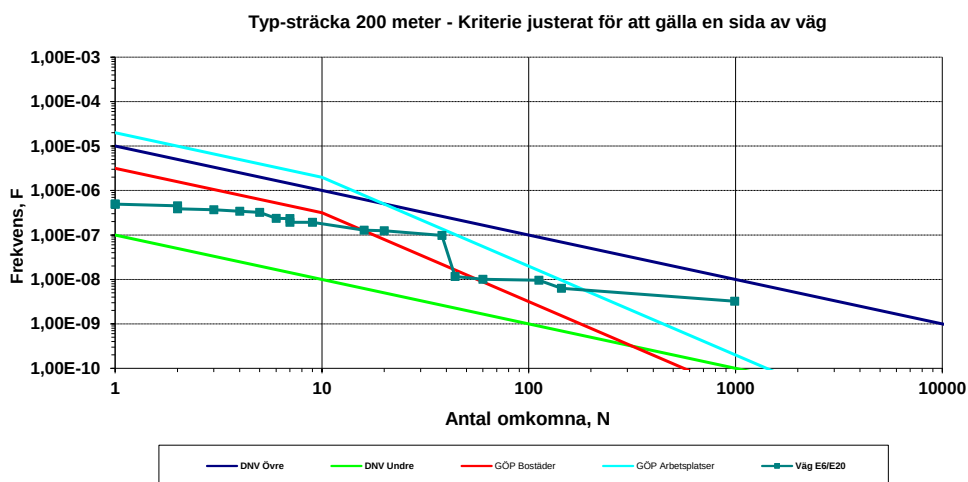
Scenarieutveckling

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.

Reducering av konsekvens från BLEVE vid införande av skyddsåtgärder:

I figur D.1 redovisas beräknad samhällsrisk där hänsyn tagits till befintliga och rekommenderade skyddsåtgärder och där 100% av personerna som visas inomhus 51-100 meter från farligt godsled omkommer vid en BLEVE.

Det kan konstateras att FN-kurvan (samhällsrisk) höjs till höger i figuren (se punkten längst till höger i figur D.1). Oavsett om 100 % eller 25 % av personerna 51-100 meter från studerade farligt godsled omkommer hamnar samhällsrisk på en nivå inom ALARP-området enligt DNV:s kriterier. Dock överskrider kriteriet för kontor enligt GÖP (för händelsen BLEVE).



Figur D.1. Samhällsrisk, med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder för det studerade området (punktad mörkröd linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos och röd linje). Kriterierna är justerade för att gälla 200 meter.

D.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.