

NOVEMBER 2015

RISKUTREDNING FÖR PROGRAM FÖR KALLEBÄCK



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

NOVEMBER 2014

RISKUTREDNING FÖR PROGRAM FÖR KALLEBÄCK

PROJEKTNR. A076567
DOKUMENTNR A076567/04/02/RAP001 – Riskutredning för program för Kallebäck
VERSION 1.0
UTGIVNINGSDATUM 2015-11-13
UTARBETAD Christoffer Käck
GRANSKAD Göran Davidsson
GODKÄND Gert Swenson

Sammanfattning

Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, arbetar med att ta fram ett program för Kallebäck inom stadsdelarna Kallebäck och Skår. Stadsbyggnadskontoret har givit COWI att utreda riskerna med farligt gods för området. Uppdraget innebär att genomföra en riskutredning i syfte att klargöra möjlig exploatering avseende antal personer, typ av verksamhet och geografisk placering i förhållande till leder för farligt gods. Riskutredningen ger rekommendationer och riktlinjer för vidare planering av Kallebäck. Risknivån för den bebyggelse som senare kommer att uppföras kommer att behöva utredas för varje specifik detaljplan. Det kan i det skedet såväl visa på ett ökat eller minskat behov av skyddsåtgärder och en minskning eller ökning avseende möjlig exploatering, beroende på den bebyggelse man faktiskt önskar uppföra.

Området har delats upp i tre delar vilka skiljer sig åt med avseende på farligt gods.

- › **Östra Kallebäck** där området löper längsmed väg 40
- › **Nordvästra Kallebäck** där området löper längsmed E6/E20, Kust till kustbanan, Västra stambanan samt avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40
- › **Sydvästra Kallebäck** där området löper längsmed E6/E20, Kust till kustbanan samt Västra stambanan

Nedan presenteras generella rekommendationer och skyddsåtgärder samt möjlig exploatering i varje delområde.

Generella rekommendationer och skyddsåtgärder

Följande generella skyddsåtgärder bedöms nödvändiga att ta hänsyn till i vidare planering/projektering för Kallebäck:

- › Barriär/skydd mellan studerat område och farligt godsled ska finnas som motverkar att vätska rinner in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank som är tätt i nedkant.
 - › Naturligt skydd (höjdskillnad) föreligger längsmed delar av både E6/E20 och väg 40.
- › Avåkningsskydd kan krävas längsmed de delar av väg 40 som löper på en högre höjd än området.
- › Ett bebyggelsefritt område motsvarande minst 30 meter mellan tillkommande bebyggelse och farligt godsled skall bibehållas. Markanvändningen för den bebyggelsefria zonen bedöms dock kunna användas till L, P, T och N enligt Boverket för plankartor rekommenderade förkortningar.
- › Området nära leden skall utformas på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- › Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån leden.

- › Det skall vara möjligt att utrymma byggnader inom 50 meter från farligt godsleder bort från leden
- › Placering av entréer bör ligga så långt ifrån leden som möjligt, gärna på motsatt sida.

Placering av verksamheter som kan anses vara speciellt skyddsvärda eller svårutrymda, exempelvis förskolor, skolor, sjukvårdsinrättningar, större sportarenor etc. bedöms inte vara lämpligt inom 100 meter från farligt godsled.

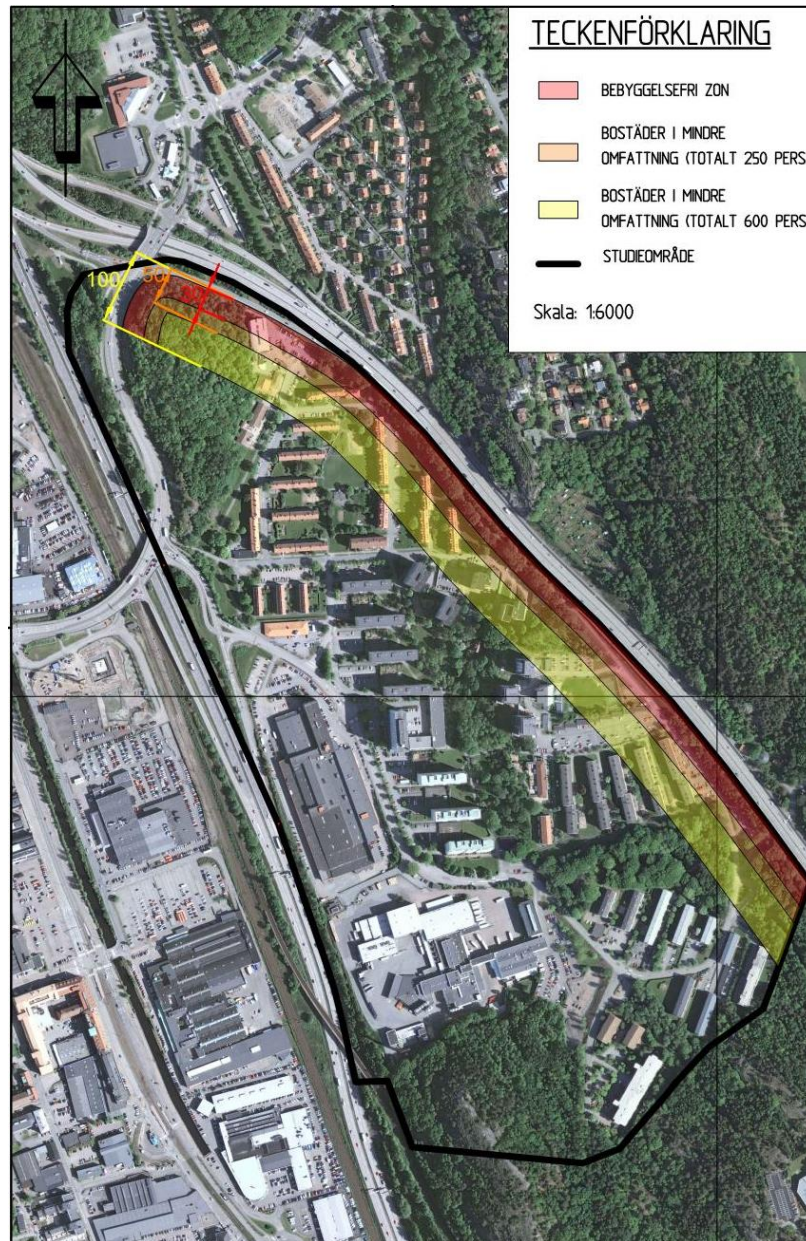
Östra Kallebäck

För området Östra Kallebäck har bostäder adderats längs med vägen. Antalet tillkommande personer på olika avstånd från vägen presenteras i tabell S.1. Antalet personer på avstånd längre än 100 meter från farligt godsled är valda för att visa på att tillkommande personer på detta avstånd har mycket låg påverkan på risknivån.

Tabell S.1. *Det maximala antal tillkommande personer som enligt beräkningarna kan bo på olika avstånd från väg 40.*

Avstånd	Antal tillkommande personer i bostäder
0-30	0
30-50	250
50-100	600
100-150	4000
150-200	4000

Värdena i tabell S.1. presenteras även grafiskt i figur S.1.



Figur S.1. Möjlig förtätning på olika avstånd från farligt godsled.

Baserat på de antaganden som gjorts vid bedömning av personintensiteten i denna analys (i snitt 2.5 personer per lägenhet) motsvarar det ca 100 bostäder på ett avstånd av 30-50 meter från väg 40 och ca 240 bostäder på ett avstånd av 50-100 meter.

Ovanstående förtätning har i beräkningarna av risknivån visat sig vara möjlig givet att följande skyddsåtgärder, utöver de generella skyddsåtgärder som nämnts tidigare, beaktas i fortsatt planering/projektering då dessa beaktats i beräkning av risknivån:

- › På byggnader 0-50 meter från farligt godsled skall fasader inklusive tak utformas med ytskikt i obrännbart material.
- › På byggnader 0-100 meter från farligt godsled skall ventilationsintag placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.

- › Byggnader 0-50 meter från farligt godsled skall utformas så att de kan motstå en dimensionerande explosionslast (vanligtvis 10 kg gasol) med sitt centrum på den del av Västkustbanan som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Om dessa skyddsåtgärder inte bedöms möjliga att införa på tillkommande bebyggelse kan det möjliga antalet tillkommande personer/bostäder reduceras.

Antalet tillkommande personer på olika avstånd är i beräkningarna baserat på att dessa sprids ut på hela sträckan (ca 1600 meter). Beroende på vilket område man vill förtäta kan även färre tillkommande personer förväntas rimligt.

En framtida förtätning bör, ur risksynpunkt, utgå från att man i första hand förtätar de områden som ligger längre från farligt gods led innan man överväger en förtätning av de områden som ligger nära. Då riskberäkningarna visar att risknivån påverkas mycket lite av de personer som bor mer än 100 meter från farligt godsled rekommenderas att en eventuell förtätning nära farligt godsled (inom 100 meter) sker där befintlig bebyggelse nära leden är låg. Detta för att hålla ned samhällsrisk. Exempel på sådana områden presenteras i figur S.2.



Figur S.2. Områden där avståndet mellan farligt godsled och befintlig bebyggelse är ca 100 meter.

Nordvästra Kallebäck

Det enligt beräkningarna största möjliga antalet tillkommande personer på olika avstånd från avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40 presenteras i tabell S.2. Antalet personer på avstånd längre än 100 meter från farligt godsled är valda för att visa på att tillkommande personer på detta avstånd har mycket låg påverkan på risknivån.

Tabell S.2. *Det maximala antal tillkommande personer som enligt beräkningarna kan arbeta och bo på olika avstånd från den avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40.*

Avstånd	Antal personer kontor eller motsvarande verksamheter	Antal personer bostäder
0-30	0	0
30-50	1000	0
50-100	0	1000
100-150	0	2000
150-200	0	2000

Värdena i tabell S.2. presenteras även grafiskt i figur S.3.



Figur S.3. Möjlig bebyggelse på olika avstånd från farligt godsled.

Baserat på de antaganden som gjorts vid bedömning av personintensiteten i denna analys (i snitt 2.5 personer per lägenhet och 0.04 personer/m² kontorsyta) motsvarar det ca 25 000 m² kontor eller motsvarande verksamheter på ett avstånd av 30-50 meter från väggkant och ca 400 bostäder på ett avstånd av 50-100 meter. Denna personintensitet är baserad på en sträcka av 750 meter. Om en kortare sträcka skall exploateras skall antalet personer skalas ned för att motsvara den kortare sträckan (för exempelvis en sträcka av 300 meter kan $300 \text{ m}/750 \text{ m} \times 25\,000 \text{ m}^2 = 10\,000 \text{ m}^2$ verksamheter bedömas vara en rimlig exploatering).

Med kontor eller motsvarande verksamheter avses arbetsplatser, kontor och dylika användningsområden som innebär relativt låg personintensitet. Dessa bedöms motsvara G, J, K, U, N, P, E, H och Y enligt Boverket för plankartor rekommenderade förkortningar.

Speciellt skyddsvärda eller svårutrymda verksamheter, exempelvis förskolor, hotell och sjukvårdsinrättningar, bör inte placeras inom 100 meter från farligt godsled.

I områdets norra del ligger idag en obebyggd kulle. Denna utsätts för risk från såväl de farligt godsleder som löper i Mölndalsåns dalgång som väg 40. Detta bedöms vara Kallebäck's mest utsatta plats med avseende på risker med farligt gods. Ett ur risksynpunkt rimligt användningsområde för denna del av Kallebäck är verksamheter med låg personintensitet. Dessa bedöms motsvara L, P, T, N, G, U och E enligt Boverket för plankartor rekommenderade förkortningar.

För att möjliggöra ovanstående förtätning krävs att följande skyddsåtgärder/förhållanden, utöver de generella skyddsåtgärder som nämnts tidigare, beaktas i fortsatt planering/projektering då dessa beaktats i beräkning av risknivån:

- › Första radens byggnader (kontor och verksamheter med liknande eller lägre personintensitet) placeras längsmed farligt godsleder så att de utgör en skyddande "skärm" för bakomliggande byggnader. Höjden på dessa byggnader bör om möjligt vara lika höga som närmast bakomliggande byggnad.
- › På första radens byggnader skall fasader inklusive tak utformas med ytskikt i obrännbart material.
- › På första radens byggnader skall ventilationsintag placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.
- › Första radens byggnader skall utformas så att de kan motstå en dimensionerande explosionslast (vanligtvis 10 kg gasol) med sitt centrum på den del av avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40 som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Om dessa skyddsåtgärder inte bedöms möjliga att införa på tillkommande bebyggelse kan det möjliga antalet tillkommande personer/bostäder reduceras.

Sydvästra Kallebäck

Det enligt beräkningarna största möjliga antalet tillkommande personer på olika avstånd från E6/E20 presenteras i tabell S.3. Antalet personer på avstånd längre än 100 meter från farligt godsled är valda för att visa på att tillkommande personer på detta avstånd har mycket låg påverkan på risknivån.

Tabell S.3. Det maximala antal tillkommande personer som enligt beräkningarna kan arbeta och bo på olika avstånd från E6/E20.

Avstånd	Antal personer kontor eller motsvarande verksamheter	Antal personer bostäder
0-30	0	0
30-50	1000	0
50-100	0	1000
100-150	0	2000
150-200	0	2000

Värdena i tabell S.3. presenteras även grafiskt i figur S.4.



Figur S.4. Möjlig bebyggelse på olika avstånd från farligt godsled.

Baserat på de antaganden som gjorts vid bedömning av personintensiteten i denna analys (i snitt 2.5 personer per lägenhet och 0.04 personer/m² kontorsyta) motsvarar det ca 25 000 m² kontor eller motsvarande verksamheter på ett avstånd av 30-50 meter från väggkant och ca 400 bostäder på ett avstånd av 50-100 meter. Vid avståndsbestämning bör en framtida breddning av väg E6/E20, enligt figur fördjupad översiktsplan från 2013, användas som utgångspunkt. Denna personintensitet är baserad på en sträcka av 750 meter. Om en kortare sträcka skall exploateras skall antalet personer skalas ned för att motsvara den kortare sträckan (för exempelvis en sträcka av 300 meter kan $300 \text{ m}/750 \text{ m} \times 25\,000 \text{ m}^2 = 10\,000 \text{ m}^2$ verksamheter bedömas vara en rimlig exploatering).

Med kontor eller motsvarande verksamheter avses arbetsplatser, kontor och dylika användningsområden som innebär relativt låg personintensitet. Dessa bedöms motsvara G, J, K, U, N, P, E, H och Y enligt Boverket för plankartor rekommenderade förkortningar.

Speciellt skyddsvärda eller svårutrymda verksamheter, exempelvis förskolor, hotell och sjukvårdsinrättningar, bör inte placeras inom 100 meter från farligt godsled.

För att möjliggöra ovanstående förtätning krävs att följande skyddsåtgärder/förhållanden, utöver de generella skyddsåtgärder som nämnts tidigare, beaktas i fortsatt planering/projektering då dessa beaktats i beräkning av risknivån:

- › Första radens byggnader (kontor och verksamheter med liknande eller lägre personintensitet) placeras längsmed farligt godsleder så att de utgör en skyddande "skärm" för bakomliggande byggnader. Höjden på dessa byggnader bör om möjligt vara lika hög som närmast bakomliggande byggnad.
- › På första radens byggnader skall fasader inklusive tak utformas med ytskikt i obrännbart material.
- › På första radens byggnader skall ventilationsintag placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.
- › Första radens byggnader skall utformas så att de kan motstå en dimensionerande explosionslast (vanligtvis 10 kg gasol) med sitt centrum på den del av E6/E20 som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Om dessa skyddsåtgärder inte bedöms möjliga att införa på tillkommande bebyggelse kan det möjliga antalet tillkommande personer/bostäder reduceras.

Innehåll	Sammanfattning	I
1	Inledning	12
1.1	Bakgrund och syfte	12
1.2	Omfattning - Avgränsning	12

2	Beskrivning av risk och kriterier	13
2.1	Risk	13
2.2	Relevanta riktlinjer	14
2.3	Riskacceptans	16
2.4	Acceptanskriterier avseende farligt gods	17
3	Förutsättningar	20
4	Möjlig exploatering enligt befintliga riktlinjer	22
5	Exploateringsscenarier	25
5.1	Östra Kallebäck	26
5.2	Nord- och sydvästra Kallebäck	28
6	Trafik och transporter med farligt gods	30
6.1	Västkustbanan	30
6.2	Kust till kustbanan	31
6.3	Väg E6/E20/E20	31
6.4	Väg 40	33
7	Faror vid olycka med farligt gods	36
8	Bedömning av risknivå	39
8.1	Individrisk för studerat område	39
8.2	Samhällsrisk för aktuellt område	41
8.3	Diskussion kring resultat	47
8.4	Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	48
9	Diskussion, rekommendationer och skyddsåtgärder	49
9.1	Möjlig exploatering och skyddsåtgärder	50
10	Referenser	58
	Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	61
	Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	62
A.1	Olycka med massexplodivt ämne	65
A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan)	66
A.3	Olycka med giftig gas	68
A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin	69
A.5	Olycka med oxiderande ämne	70
A.6	Resultat av beräkningar	71

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser	76
Bilaga B - Bedömning av konsekvenser	77
B.1 Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)	80
B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	84
B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	88
B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	90
B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	93
Bilaga C - Indata för beräkningar	95
Bilaga C - Indata för beräkningar	96
Bilaga D - Känslighetsanalys	98
Bilaga D - Känslighetsanalys	99

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, arbetar med att ta fram ett program för Kallebäck inom stadsdelarna Kallebäck och Skår. Målet är att skapa en attraktiv och hållbar blandstad ur ett socialt, kulturellt, ekologiskt och ekonomiskt perspektiv. Idag finns flera förfrågningar om utveckling av nya bostäder och verksamheter i Kallebäck. Totalt rör det sig om ca 2500 nya bostäder och verksamheter. I samband med de nya bostäderna kommer behovet av förskolor och skolor att öka. Antalet nya bostäder för med sig ett krav på ca 40 000 kvm utbildningslokaler och uteplatser. Programområdet Kallebäck är omgivet av trafikinfrastruktur som E6/E20, Väst kustbanan, Kust till kustbanan samt väg 40.

Uppdraget innebär att genomföra en riskutredning i syfte att klarlägga möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till leder för farligt gods. Uppdraget gäller för programnivå vilket innebär att det inte finns ett fast planförslag att utgå ifrån. Programmet behöver utreda förutsättningar för området och få en riskutredning som underlag inför framtagande av programförslag och fortsatt detaljplanering.

1.2 Omfattning - Avgränsning

Riskanalysen omfattar identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som bedöms transporteras på farligt godsleder förbi området. Då riskutredningen genomförs i programskedet görs en övergripande bedömning av möjligheterna till fortsatt planering för området. Baserat på en, i samråd med SBK och Räddningstjänsten överenskommen, önskvärd/rimlig exploatering genomförs sannolikhets- och konsekvensberäkning för olyckor med farligt gods. Vilka skyddsåtgärder som krävs för att denna exploatering skall vara möjlig fastslås.

Riskutredningen ger rekommendationer och riktlinjer för vidare planering av Kallebäck. Risknivån för den bebyggelse som senare kommer att uppföras kommer att behöva utredas för varje specifik detaljplan. Det kan i det skedet såväl visa på ett ökat eller minskat behov av skyddsåtgärder och en minskning eller ökning avseende möjlig exploatering, beroende på den bebyggelse man faktiskt önskar uppföra.

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 gällande riktlinjer för det aktuella området

2.1 Risk

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

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

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

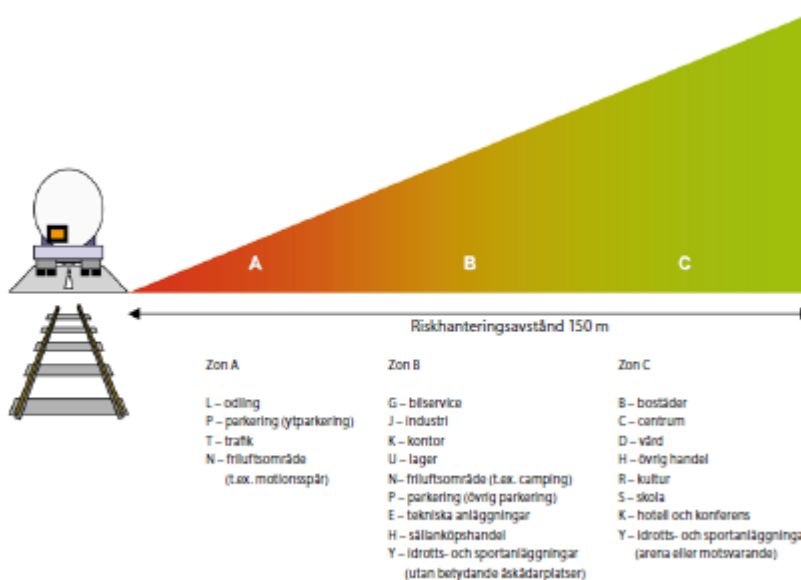
Samhället accepterar hantering av farliga ämnen. Användning av olika kemiska varor innebär också transporter av dessa mellan olika platser. Idag är de flesta konsekvenser som orsakas av utsläpp av farliga ämnen kända. Därför har hanteringen belagts med restriktioner och krav på utrustning, bland annat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

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

2.2 Relevanta riktlinjer

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

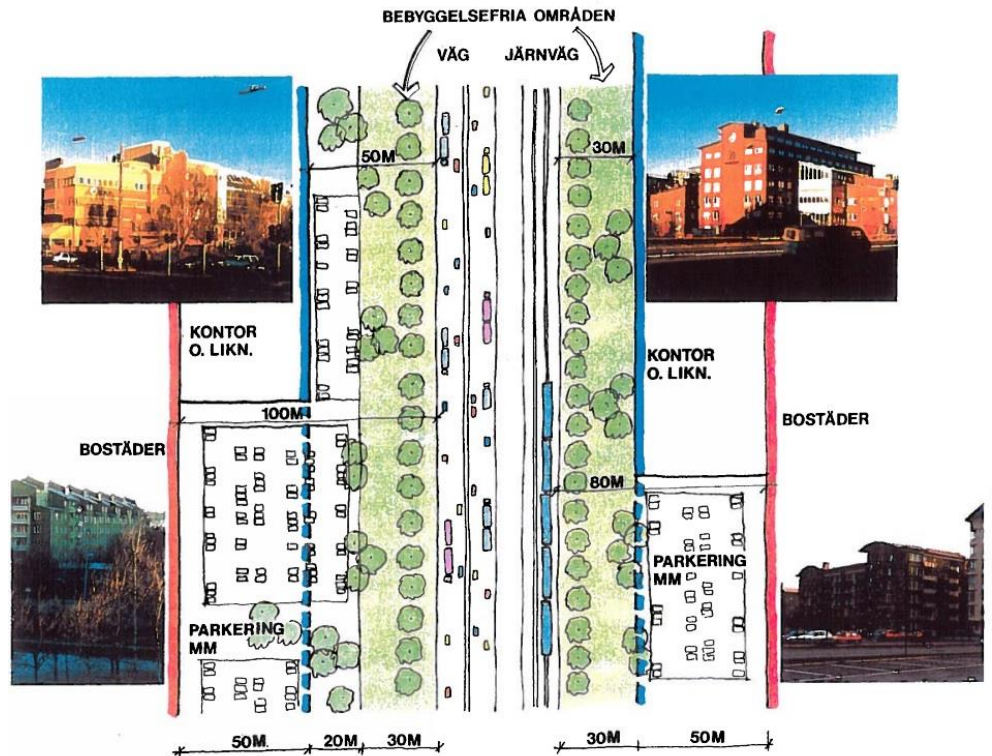
Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens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



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

2.2.2 Göteborgs översiktsplan

Enligt Göteborgs översiktsplan (ÖP99) skall ett bebyggelsefritt område upprättas 30 meter på ömse sidor av leder med farligt gods. Det bebyggelsefria området kan exempelvis användas för ytparkering. Enligt samma översiktsplan kan kontor och liknande verksamheter placeras på avstånd längre än 30 meter ifrån järnväg med farligt gods och 50 meter ifrån väg med farligt gods. Enligt översiktsplanen skall bostäder placeras 80 meter ifrån järnväg med farligt gods och 100 meter ifrån väg med farligt gods. Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med ÖP99 redovisas i figur 2. Notera att dessa avstånd anger avstånd mätt från väggkant/banvall.



Figur 2. Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med Göteborgs översiktsplan. (ÖP, 1999)

2.2.3 Fördjupad översiktsplan för Mölndalsåns dalgång

Följande rekommendationer avseende avstånd från farligt godsled ges i Fördjupad översiktsplan för Mölndalsåns dalgång, från och med nu förkortad FÖP 2014 (WSP, 2014):

- › En zon om minst 30 meter från järnväg och 50 meter från väg lämnas bebyggelsefri. Ytparkering, lokalgata etc. kan medges inom denna zon. Avståndet räknas från den närmst liggande transportleden för farligt gods åt väster respektive öster. Det förutsätts att väg är försedd med avåkningskydd i form av räcke, vall eller tråg etc.
- › "Första radens byggnader" placeras som närmst 30 meter från järnväg och 50 meter från väg och uppförs för arbetsplatser, kontor, P-hus och därmed jämförbara verksamheter, vilka bland annat kännetecknas av en relativt låg persontäthet. För att ge en skyddande effekt bör de utföras lika höga som bakomliggande bostadsbebyggelse och som en så tät skärm som möjligt i längdled längs riskällorna.
- › Bostäder placeras generellt 80 meter från järnväg respektive 100 meter från väg. Där tät skärm/buffer i form av sammanhängande bebyggelse (arbetsplatser, kontor, p-hus och därmed jämförbara verksamheter) uppförs mellan riskälla och bostäder har beräkningar påvisat att 60 respektive 80 meters skyddsavstånd är tillräckligt till bostäder.

- › *"Första radens byggnader" utförs med täta fasader och förses med nödastängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad.*
- › *"Första radens byggnader" ges vidare utrymningsmöjligheter i riktning bort från riskkällorna. "Andra radens byggnader" förväntas kunna utrymma i skydd av "första radens byggnader".*

För de delar av planområdet där E6/E20 och Västkustbanan inte löper parallellt är risknivåerna generellt lägre. Så är fallet invid t.ex. den norra delen av planområdet där E6/E20 utgör enda riskkällan norr om Kallebäck. Så är också fallet längs väg 40 och längs Kust-till-kustbanan i de östra delarna. För dessa delar är åtgärdsbehovet lägre och andra åtgärder än de som föreslås ovan är tänkbara.

Ovanstående är endast ett utdrag ur FÖP 2014 (WSP, 2014).

2.3 Riskacceptans

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

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

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

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

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

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

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

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- › En aktivitet kan godkännas om en välgrundad riskanalys visar att risknivån är acceptabel eller tolerabel.

- › En aktivitet kan godkännas om samhällsnyttan av den bedöms vara större än risken.

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

2.4 Acceptanskriterier avseende farligt gods

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

2.4.1 DNV:s kriterier

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

Individriskkriterier

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

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

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

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

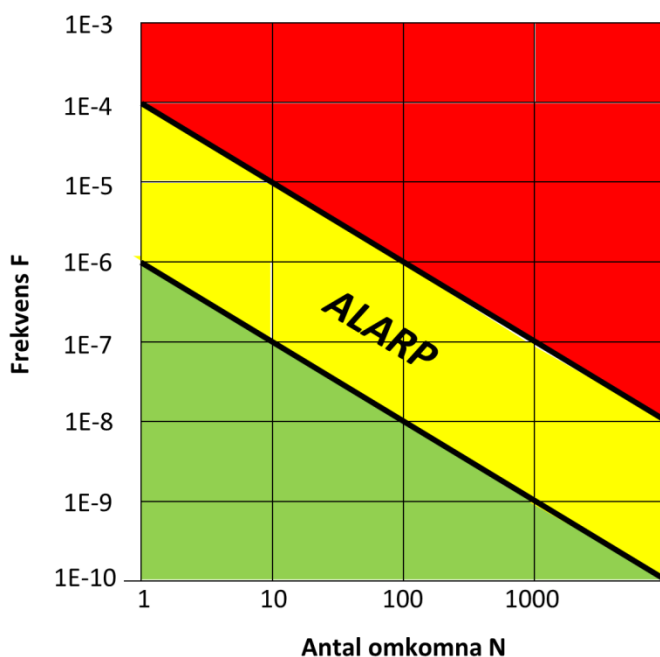
Samhällsriskkriterier

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisk presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N), se figur 1. Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att många omkommer vilket gör att olycksfrekvensen oftast minskar med ökat antal omkomna.

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

- › En gräns för tolerabel risk. Risknivåer över denna nivå tolereras inte (presenteras som rött område i figur 3).
- › 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 3).

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 3.

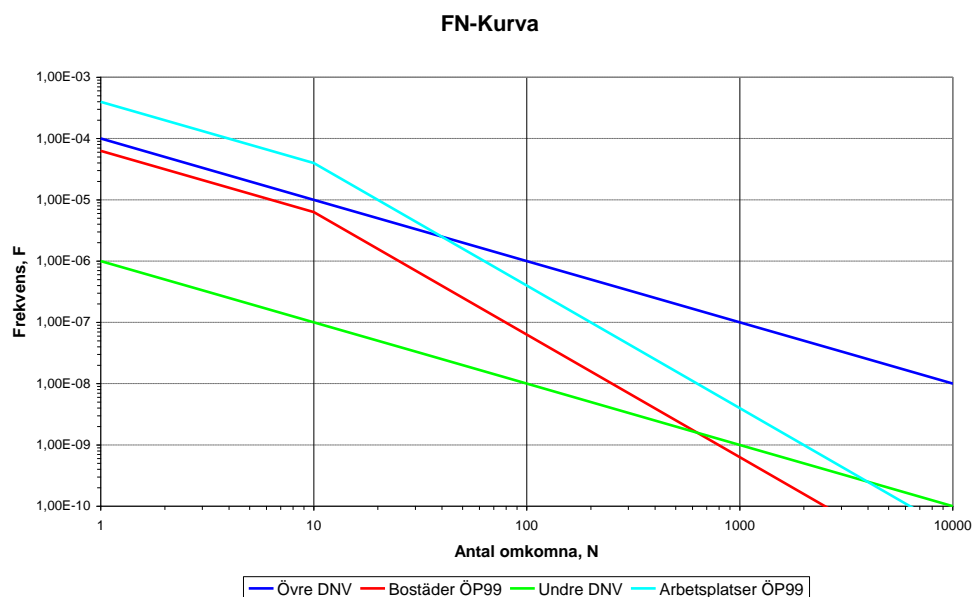


Figur 3. Kriterium för samhällsrisik värdering av risk (SRV, 1997). Förklaring till värden på y-axel: $1E-3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$. Kriteriet gäller 2 sidor om transportleden på en sträcka om 1000 m.

2.4.2 Göteborgs Översiktsplan fördjupad för farligt gods (ÖP99)

I Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods (ÖP99) finns även förslag på kriterier för samhällsrisik 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 ÖP99.

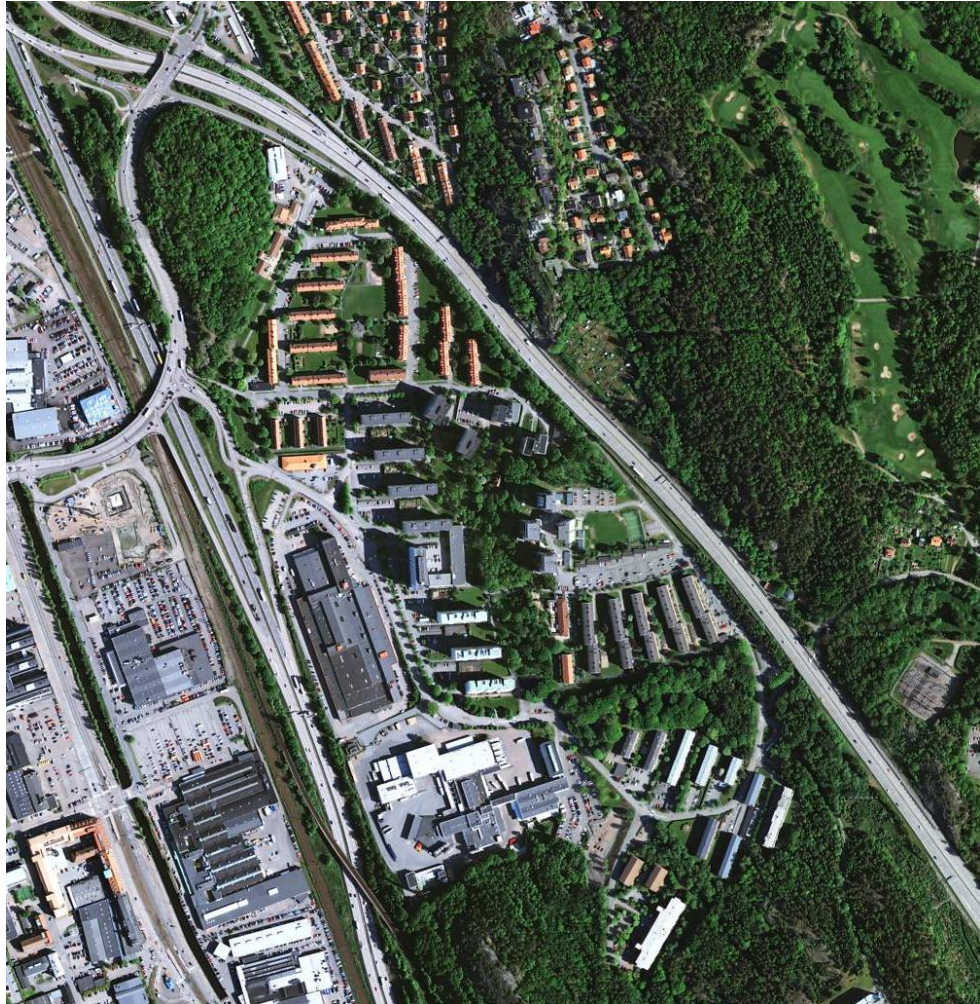
DNV's förslag (grön och blå linje i figur 6) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör värderas. Kriterier enligt Göteborgs översiktsplan presenteras som röd linje (kriteriet för bostäder) och turkos linje (kriteriet för arbetsplatser). Ursprungligen gäller DNV:s kriterier ett område på 1 km (båda sidor av leden) medan Göteborgs kriterier baseras på ett typområde på 2 km (båda sidor av leden).



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

3 Förutsättningar

Kallebäck är en 264 hektar stor stadsdel i sydöstra Göteborg, på gränsen till Mölndal. Området består idag främst av bostäder, men längsmed Mejerigatan i området västra del ligger idag två stora industri-/verksamhetsfastigheter, se figur 5.



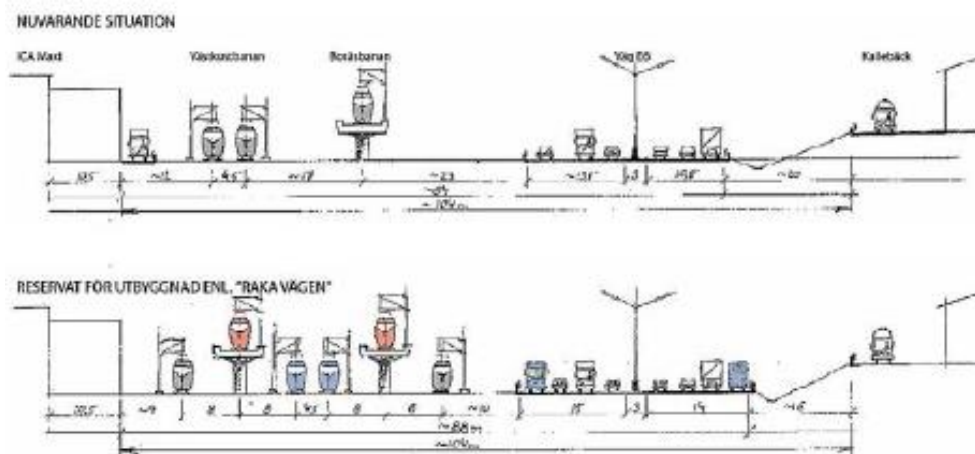
Figur 5. Översiktsbild över området. I öster finns idag främst bostäder men i väster ligger ett flertal stora industrifastigheter.

Dessa består av Arlas avvecklade mejeri samt en fastighet med ett flertal hyresgäster, bland annat ICA och GBG Däckcenter. Dessa fastigheter avses att omvandlas till blandstad.

Området har en relativt brant höjdprofil och klättrar uppåt från E6/E20 i väster mot väg 40 i öster. Höjdskillnaden är som störst, ca 50-60 meter, i områdets södra del och som minst, ca 8-10 meter, i områdets norra del. En viss lokal höjdskillnad föreligger också i gränsen mellan området och E6/E20 där området ligger högre än vägen. Även denna skillnad är störst i områdets södra del där den uppgår till ca 4-5 meter. Längsmed väg 40 varierar höjdskillnaden och vägen ligger över området på vissa delar och under på andra.

I områdets södra del ligger en skogsbeklädd höjd som skärmar delar av området från E6/E20, Väst kustbanan och Kust till kustbanan.

Runt området löper ett antal utpekade leder för farligt gods. I väster gränsar området längs en ca 1500 meter lång sträcka till väg E6/E20, Väst kustbanan och Kust till Kustbanan och i öster längs en ca 1600 meter lång sträcka till väg 40. I Mölndalsåns dalgång (väster om området) löper ett reservat för framtida utbyggnad av trafiksystemet (Stadsbyggnadskontoret, 2013), se figur 6.



Figur 6. Förslag till framtida spår och vägutbyggnad i höjd med ICA Maxi. Förslaget visar utbyggnadsalternativet "Raka vägen" (Stadsbyggnadskontoret, 2013)

I figuren visas utbyggnad enligt utbyggnadsalternativet "Raka vägen". Exakt vilken sträckning Götalandsbanan kommer att få är ännu inte beslutat. Götalandsbanan planeras för snabbtåg och projekteras inte för annat gods än av lättare typ, t.ex. posttåg. Farligt gods skall enligt uppgift inte trafikera banan (WSP, 2014). Götalandsbanans lokalisering bedöms därför ha begränsad effekt på risker med farligt gods. Banan planeras att trafikeras av ca 180 persontåg per dygn år 2030.

4 Möjlig exploatering enligt befintliga riktlinjer

Följande befintliga riktlinjer är relevanta för området:

- › Länsstyrelserna i Västra Götaland, Skåne och Stockholms läns zonindelning (se kapitel 2)
- › Fördjupad översiktsplan för Mölndalsåns dalgång (FÖP, 2014)
- › Göteborgs översiktsplan (ÖP, 1999)

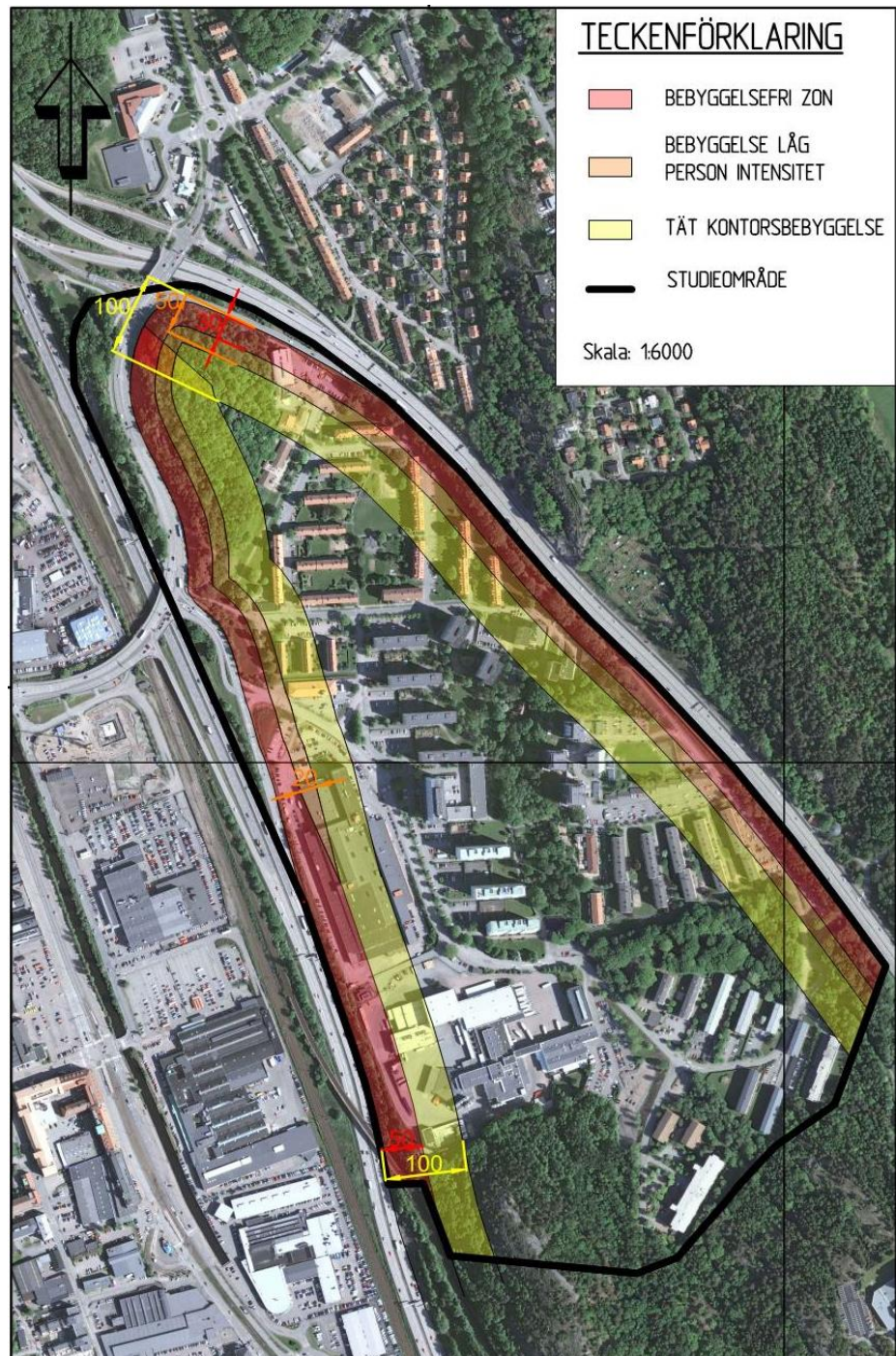
Följer man de riktvärden och skyddsåtgärder som föreskrivs, samt den exploateringsgrad som använts som bakgrund för framställandet av riktlinjerna, bedöms det att man uppnår en robust markanvändning med avseende på risk som kommer att ha generellt låga risknivåer med avseende på farligt gods. Det kan dock ändå krävas att en mer detaljerad riskanalys utförs i detaljplaneskedet för att bedöma risknivån för den exakta bebyggelse, markanvändning och lokalisering av personintensitet som planeras inom den aktuella detaljplanen. Detta gäller särskilt om man önskar göra avsteg från riktlinjerna.

I Göteborgs översiktsplan, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods (ÖP, 1999) har Göteborgs faktiska förhållanden avseende riskkällor vägts samman med stadens behov och möjligheter till förtätning.

Skyddsavstånden i ÖP99 är enligt FÖP 2014 inte direkt tillämpbara för Mölndalsåns dalgång eftersom flera riskkällor löper parallellt genom stora delar av planområdet. Därför har en fördjupad översiktsplan för Mölndalsåns dalgång tagits fram (WSP, 2014). Denna är något striktare än Göteborgs översiktsplan och gäller för stråket där E6/E20, Västkustbanan och Kust till kustbanan löper parallellt.

För väg 40 bedöms ÖP99 vara tillämpbar då det i denna del av området endast löper en farligt godsled. ÖP99 bedöms även vara tillämpbar för den nordvästra delen av Kallebäck där avfarten till/från väg 40 där denna avfart är den farligt godsled som ligger närmast området.

Om rekommendationerna i ÖP99 och FÖP 2014 följs kan en exploatering av Kallebäck enligt figur 7 förväntas vara rimlig utan krav på omfattande ytterligare skyddsåtgärder.



Figur 7. Rekommenderade avstånd enligt ÖP99 och FÖP 1999.

Bortom den zon där tät kontorsbebyggelse tillåts är det möjligt att bygga bostäder.

Om "första radens byggnader" dessutom uppförs som en så tät skärm som möjligt i längdled längs farligt godsleder bedöms en exploatering närmare vara möjlig (WSP, 2014).

Att följa de avstånd som presenteras i figur 7 är som tidigare nämnt ingen garanti för att inte ytterligare skyddsåtgärder kan komma att krävas, men bör ge en generellt låg risknivå för området.

Då risken är områdesspecifik och avsteg kan göras från de aktuella riktlinjerna följer i kapitel 5 till 9 en känslighetsanalys där möjligheten till högre exploatering närmare farligt godsleder undersöks.

5 Exploateringsscenarier

Möjlighet till följande avsteg från ÖP99 samt FÖP 2014 undersöks närmare enligt nedanstående scenarier:

- › Bostäder på ett avstånd av 30 till 100 meter från Väg 40
- › Kontor på ett avstånd av 30 till 50 meter från E6/E20/avfart väg 40 samt bostäder på ett avstånd av 50 till 100 meter från E6/E20/avfart väg 40

Dessa scenariers önskvärdhet och rimlighet har stämts av med Stadsbyggnadskontor och Räddningstjänst.

Beräkningarna utförs för tre områden, se figur 8, vilka skiljer sig åt med avseende på risker med farligt godstransporter:

- › **Östra Kallebäck** där området löper längsmed väg 40 (markerat med rött i figur 8).
- › **Nordvästra Kallebäck** där området löper längsmed E6/E20, Kust till kustbanan, Västra stambanan samt avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40 (markerat med orange i figur 8). Närmsta farligt godsled är avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40.
- › **Sydvästra Kallebäck** där området löper längsmed E6/E20, Kust till kustbanan samt Västra stambanan (markerat med gult i figur 8). Närmsta farligt godsled är E6/E20 förutom i områdets mest södra del där det är Kust till kustbanan.



Figur 8. De tre områden för vilken risken har beräknats

5.1 Östra Kallebäck

Längsmed områdets östra del, där väg 40 löper, består befintlig bebyggelse till största delen av bostäder. I områdets norra del ligger dock ett par byggnader med verksamheter.

Längsmed stora delar av sträckan finns idag bostäder inom 30 till 100 meter från väggkant. I samråd med Stadsbyggnadskontoret och Räddningstjänsten har det bedömts vara relevant och rimligt att undersöka möjligheterna till förtätning av området 30 till 100 meter från väggkant med fler bostäder.

Personintensiteten för befintlig bebyggelse

Bostäder: Antalet personer som befinner sig i bostäder inom 100 meter från väg 40 har bedömts genom att översiktligt räkna antalet lägenheter. Det har sedan antagits att i snitt 2.5 personer bor i varje lägenhet. 10% av de boende har antagits vara hemma dagtid och 90% nattetid. Dagtid har en andel av 7% av de personer som vistas hemma antagits vistas utomhus. Motsvarande andel nattetid har antagits vara 1%.

Verksamheter: Antalet personer som befinner sig i verksamheterna i områdets norra del har beräknats baserat på byggnadsarea och en schablon om 0.04 personer/m².

Den resulterande personintensiteten, för befintlig bebyggelse, som använts i beräkningen av risknivån presenteras i tabell 1.

Tabell 1. Personintensitet för befintlig bebyggelse längsmed väg 40.

Avstånd	Dagtid (08-18)		Kväll/Natt (18-08)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	2	24	0	0
25-50	4	57	1	149
50-100	6	88	6	608
100-150	7	100	7	722
150-200	3	44	4	392

Personintensiteten för tillkommande bebyggelse

Den personintensitet som antagits för att utreda möjlig tillkommande bebyggelse har optimerats för att placera så många ytterligare personer som möjligt inom 100 meter från vägkant på väg 40 utan att signifikant överskrida acceptanskriteriet för bostäder. Då riskutredningen gäller programskede och därmed är översiktlig bedöms det som rimligt att överskrida acceptanskriteriet något.

Det antal personer som antagits för tillkommande bebyggelse presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Det antal personer som adderats på respektive avstånd från väg 40 för att undersöka möjlig tillkommande bebyggelse

Avstånd	Antal personer
0-30	0
30-50	250
50-100	600
100-150	4000
150-200	4000

På avstånd längre än 100 meter har ett stort antal personer adderats då ytterligare personer på detta avstånd har visat sig ha låg påverkan på risknivån.

Liksom för befintlig bebyggelse antas att 10% av dessa personer är hemma dagtid och 90% på kvälls/natttid. Dagtid har en andel av 7% av de personer som vistas hemma antagits vistas utomhus. Motsvarande andel natttid har antagits vara 1%. Den resulterande personintensiteten för tillkommande bebyggelse presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Antagen personintensitet för tillkommande bebyggelse längsmed väg 40.

Avstånd	Dagtid (08-18)		Kväll/Natt (18-08)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	2	25	2	225
50-100	4	60	5	540
100-150	28	400	36	3600
150-200	28	400	36	3600

Sammanlagd personintensitet

Den sammanlagda personintensiteten, ny och befintlig bebyggelse längs med hela sträckan (1600 meter), presenteras i tabell 4.

Tabell 4. Den personintensitet som legat till grund för beräkning av risknivån. Avstånden avser från väggkant på väg 40.

Avstånd	Dagtid (08-18)		Kväll/Natt (18-08)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	1	14	0	0
25-50	5	74	4	374
50-100	10	148	11	1148
100-150	35	500	43	4322
150-200	31	444	40	3992

5.2 Nord- och sydvästra Kallebäck

Längsmed områdets sydvästra del, där E6/E20, Västkustbanan och Kust till kustbanan löper, består befintlig bebyggelse till största delen av verksamheter, bland annat Arlas nedlagda mejeri.

I den nordvästra delen, där ovan nämnda farligt godsleder samt även avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40 löper, ligger en idag icke-exploaterad höjd/kulle. På ett avstånd av ca 50 meter från avfarten/förbindelsen finns bostadsbebyggelse i mindre omfattning.

I samråd med Stadsbyggnadskontoret och Räddningstjänsten har det bedömts vara relevant och rimligt att undersöka möjligheterna till förtätning av området 30 till 50 meter från väggkant med kontor eller motsvarande verksamheter och området 50 till 100 meter från väggkant med bostäder.

Den personintensitet som använts vid beräkningarna har optimerats för att placera så många personer som möjligt nära farligt godsleder utan att signifikant överskrida acceptanskriterierna. Då riskutredningen gäller programskede och

därmed är översiktlig bedöms det som rimligt att överskrida acceptanskriterierna något.

Den personintensitets som använts för beräkning av risknivån längsmed Mölndalsåns dalgång presenteras i tabell 5. Antalet personer har fördelats jämnt längsmed hela sträckan.

Tabell 5. Antagen personintensitet längsmed farligt godsleder i Kallebäck västra del för att undersöka möjlig bebyggelse

Avstånd	Antal personer kontor eller motsvarande verksamheter	Antal personer bostäder
0-30	0	0
30-50	2000	0
50-100	0	2000
100-150	0	4000
150-200	0	4000

10% av de boende har antagits vara hemma dagtid och 90% nattetid. Dagtid har en andel av 7% av de personer som vistas hemma antagits vistas utomhus. Motsvarande andel nattetid har antagits vara 1%. För kontoren/verksamheterna antas att 7% vistas utomhus dagtid. På kvälls- och nattetid antas ingen vistas i kontoren.

Den resulterande personintensiteten för ny antagen bebyggelse presenteras i tabell 6.

Tabell 6. Den personintensitet som använts vid beräkning av risknivån. Avstånd avses från väggkant

Avstånd	Dagtid (08-18)		Kväll/Natt (18-08)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	140	2000	3	0
50-100	14	200	18	1800
100-150	28	400	36	3600
150-200	28	400	36	3600

I beräkningarna har hälften av dessa personer fördelats i Nordvästra respektive Sydvästra Kallebäck enligt figur 8.

6 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-¹ och RID-klasser² beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

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

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

6.1 Väst kustbanan

Väst kustbanan är en viktig länk för pendlingen och för godstrafiken i Västra Götaland, Halland och Skåne, samtidigt som den knyter ihop Göteborg med Öresundsregionen. Sträckan förbi studerat område är utbyggd till dubbelspår (Trafikverket, 2014).

Väst kustbanan utgör transportled för farligt gods och samtliga ADR-klasser är representerade på Väst kustbanan. År 2030 förväntas ca 230 persontåg och 60 godståg passera området per dygn (WSP, 2014).

6.1.1 Farligt gods på Väst kustbanan

Uppgifter gällande hur mycket farligt gods som transporteras (antal vagnar/år samt ton/år) på Väst kustbanan förbi studerat område har erhållits av Trafikverket. Likaså information gällande fördelningen av godset inom respektive RID-klass.

Uppgifterna omfattar år 2011-2014 samt januari-juni 2015 och baseras på mätningar och anses ha god tillförlitlighet i sammanhanget. Informationen är sekretessbelagd och redovisas därför inte i denna rapport (Trafikverket, 2015a).

Gällande klass 1 har information gällande andelen klass 1.1 inte erhållits. Till följd av detta antas 10 % av klass 1 varor utgöras av massexplosiva ämnen.

För att uppskatta antalet transporter med farligt gods år 2030 har en ökning med 20 % från år 2015 antagits. Ökningen antas vara den samma för samtliga

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

² RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

ämnesklasser. För att uppskatta antalet transporter år 2015 har antalet transporter som skedde under januari-juni 2015 först dubblerats. Därefter har de högsta antalet transporter för respektive ämnesklass från 2011-2015 antagits representera år 2015. Uppskattningen bedöms vara konservativ.

6.2 Kust till kustbanan

Kust till kustbanan kallas järnvägen mellan Göteborg - Borås - Värnamo - Alvesta - Emmaboda, samt därifrån i två grenar till Kalmar och Karlskrona. Banan är enkelspårig och trafikeras av både person och godstrafik. Sedan 90-talet pågår en successiv upprustning av banan (Banverket, 2006). Enligt prognos kommer banan att trafikeras av 76 persontåg/dygn och 10 godståg/dygn år 2030 (WSP, 2014).

6.2.1 Farligt gods på Kust till kustbanan

Uppgifter gällande hur mycket farligt gods som transporteras (antal vagnar/år samt ton/år) på Kust till kustbanan förbi studerat område har erhållits av Trafikverket. Likaså information gällande fördelningen av godset inom respektive RID-klass. Uppgifterna omfattar år 2011-2014 samt januari-juni 2015 och baseras på mätningar och anses ha god tillförlitlighet i sammanhanget. Informationen är sekretessbelagd och redovisas därför inte i denna rapport (Trafikverket, 2015a).

För att uppskatta antalet transporter 2030 samt beräkna risknivån görs samma antaganden som för Västkustbanan, se kapitel 6.1.1.

Även om inte farligt gods skall trafikera Götalandsbanan är det möjligt att en omfördelning av persontrafik från Kust till kustbanan kan frigöra kapacitet för ökade farligt godstransporter på Kust till kustbanan. Denna effekt är dock spekulativ och bedöms rymmas inom uppräknningen för ett framtidsscenario.

6.3 Väg E6/E20/E20

Genom planområdet löper E6/E20/E20 i nordsydlig riktning. Vägen utgör motorväg med två filer i vardera riktningen. E6/E20/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.

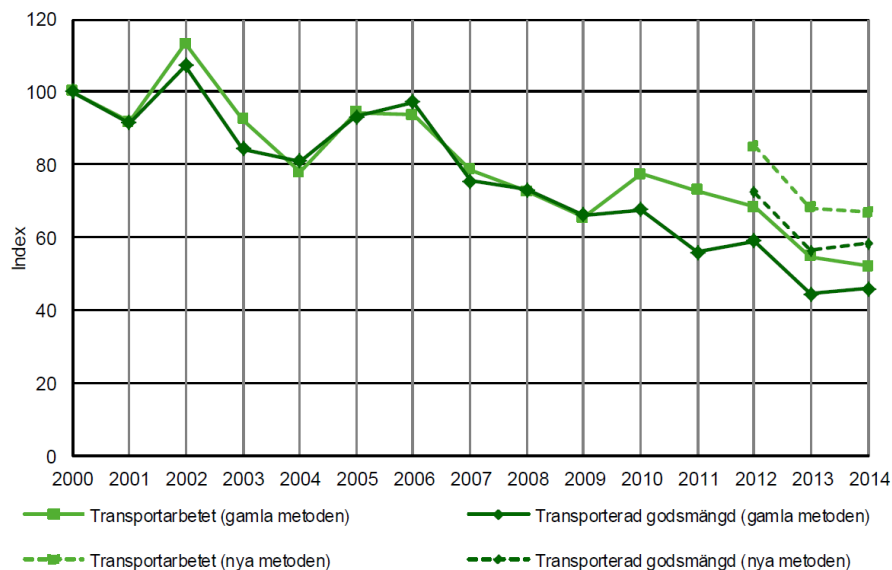
År 2014 uppmättes ÅDT (fordon) till total 59 910 fordon/dygn förbi studerat område. ÅDT (lastbilar) för samma sträcka uppmättes samma år till totalt 6420 lastbilar/dygn. Vid mättillfället var således andelen lastbilar ca 11%. Andelen transporter av farligt gods har inte uppmätts för den studerade sträckan.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

6.3.1 Farligt gods på väg E6/E20/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/E20 utgörs av transporter av farligt gods. Samtliga farligt godsklasser är representerade på E6/E20/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 9. (Trafikanalys, 2015)



Figur 9. 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. I figuren visas trenden med år 2000 som bas.

För att beräkna transporterna på väg E6/E20/E20 för år 2030 används statistik och prognoser från SIKÄ enligt följande. Mängden av farligt gods som transporteras på väg minskade med 12 % mellan 1998 och 2004 (SIKÄ 2000-2004). SIKÄ: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 närliggande områden (COWI, 2011; ÅF, 2012, ÅF, 2013 COWI, 2013, COWI, 2014) har beräkningar för väg E6/E20/E20 baserats på SRV:s kartläggning (SRV, 2006) varför detta görs även här, se tabell 7. Värdena i tabell 7 har räknats upp med 20 % för att gälla år 2030. Denna uppräknings bedöms vara konservativ. För beräkning av antalet transporter på väg E6/E20/E20 längs det studerade området görs följande antaganden:

- › 40 % av transporter av brandfarlig vätska består av produkter med låg flampunkt, t.ex. bensin, som kan medföra skador på människor vid en eventuell olycka.
- › 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 7. Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg E6/E20/E20 (fordon/år)

ADR-klass	Uppskattat antal fordonstransporter/år på väg E6/E20/E20 intill planområdet	
	SRV 2006	Uppräknade värden 2030
1.1 Massexplosiva ämnen - små	68	82
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

6.4 Väg 40

Väg 40 ingår i det nationella stamvägnätet och har stor betydelse för utvecklingen i regionen. Väg 40 binder samman Boråsregionen med Göteborgsregionen och Jönköpingsregionen. Den är även en viktig transportled för godstransporter och en så kallad primär transportled för farligt gods. '

SRV:s kartläggning från 2006 (SRV, 2006) har använts som utgångspunkt vid beräkning av antalet farligt godstransporter på väg 40 förbi området. Värdena i tabell 8 har räknats upp med 20 % för att gälla år 2030 enligt samma resonemang som för E6/E20, se kapitel 6.3.1. Denna uppräkningsbedömning bedöms vara konservativ. För beräkning av antalet transporter på väg 40 längs det studerade området görs följande antaganden:

- › 40 % av transporter av brandfarlig vätska består av produkter med låg flampunkt, t.ex. bensin, som kan medföra skador på människor vid en eventuell olycka.
- › 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 8. Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg 40 (fordon/år)

ADR-klass	Uppskattat antal fordonstransporter/år på väg 40 intill planområdet	
	SRV 2006	Uppräknade värden 2030
1.1 Masseexplosiva ämnen - små	67	81
1.1 Masseexplosiva ämnen - stora	1	1
2.1. Brandfarliga Gaser	2775	3330
2.3 Giftiga gaser	0	0
3. Brandfarlig vätska klass 1	14850	17820
5. Oxiderande ämnen	369	443

6.4.1 Avfart/förbindelse mellan E6/E20 och väg 40

I områdets norra del löper en avfart/förbindelse mellan E6/E20 och väg 40. På denna avfart transporteras farligt gods.

År 2015 uppmättes ÅDT (fordon) till total 11 500 fordon/dygn på den aktuella sträckan. ÅDT (lastbilar) för samma sträcka uppmättes samma år till totalt 750 lastbilar/dygn. Andelen transporter av farligt gods har inte uppmätts för den studerade sträckan. Antalet farligt godstransporter baseras därför på riksgenomsnittet för de olika klasserna, se Bilaga C.

För beräkning av antalet transporter på avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och 40 längs det studerade området görs följande antaganden:

- › 40 % av transporter av brandfarlig vätska består av produkter med låg flampunkt, t.ex. bensin, som kan medföra skador på människor vid en eventuell olycka.
- › 10 % av klass 1 varor antas utgöras av masseexplosiva 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.

De värden som använts i beräkningarna presenteras i tabell 9 och har räknats upp med 20 % för att gälla år 2030

Tabell 9. Transporter av farligt gods per ADR-klass på avfart/förbindelse mellan väg E6/E20 och väg 40 (fordon/år)

	Uppskattat antal fordonstransporter/år på avfart/förbindelse mellan E6/E20 och väg 40
ADR-klass	Uppräknade värden 2030
<i>1.1 Massexplosiva ämnen - små</i>	9
<i>1.1 Massexplosiva ämnen - stora</i>	1
<i>2.1. Brandfarliga Gaser</i>	199
<i>2.3 Giftiga gaser</i>	1
<i>3. Brandfarlig vätska klass 1</i>	3047
<i>5. Oxiderande ämnen</i>	70

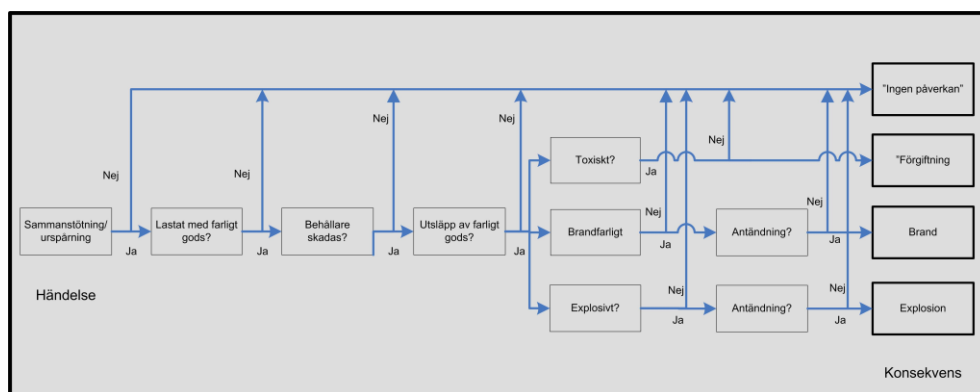
7 Faror vid olycka med farligt gods

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 10.



Figur 10. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I tabell 10 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 10. 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, plats specifika 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.

8 Bedömning av risknivå

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

Beräkningarna har utförts för tre områden, se figur 8, vilka skiljer sig åt med avseende på risker med farligt godstransporter:

- › **Östra Kallebäck** där området löper längsmed väg 40 (markerat med rött i figur 8).
- › **Nordvästra Kallebäck** där området löper längsmed E6/E20, Kust till kustbanan, Västra stambanan samt avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40 (markerat med orange i figur 8).
- › **Sydvästra Kallebäck** där området löper längsmed E6/E20, Kust till kustbanan samt Västra stambanan (markerat med gult i figur 8).

Då riskerna med avseende på farligt gods skiljer sig mellan Nordvästra och Sydvästra Kallebäck har antalet personer på vardera sträckan antagits vara hälften av den personintensitet som presenteras i tabell 5 och tabell 6.

Enligt FÖP 2014 (WSP, 2014) kan man bygga bostäder närmare E6/E20 än 100 meter om man placerar första radens byggnader som en så tät skärm som möjligt längs med farligt godsleder. Denna placering av första radens byggnader (kontor) har därför använts som en grundförutsättning för beräkningarna

8.1 Individrisk för studerat område

Nedan presenteras individrisken för de olika områdena. Röda siffror i tabellen indikerar, enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit, en hög risknivå vilket innebär att skyddsåtgärder skall vidtas. Gula siffror i tabellerna indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

8.1.1 Östra Kallebäck

I tabell 11 redovisas den samlade individrisken med avseende på väg 40, baserat på identifierade olyckshändelser. Risknivån presenteras utan hänsyn till skyddsåtgärder.

Tabell 11. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på väg 40. Avstånd är mätta från väggkant.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	8,3E-06	5,6E-06
25-50	1,6E-06	7,9E-07
50-100	2,2E-07	4,9E-08
100-150	6,7E-09	<1,0E-10
150-200	<1,0E-10	<1,0E-10

8.1.2 Nordvästra Kallebäck

I tabell 12 redovisas den samlade individrisken med avseende på E6/E20, Kust till kustbanan, Västra stambanan samt avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40, baserat på identifierade olyckshändelser. Risknivån presenteras utan hänsyn till skyddsåtgärder.

Tabell 12. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på E6/E20, Kust till kustbanan, Västra stambanan samt avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40. Avstånd är mätta från väggkant på avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	3,5E-06	2,3E-06
25-50	5,7E-07	2,8E-07
50-100	1,5E-08	3,4E-09
100-150	<1,0E-10	<1,0E-10
150-200	<1,0E-10	<1,0E-10

8.1.3 Sydvästra Kallebäck

I tabell 13 redovisas den samlade individrisken med avseende på E6/E20, Kust till kustbanan och Västra stambanan, baserat på identifierade olyckshändelser. Risknivån presenteras utan hänsyn till skyddsåtgärder.

Tabell 13. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på E6/E20, Kust till kustbanan och Västra stambanan. Avstånd är mätta från vägkant på E6/E20.

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

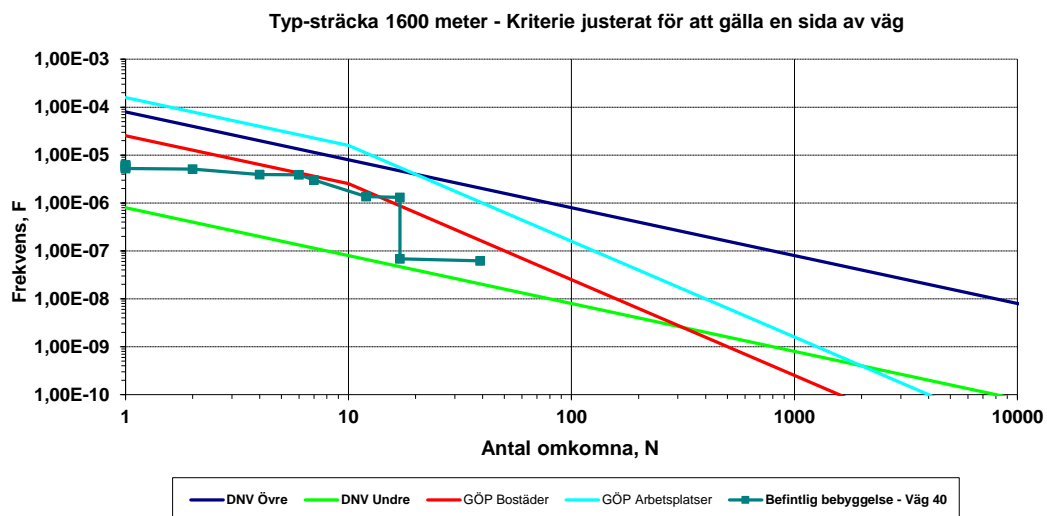
8.2 Samhällsrisk för aktuellt område

I detta kapitel presenteras FN-kurvor (samhällsrisk) för planerad verksamhet inom de studerade områdena, med respektive utan hänsyn till införda skyddsåtgärder, tillsammans med DNV:s kriterier. Ursprungligen gäller DNV:s kriterier ett område på 1 km (båda sidor av vägen/järnvägen). Vid beräkning har dessa kriterier justerats så att de gäller ett område på 1600 meter för Östra Kallebäck och 750 meter vardera för Nordvästra respektive Sydvästra Kallebäck. Beräkningarna av samhällsrisk redovisas i bilaga A.

Beräkningarna baseras på den personintensitet som presenteras i tabell 4 och tabell 6.

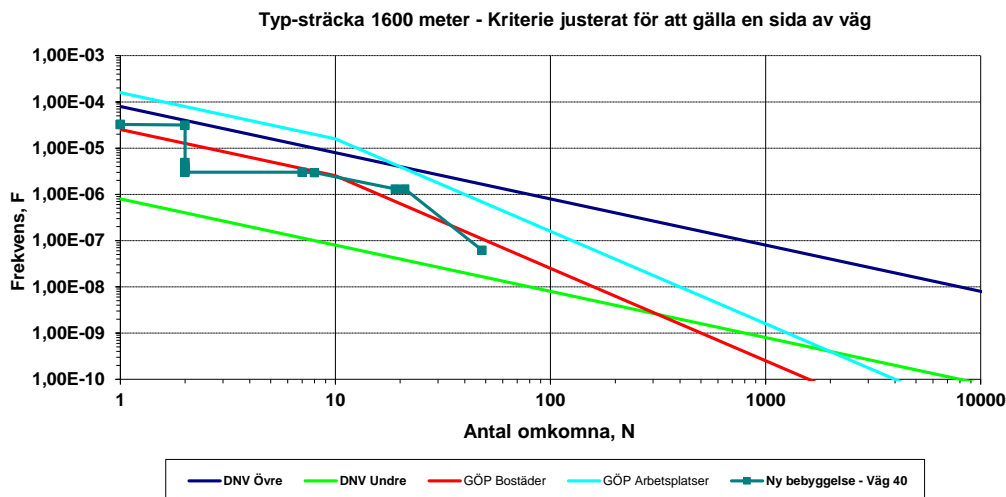
8.2.1 Östra Kallebäck

I figur 11 presenteras samhällsrisk för befintlig bebyggelse i området. I beräkningarna har det antagits att bebyggelsen har fasad i obrännbart material.



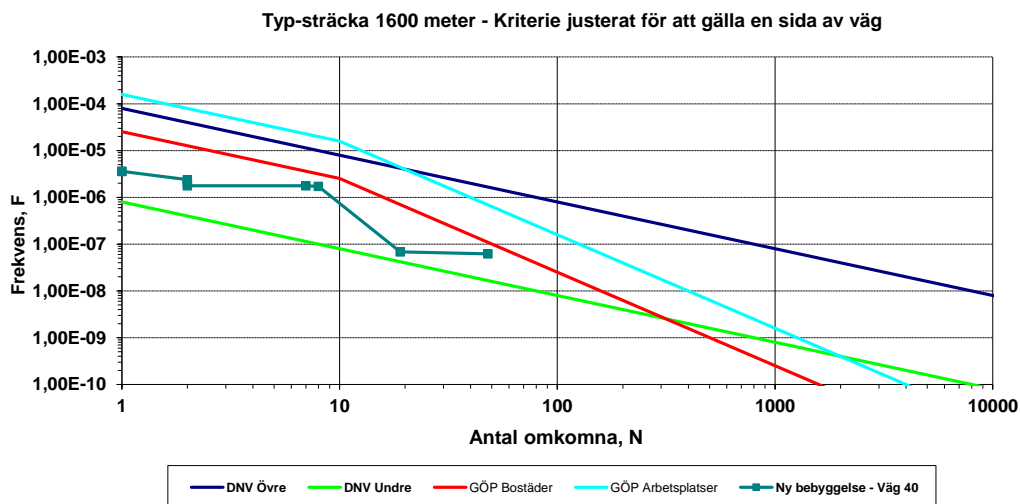
Figur 11. Samhällsrisk med avseende på befintlig bebyggelse i området Östra Kallebäck.

I figur 12 presenteras samhällsriskerna för tillkommande bebyggelse i området enligt den personintensitet som antagits i kapitel 5, utan hänsyn till riskreducerande åtgärder



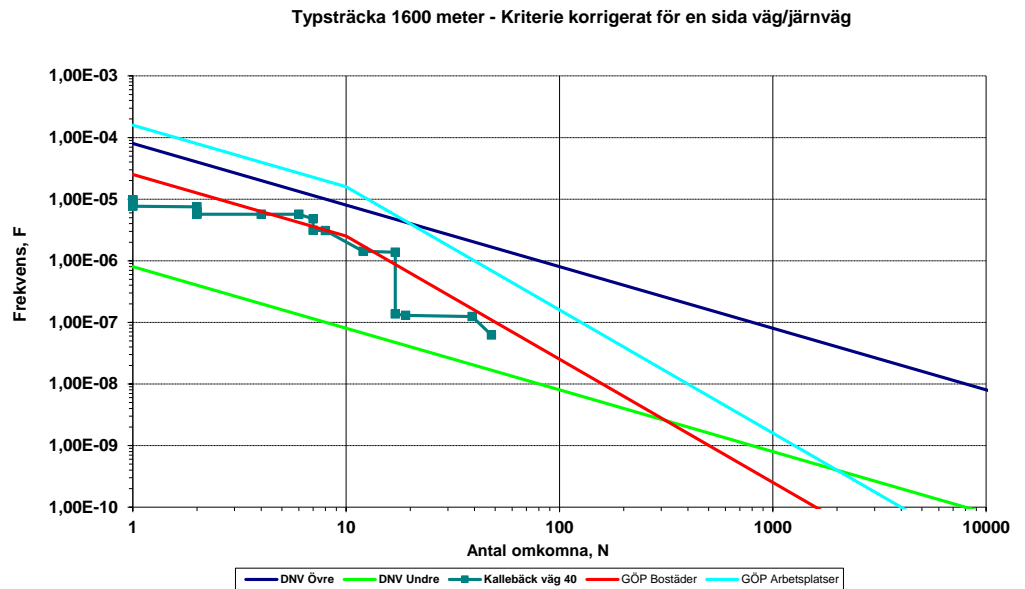
Figur 12. Samhällsriskerna med avseende på tillkommande bebyggelse enligt kapitel 5 utan hänsyn till skyddsåtgärder

I figur 13 presenteras samhällsriskerna för tillkommande bebyggelse i området enligt den personintensitet som antagits i kapitel 5, med hänsyn till riskreducerande åtgärder. De skyddsåtgärder som kvantifierats är fasad i obrännbart material inom 0-50 meter från farligt godsled, ventilation placerad högt och vänd bort från farligt godsled inom 100 meter från farligt godsled samt att hänsyn tas till dimensionerande explosionslast.



Figur 13. Samhällsriskerna med avseende på tillkommande bebyggelse enligt kapitel 5 med hänsyn till skyddsåtgärder

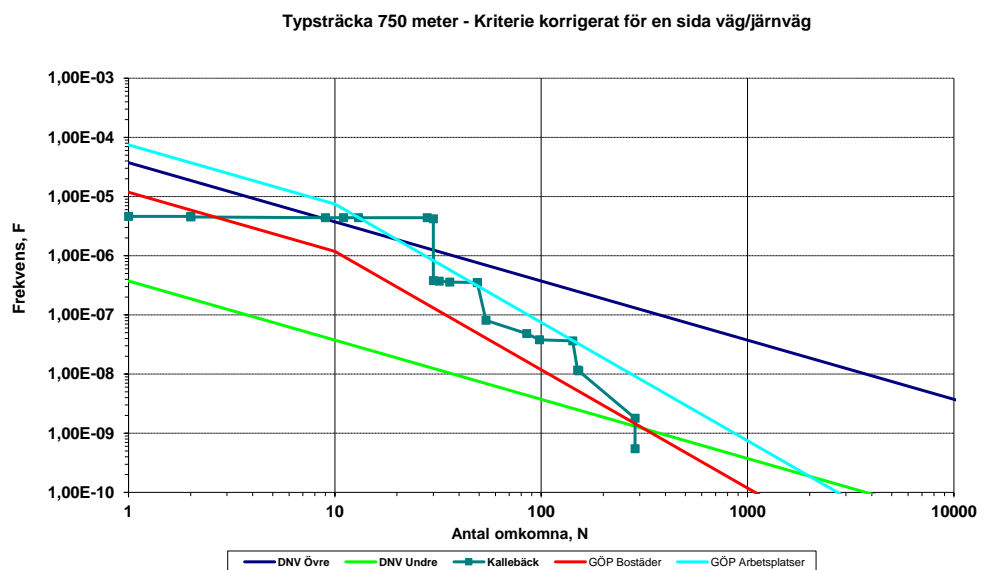
I figur 14 presenteras samhällsriskerna för ny och befintlig bebyggelse i området enligt den personintensitet som antagits i kapitel 5, med hänsyn till riskreducerande åtgärder.



Figur 14. Samhällsriskerna för ny och befintlig bebyggelse i området enligt den personintensitet som antagits i kapitel 5, med hänsyn till riskreducerande åtgärder.

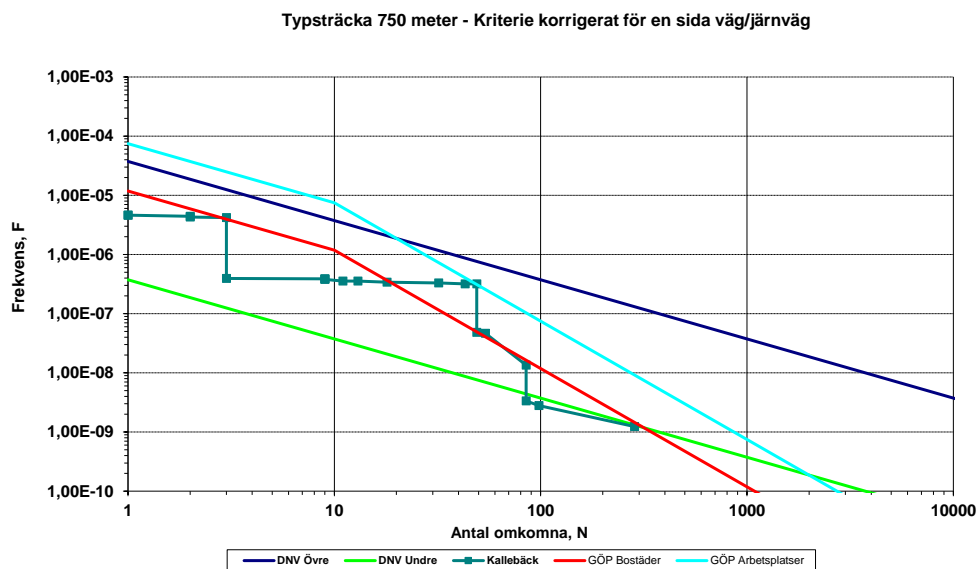
8.2.2 Nordvästra Kallebäck

I figur 15 presenteras samhällsriskerna för första radens byggnader (kontor) utan skyddsåtgärder.



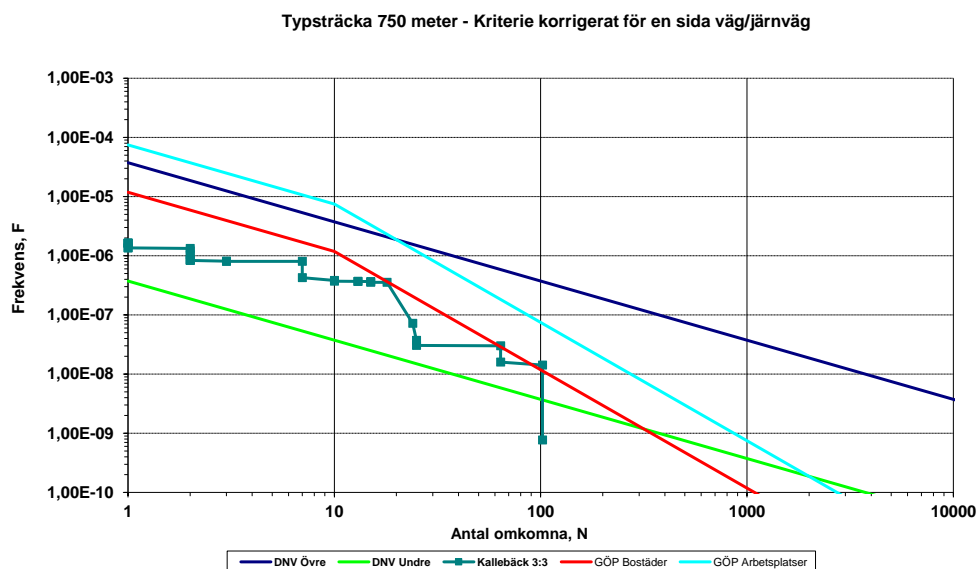
Figur 15. samhällsriskerna för första radens byggnader (kontor) utan skyddsåtgärder.

I figur 16 presenteras samhällsriskerna för första radens byggnader (kontor) med skyddsåtgärder. De skyddsåtgärder som kvantifierats är fasad i obrännbart material på första radens byggnader, ventilation placerad högt och vänd bort från farligt godsled samt att hänsyn tas till dimensionerande explosionslast på första radens byggnader.



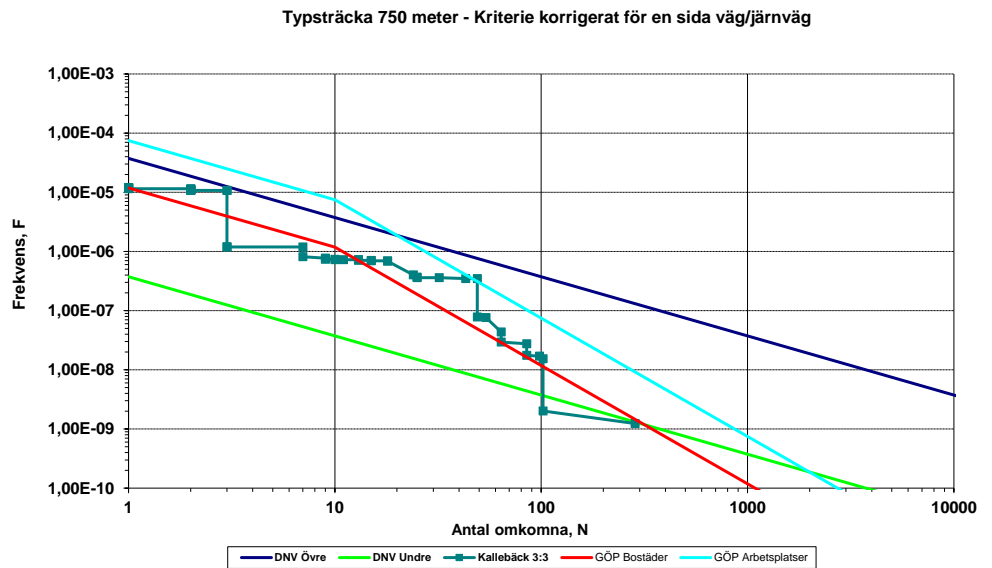
Figur 16. samhällsriskerna för första radens byggnader (kontor) med skyddsåtgärder.

I figur 17 presenteras samhällsriskerna för andra radens byggnader (bostäder). I beräkningarna har det förutsatts, i enlighet med rekommendation från FÖP 2014 för att kunna bygga bostäder närmare än 100 meter, att första radens byggnader är uppförda som en barriär mellan bostäder och farligt godsleder.



Figur 17. samhällsriskerna för andra radens byggnader (bostäder).

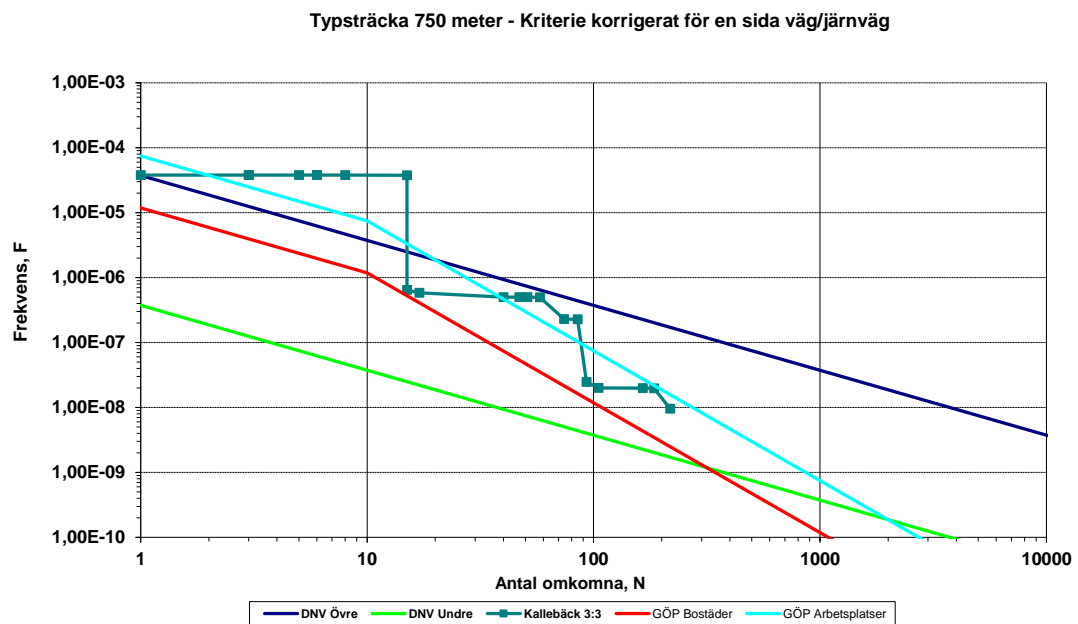
I figur 18 presenteras den samlade samhällsriskerna för kontor och bostäder i området med hänsyn till riskreducerande åtgärder.



Figur 18. Den samlade samhällsriskerna för kontor och bostäder i området, med hänsyn till riskreducerande åtgärder.

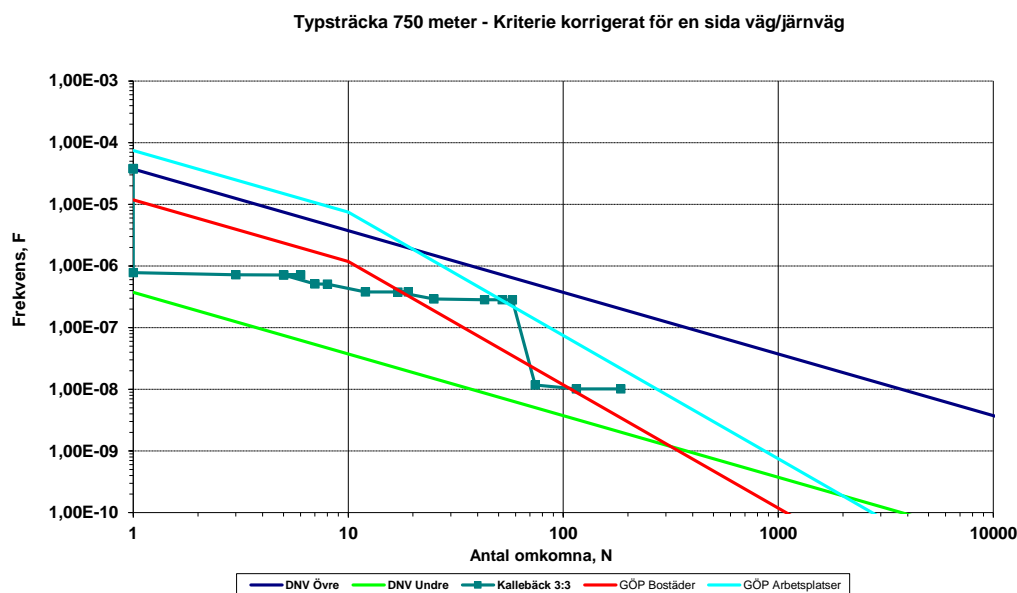
8.2.3 Sydvästra Kallebäck

I figur 19 presenteras samhällsriskerna för första radens byggnader (kontor) utan skyddsåtgärder.



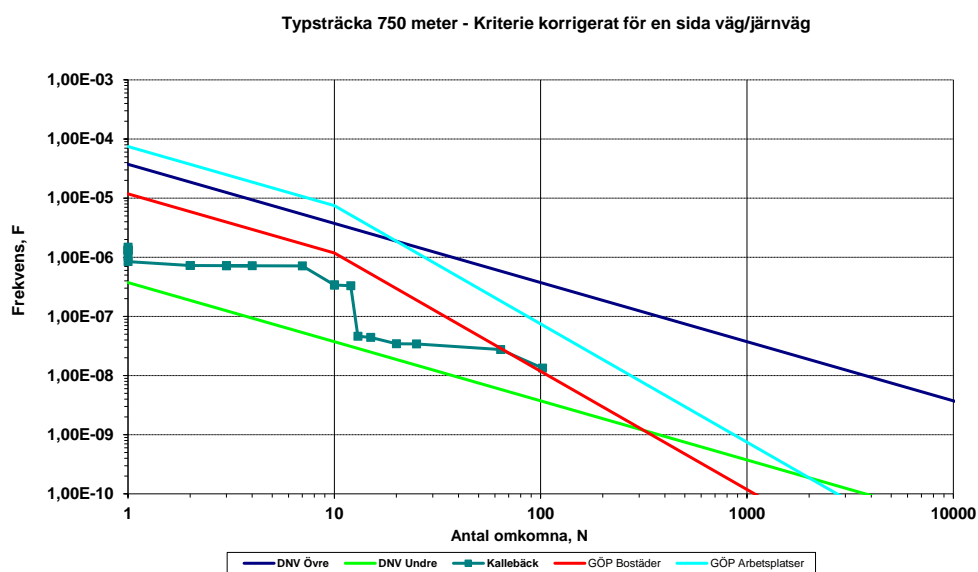
Figur 19. Samhällsriskerna för första radens byggnader (kontor) utan skyddsåtgärder.

I figur 20 presenteras samhällsriskerna för första radens byggnader (kontor) med skyddsåtgärder. De skyddsåtgärder som kvantifierats är fasad i obrännbart material på första radens byggnader, ventilation placerad högt och vänd bort från farligt godsled samt att hänsyn tas till dimensionerande explosionslast på första radens byggnader.



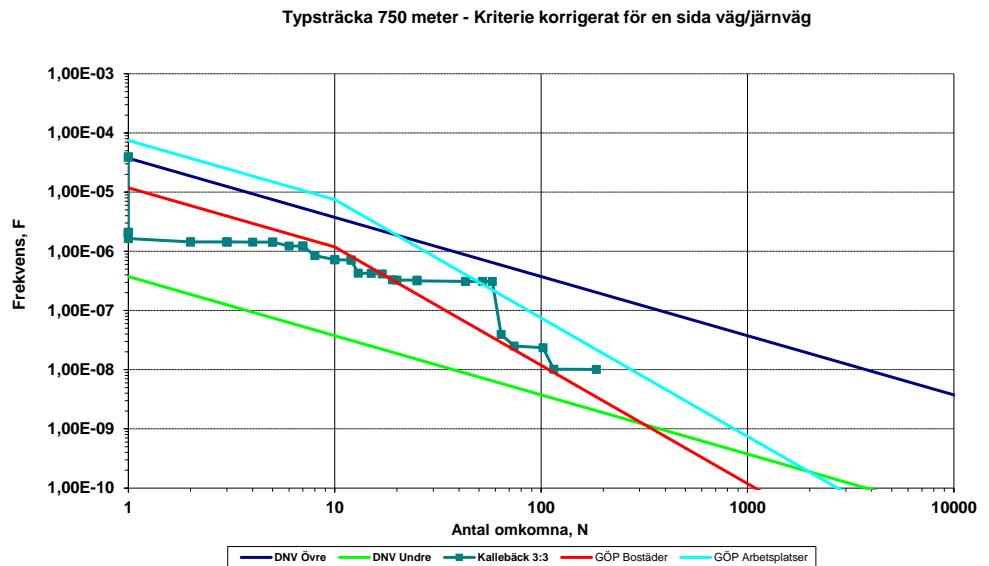
Figur 20. Samhällsriskerna för första radens byggnader (kontor) med skyddsåtgärder.

I figur 21 presenteras samhällsriskerna för andra radens byggnader (bostäder). I beräkningarna har det förutsatts, i enlighet med rekommendation från FÖP 2014 för att kunna bygga bostäder närmare än 100 meter, att första radens byggnader är uppförda som en barriär mellan bostäder och farligt godsleder.



Figur 21. samhällsriskerna för andra radens byggnader (bostäder).

I figur 22 presenteras den samlade samhällsriskerna för kontor och bostäder i området med hänsyn till riskreducerande åtgärder.



Figur 22. Den samlade samhällsriskerna för kontor och bostäder i området, med hänsyn till riskreducerande åtgärder.

8.3 Diskussion kring resultat

8.3.1 Individrisk

Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån vägen.

För Östra Kallebäck ligger individrisken utomhus 0-100 meter från vägen på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Inomhus föreligger denna risknivå 0-50 meter från vägen. På längre avstånd än 100 respektive 50 meter är individrisknivån låg.

För Nordvästra Kallebäck ligger individrisken 0-50 meter från väggkant av avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40 både utomhus och inomhus på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. På längre avstånd än 50 meter är individrisknivån låg. Anledningen till att individrisken är något lägre för denna del än de övriga är att avståndet är mätt från väggkant av avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40. Detta innebär att avståndet till de leder där det går riktigt mycket farligt gods är längre.

För Sydvästra Kallebäck ligger individrisken både utomhus och inomhus på en hög nivå 0-25 meter från väggkant på E6/E20. Utomhus ligger individrisken 25-100 meter från vägen på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Inomhus föreligger denna risknivå 25-50 meter från vägen. På längre avstånd än 100 respektive 50 meter är individrisknivån låg.

8.3.2 Samhällsrisk

Samhällsrisken är hög för samtliga undersökta områden när effekten av skyddsåtgärder inte beaktats. Detta är dock en naturlig konsekvens av att analysen har använt en optimering av antalet personer i områdena som utgångspunkt. När effekten av skyddsåtgärder har beaktats hamnar risknivån i linje med acceptanskriterierna för såväl kontor som bostäder.

8.4 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.

9 Diskussion, rekommendationer och skyddsåtgärder

Syftet med riskanalysen är att i ett tidigt skede undersöka hur Kallebäck kan utvecklas utifrån begränsningar med avseende på olycksriskerna från transporter med farligt gods. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras, en möjlig exploatering på olika avstånd från farligt godsled kan undersökas och eventuella skyddsåtgärder för att möjliggöra denna exploatering kan rekommenderas.

Ovanstående angreppssätt innebär per automatik att man frångår de rekommenderade avstånd som anges i ÖP99 och FÖP 2014. I området Östra Kallebäck har det rekommenderade avstånd som anges till bostäder i ÖP99, 100 meter frångåtts. I områdena Nordvästra och Sydvästra Kallebäck har det rekommenderade avstånd som gäller kontor (50 meter) och bostäder (100 meter) frångåtts. Ett rekommenderat bebyggelsefritt område på ett avstånd av 0-30 meter från farligt godsleder har dock uppfyllts för samtliga sträckor och farligt godsleder. 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.

Jämfört med riskacceptanskriterier från DNV och ÖP99 hamnar samhällsrisken på nivåer i linje med acceptanskriterierna. Vissa av FN-kurvorna i kapitel 8 visar på risknivåer strax över acceptanskriterierna. Detta har bedömts rimligt då syftet med analysen är att på en övergripande nivå undersöka hur Kallebäck kan utvecklas utifrån begränsningar med avseende på olycksriskerna från transporter med farligt gods. Risknivån för den bebyggelse som senare kommer att uppföras behöver utredas närmare för varje specifik detaljplan. Detta kan komma att innebära begränsningar i markanvändning eller krav på ytterligare skyddsåtgärder över vad som presenteras i denna rapport.

Individrisknivån är hög både inomhus och utomhus på ett avstånd av 0-25 meter från E6/E20 i Sydvästra Kallebäck och på den nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ut kostnads nytta synpunkt för Nordvästra och Östra Kallebäck. Detta område ligger inom den bebyggelsefria zonen varför ingen bebyggelse rekommenderas på detta avstånd. Inomhus ligger risknivån på 25-50 meters avstånd från närmsta farligt godsled på den nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ut kostnads nytta synpunkt för samtliga undersökta områden. I Syd- och Nordvästra Kallebäck är i denna zon bebyggelse av kontor eller motsvarande verksamheter med relativt långtgående skyddsåtgärder möjlig. I Östra Kallebäck är det möjligt med ett fåtal tillkommande bostäder, också dessa med relativt långtgående skyddsåtgärder. På avstånd längre än 50 meter är individrisknivån inom hus låg för samtliga undersökta områden.

9.1 Möjlig exploatering och skyddsåtgärder

Nedan sammanfattas och diskuteras de indata avseende området exploatering som använts i beräkningarna och därmed definierar möjlig bebyggelse samt vilka skyddsåtgärder som rekommenderas för att den presenterade exploateringen skall vara möjlig. Då nedanstående slutsatser och rekommendationer är baserad på schablonberäkningar i ett programskede bör man räkna med att mer detaljerade riskbedömningar/utredningar kommer att krävas i den kommande planeringen/projekteringen. Det kan i det skedet såväl visa på ett ökat eller minskat behov av skyddsåtgärder och en minskning eller ökning avseende möjlig exploatering, beroende på den bebyggelse man faktiskt önskar uppföra.

9.1.1 Generella rekommendationer och skyddsåtgärder

Följande generella skyddsåtgärder bedöms nödvändiga att ta hänsyn till i vidare planering/projektering för Kallebäck:

- › Barriär/skydd mellan studerat område och farligt godsled ska finnas som motverkar att vätska rinner in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank som är tätt i nedkant.
 - › Naturligt skydd (höjdskillnad) föreligger längsmed delar av både E6/E20 och väg 40.
- › Avåkningsskydd kan krävas längsmed de delar av väg 40 som löper på en högre höjd än området.
- › Ett bebyggelsefritt område motsvarande minst 30 meter mellan tillkommande bebyggelse och farligt godsled skall bibehållas. Markanvändningen för den bebyggelsefria zonen bedöms dock kunna användas till L, P, T och N enligt Boverket för plankartor rekommenderade förkortningar.
- › Området nära leden skall utformas på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- › Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån leden.
- › Det skall vara möjligt att utrymma byggnader inom 50 meter från farligt godsleder bort från leden
- › Placering av entréer bör ligga så långt ifrån leden som möjligt, gärna på motsatt sida.

Placering av verksamheter som kan anses vara speciellt skyddsvärda eller svårutrymda, exempelvis förskolor, skolor, sjukvårdsinrättningar, större sportarenor etc. bedöms inte vara lämpligt inom 100 meter från farligt godsled.

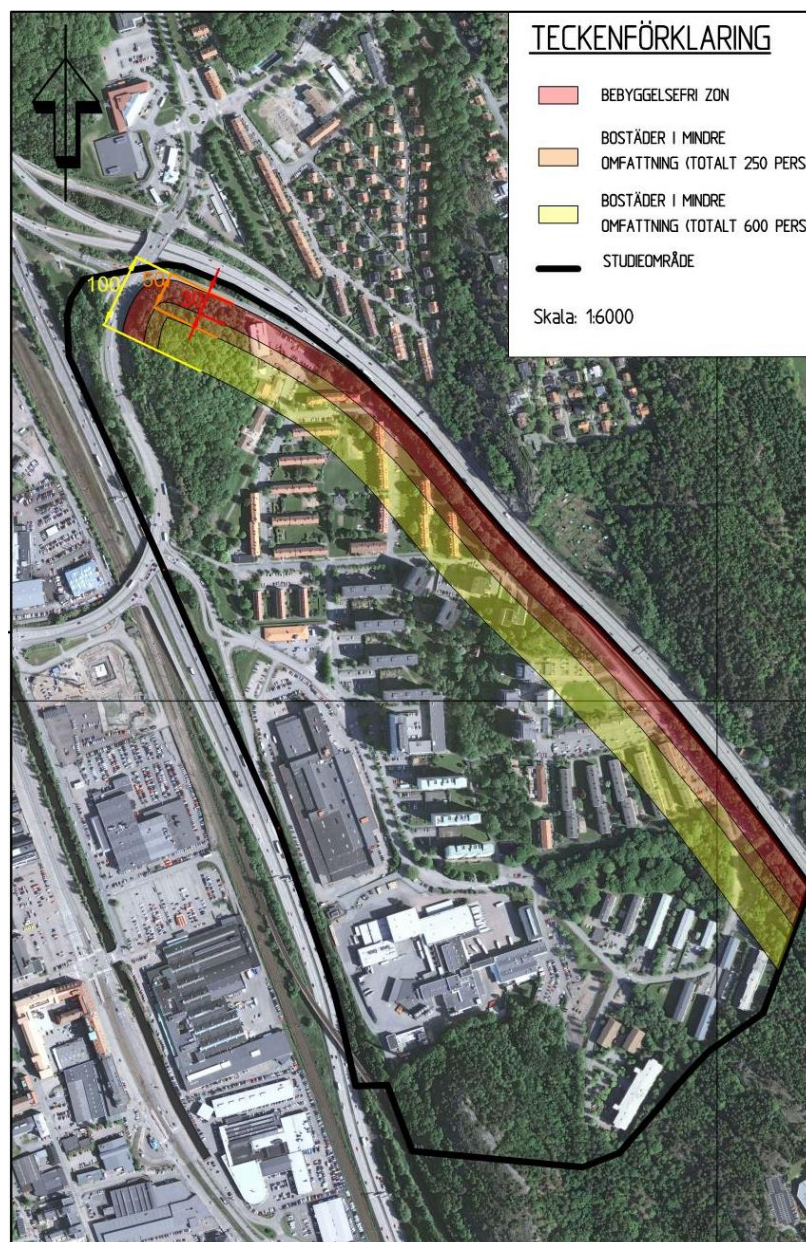
9.1.2 Östra Kallebäck

För området Östra Kallebäck har bostäder adderats längs med vägen. Antalet tillkommande personer på olika avstånd från vägen presenteras i tabell 14. Antalet personer på avstånd längre än 100 meter från farligt godsled är valda för att visa på att tillkommande personer på detta avstånd har mycket låg påverkan på risknivån.

Tabell 14. Det maximala antal tillkommande personer som enligt beräkningarna kan bo på olika avstånd från väg 40.

Avstånd	Antal tillkommande personer i bostäder
0-30	0
30-50	250
50-100	600
100-150	4000
150-200	4000

Värdena i tabell 14 presenteras även grafiskt i figur 23.



Figur 23. Möjlig förtätning på olika avstånd från farligt godsled.

Baserat på de antaganden som gjorts vid bedömning av personintensiteten i denna analys (i snitt 2.5 personer per lägenhet) motsvarar det ca 100 bostäder på ett avstånd av 30-50 meter från väg 40 och ca 240 bostäder på ett avstånd av 50-100 meter.

Ovanstående förtätning har i beräkningarna av risknivån visat sig vara möjlig givet att följande skyddsåtgärder, utöver de som nämns i kapitel 9.1.1, beaktas i fortsatt planering/projektering då dessa beaktats i beräkning av risknivån:

- › På byggnader 0-50 meter från farligt godsled skall fasader inklusive tak utformas med ytskikt i obrännbart material.
- › På byggnader 0-100 meter från farligt godsled skall ventilationsintag placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.
- › Byggnader 0-50 meter från farligt godsled skall utformas så att de kan motstå en dimensionerande explosionslast (vanligtvis 10 kg gasol) med sitt centrum på den del av Västkustbanan som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för forskridande ras.

Om dessa skyddsåtgärder inte bedöms möjliga att införa på tillkommande bebyggelse kan det möjliga antalet tillkommande personer/bostäder reduceras.

Antalet tillkommande personer på olika avstånd är i beräkningarna baserat på att dessa sprids ut på hela sträckan (ca 1600 meter). Beroende på vilket område man vill förtäta kan även färre tillkommande personer förväntas rimligt.

En framtida förtätning bör, ur risksynpunkt, utgå från att man i första hand förtätar de områden som ligger längre från farligt gods led innan man överväger en förtätning av de områden som ligger nära. Då riskberäkningarna visar att risknivån påverkas mycket lite av de personer som bor mer än 100 meter från farligt godsled rekommenderas att en eventuell förtätning nära farligt godsled (inom 100 meter) sker där befintlig bebyggelse nära leden är låg. Detta för att hålla ned samhällsrisk. Exempel på sådana områden presenteras i figur 24.



Figur 24. Områden där avståndet mellan farligt godsled och befintlig bebyggelse är ca 100 meter.

9.1.3 Nordvästra Kallebäck

Det enligt beräkningarna största möjliga antalet tillkommande personer på olika avstånd från avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40 presenteras i tabell 15. Antalet personer på avstånd längre än 100 meter från farligt godsled är valda för att visa på att tillkommande personer på detta avstånd har mycket låg påverkan på risknivån.

Tabell 15. Det maximala antal tillkommande personer som enligt beräkningarna kan arbeta och bo på olika avstånd från den avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40.

Avstånd	Antal personer kontor eller motsvarande verksamheter	Antal personer bostäder
0-30	0	0
30-50	1000	0
50-100	0	1000
100-150	0	2000
150-200	0	2000

Värdena i tabell 15 presenteras även grafiskt i figur 25.



Figur 25. Möjlig bebyggelse på olika avstånd från farligt godsled.

Baserat på de antaganden som gjorts vid bedömning av personintensiteten i denna analys (i snitt 2.5 personer per lägenhet och 0.04 personer/m² kontorsyta) motsvarar det ca 25 000 m² kontor eller motsvarande verksamheter på ett avstånd av 30-50 meter från väggkant och ca 400 bostäder på ett avstånd av 50-100 meter. Denna personintensitet är baserad på en sträcka av 750 meter. Om en kortare sträcka skall exploateras skall antalet personer skalas ned för att motsvara den kortare sträckan (för exempelvis en sträcka av 300 meter kan $300 \text{ m}/750 \text{ m} \times 25\,000 \text{ m}^2 = 10\,000 \text{ m}^2$ verksamheter bedömas vara en rimlig exploatering).

Med kontor eller motsvarande verksamheter avses arbetsplatser, kontor och dylika användningsområden som innebär relativt låg personintensitet. Dessa bedöms motsvara G, J, K, U, N, P, E, H och Y enligt Boverket för plankartor rekommenderade förkortningar.

Speciellt skyddsvärda eller svårutrymda verksamheter, exempelvis förskolor, hotell och sjukvårdsinrättningar, bör inte placeras inom 100 meter från farligt godsled.

I områdets norra del ligger idag en obebyggd kulle. Denna utsätts för risk från såväl de farligt godsleder som löper i Mölndalsåns dalgång som väg 40. Detta bedöms vara Kallebäck's mest utsatta plats med avseende på risker med farligt gods. Ett ur risksynpunkt rimligt användningsområde för denna del av Kallebäck är verksamheter med låg personintensitet. Dessa bedöms motsvara L, P, T, N, G, U och E enligt Boverket för plankartor rekommenderade förkortningar.

För att möjliggöra ovanstående förtätning krävs att följande skyddsåtgärder/förhållanden, utöver de som nämns i kapitel 9.1.1, beaktas i fortsatt planering/projektering då dessa beaktats i beräkning av risknivån:

- Första radens byggnader (kontor och verksamheter med liknande eller lägre personintensitet) placeras längsmed farligt godsleder så att de utgör en skyddande "skärm" för bakomliggande byggnader. Höjden på dessa byggnader bör om möjligt vara lika höga som närmast bakomliggande byggnad.
- På första radens byggnader skall fasader inklusive tak utformas med ytskikt i obrännbart material.
- På första radens byggnader skall ventilationsintag placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.
- Första radens byggnader skall utformas så att de kan motstå en dimensionerande explosionslast (vanligtvis 10 kg gasol) med sitt centrum på den del av avfarten/förbindelsen mellan E6/E20 och väg 40 som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Om dessa skyddsåtgärder inte bedöms möjliga att införa på tillkommande bebyggelse kan det möjliga antalet tillkommande personer/bostäder reduceras.

9.1.4 Sydvästra Kallebäck

Det enligt beräkningarna största möjliga antalet tillkommande personer på olika avstånd från E6/E20 presenteras i tabell 16. Antalet personer på avstånd längre än 100 meter från farligt godsled är valda för att visa på att tillkommande personer på detta avstånd har mycket låg påverkan på risknivån.

Tabell 16. *Det maximala antal tillkommande personer som enligt beräkningarna kan arbeta och bo på olika avstånd från E6/E20.*

Avstånd	Antal personer kontor eller motsvarande verksamheter	Antal personer bostäder
0-30	0	0
30-50	1000	0
50-100	0	1000
100-150	0	2000
150-200	0	2000

Värdena i tabell 16 presenteras även grafiskt i figur 26.



Figur 26. Möjlig bebyggelse på olika avstånd från farligt godsled.

Baserat på de antaganden som gjorts vid bedömning av personintensiteten i denna analys (i snitt 2.5 personer per lägenhet och 0.04 personer/m² kontorsyta) motsvarar det ca 25 000 m² kontor eller motsvarande verksamheter på ett avstånd av 30-50 meter från väggkant och ca 400 bostäder på ett avstånd av 50-100 meter. Vid avståndsbestämning bör en framtida breddning av väg E6/E20, enligt figur 6, användas som utgångspunkt. Denna personintensitet är baserad på en sträcka av 750 meter. Om en kortare sträcka skall exploateras skall antalet personer skalas ned för att motsvara den kortare sträckan (för exempelvis en sträcka av 300 meter kan $300\text{ m}/750\text{ m} \times 25\ 000\text{ m}^2 = 10\ 000\text{ m}^2$ verksamheter bedömas vara en rimlig exploatering).

Med kontor eller motsvarande verksamheter avses arbetsplatser, kontor och dylika användningsområden som innebär relativt låg personintensitet. Dessa bedöms motsvara G, J, K, U, N, P, E, H och Y enligt Boverket för plankartor rekommenderade förkortningar.

Speciellt skyddsvärda eller svårutrymda verksamheter, exempelvis förskolor, hotell och sjukvårdsinrättningar, bör inte placeras inom 100 meter från farligt godsled.

För att möjliggöra ovanstående förtätning krävs att följande skyddsåtgärder/förhållanden, utöver de som nämns i kapitel 9.1.1, beaktas i fortsatt planering/projektering då dessa beaktats i beräkning av risknivån:

- › Första radens byggnader (kontor och verksamheter med liknande eller lägre personintensitet) placeras längsmed farligt godsleder så att de utgör en skyddande "skärm" för bakomliggande byggnader. Höjden på dessa byggnader bör om möjligt vara lika hög som närmast bakomliggande byggnad.
- › På första radens byggnader skall fasader inklusive tak utformas med ytskikt i obrännbart material.
- › På första radens byggnader skall ventilationsintag placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.
- › Första radens byggnader skall utformas så att de kan motstå en dimensionerande explosionslast (vanligtvis 10 kg gasol) med sitt centrum på den del av E6/E20 som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Om dessa skyddsåtgärder inte bedöms möjliga att införa på tillkommande bebyggelse kan det möjliga antalet tillkommande personer/bostäder reduceras.

10 Referenser

Banverket (2006), Ny järnväg Göteborg-Borås (2006)

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

COWI (2011), *Risikanalyt avseende farligt gods transporter vid planområdet Halvorsäng*, 2011-04-27, rev. 2

COWI (2012b), *Risikanalyt för Östra Centrum i Partille*, Uppskattning avseende personantal för handel baserat på uppgifter från KF Fastigheter Projektledning AB (2012), *Muntliga och skriftliga uppgifter om exploatering av yt- och Parkeringshus samt Handel i kvarter 6*, Bjarne Fjellanger- Chef Fastighetsutveckling Väst/Syd

COWI (2013), KVANTITATIV RISIKANALYS FÖR KALLEBÄCK 2.3, 2013-12-06

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

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

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

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

Stadsbyggnadskontoret (2013), *Översiktsplan för Göteborg och Mölndal fördjupad för Mölndalsåns dalgång – samrådshandling november 2013*

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

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

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

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

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

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

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), *Lastbilstrafik 2014, statistik 2015:21*, URL:
http://trafa.se/PageDocuments/Lastbilstrafik_2014.pdf

Trafikverket (2014), *Västkustbanan*, URL:
<http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sveriges-jarnvagsnat/Vastkustbanan/>, Senast uppdaterad/granskad: 2014-01-24, Hämtad: 2015-11-06

Trafikverket (2015a), *Uppgifter och statistik gällande farligt gods på Västkustbanan och Kust till kustbanan förbi studerat område har erhållits av Anders Nilsson, Statistiker på Trafikverket*

Trafikverket (2015b), URL:
<http://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=7110496&laenkröllista=3>, Hämtad: 2015-11-06

Trafikverket (2015c), URL:
<http://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=7110512,7110791&laenkröllista=1.1>, Hämtad: 2015-11-06

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

WSP (2014), *Detaljerad riskbedömning för fördjupad översiktsplan – Transport av farligt gods på väg och järnväg Mölndalsåns dalgång inom Göteborg och Mölndal – KONCEPTHANDLING*, 2014-12-18

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

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

ÅF (2012), *Kallebäck 2:5 GÖTEBORGS KOMMUN RISKUTREDNING FARLIGT GODS*, 2012-04-30

ÅF (2014), Risk-PM, Kallebäck 2:5, Kvarteret Tändstickan - Uppdatering
av tidigare riskutredning, 2014-04-08

Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

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 godsskyttade 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 transporterna baserat på uppgifter från trafikanalys om transportarbete (se beräkning i bilaga C).
- › Total körsträcka med farligt godsfordon blir då: $0,04 \cdot 2,5 \cdot 10^9 = 1 \cdot 10^8$ km/år

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

Frekvens för järnvägsolycka

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

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

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

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

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

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

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

Följande frekvenser används i denna studie:

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

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

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

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

Skalning av olycksfrekvenser

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

Frekvens för olycksscenarier

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en 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 reducering 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 reducering med en faktor 1/3 tillämpas vilket bedöms vara rimligt för det aktuella området.

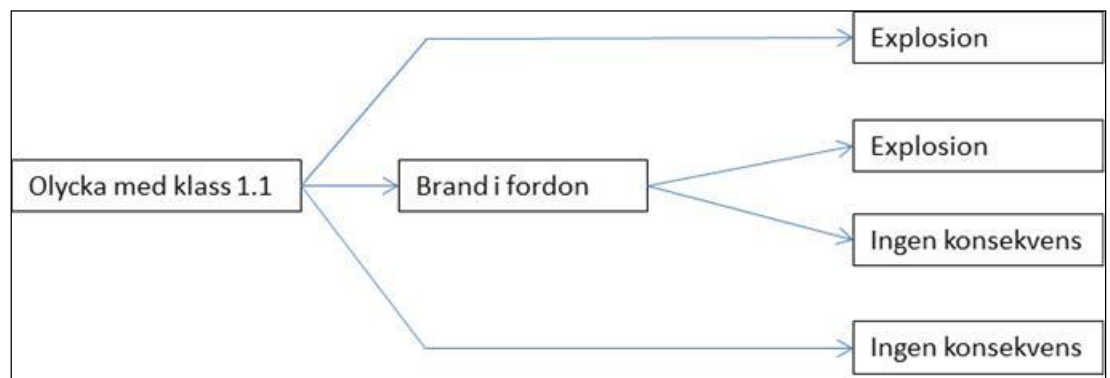
Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

A.1 Olycka med massexplösivt ämne

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

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

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



Figur A.1. Händelseförlopp vid olycka med massexplosiva ämnen

Vägolycka

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

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

Sannolikheten för explosion kan därmed beskrivas enligt följande:

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

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

Järnvägsolycka

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

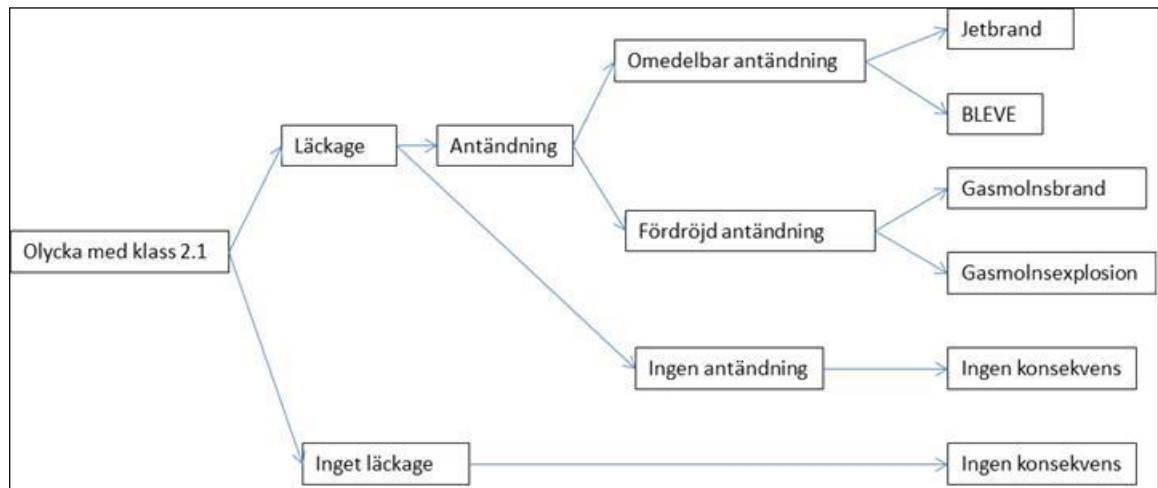
Sannolikheten för olycka med massexplösivt ämne är beräknad i Göteborgs översiktsplan för farligt gods (1999) och innefattar både, kollision, urspårning och

brand i vagn. Den totala sannolikheten för massexplosion är beräknad till $4.8 \cdot 10^{-8}$ för 2 km typbebyggelse. Sannolikheten beskrivs här för 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

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

A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)

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



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

Ett läckage av brandfarlig gas kan resultera i följande scenario:

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

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

- › Ingen antändning: 30 %
- › Jetbrand: 19 %
- › BLEVE: 1 %

- › UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion eller gasmolnsexplosion): 50 %

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

Enbart ett startscenario med 50 mm hål (motsvarande armaturbrott) beaktas. Risk för tankhaveri beaktas genom att inledande hål antas kunna utvecklas till BLEVE.

Vägoolycka

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

Järnvägsolycka

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

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Jetbrand

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

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

Gasmolnsbrand

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

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

Gasmolnsexplosion

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

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

BLEVE

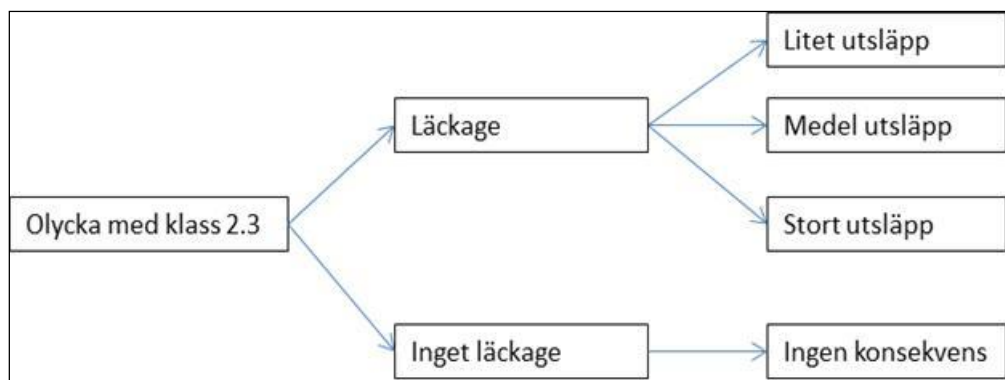
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

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

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

A.3 Olycka med giftig gas

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



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

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

- > Litet utsläpp (packningsläckage)
- > Medelstort utsläpp (rörbrott)

- › Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

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

Vägolycka

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

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.3}} \cdot 0,5$$

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

Järnvägsolycka

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

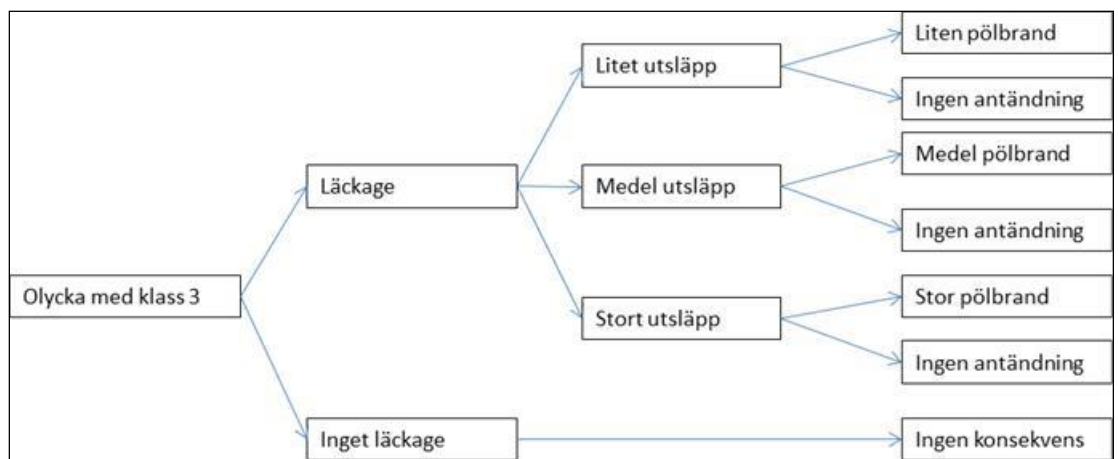
Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

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

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

A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensen

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



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

Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand

(brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning.

Följande pölbrandsscenario kan sättas upp:

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

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

Vägolycka

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

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

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot N_{\text{klass 3}} \cdot 0,1 \cdot 0,33$$

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

Järnvägsolycka

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

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

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

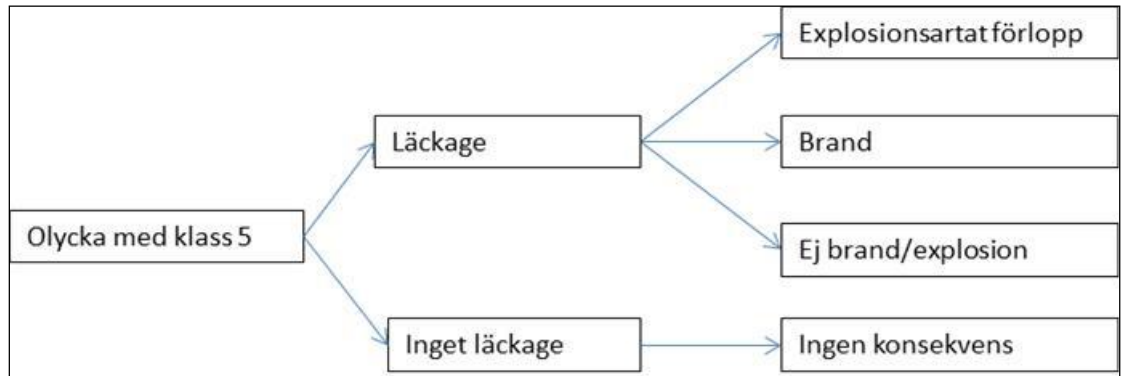
$$\text{Mellan läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

$$\text{Stort läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

A.5 Olycka med oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Figur A.5 illustrerar händelseförloppet vid olycka med oxiderande ämnen. Utöver explosion

kan även en brand inträffa men konsekvensen för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs.



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

Vägolycka

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

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

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

Järnvägsolycka

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

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

A.6 Resultat av beräkningar

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

Tabell A.1. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på Kust till kustbanan.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1– massexplosion (stor)	0,00E+00
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	1,02E-09
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	2,14E-09
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	5,36E-10
Olycka med klass 2.1- BLEVE	2,68E-11
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	2,16E-10
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	4,32E-10
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,44E-08
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	7,21E-09
Olycka med klass 5 -explosion	2,65E-09

Tabell A.2. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på Västkustbanan.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1– massexplosion (stor)	5,76E-09
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	2,57E-08
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	5,41E-08
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	1,35E-08
Olycka med klass 2.1- BLEVE	6,76E-10
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	8,64E-10
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	1,73E-09
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,22E-07
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	6,11E-08
Olycka med klass 5 -explosion	3,01E-09

Tabell A.3. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på väg 40.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (liten)	8,06E-08
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	1,26E-09
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	5,06E-07
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	1,07E-06
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	2,66E-07
Olycka med klass 2.1- BLEVE	1,33E-08
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	0,00E+00
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	0,00E+00
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	5,70E-06
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	5,70E-06
Olycka med klass 5 -explosion	5,31E-08

Tabell A.4. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på E6/E20/E20.

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- Gasmolnsexplosion	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-08
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

Tabell A.5. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på avfart/förbindelse mellan E6/E20 och väg 40.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (liten)	9,00E-09
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	1,00E-09
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	3,02E-08
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	6,36E-08
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	1,59E-08
Olycka med klass 2.1- BLEVE	7,95E-10
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	5,27E-10
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	1,05E-09
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	2,44E-06
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,44E-06
Olycka med klass 5 -explosion	8,40E-09

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser

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 på järnväg. Värden i denna tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges.

Ämnesklass	Olycksscenario	0-25 m	26-50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m
Klass 1.1 Massexplodivt	Liten explosion (200 kg)	1/0,15	0/0,05	0/0,01	0/0	0/0
	Stor explosion (6 ton)	1/0,3	1/0,3	0,5/0,15	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	0,5/0,0	0/0
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

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 massexplodivt 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

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

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

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

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

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

Konsekvenser för massexplodivt ämne

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

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabell B.8. Andel omkomna vid olycka med massexplсивt 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:

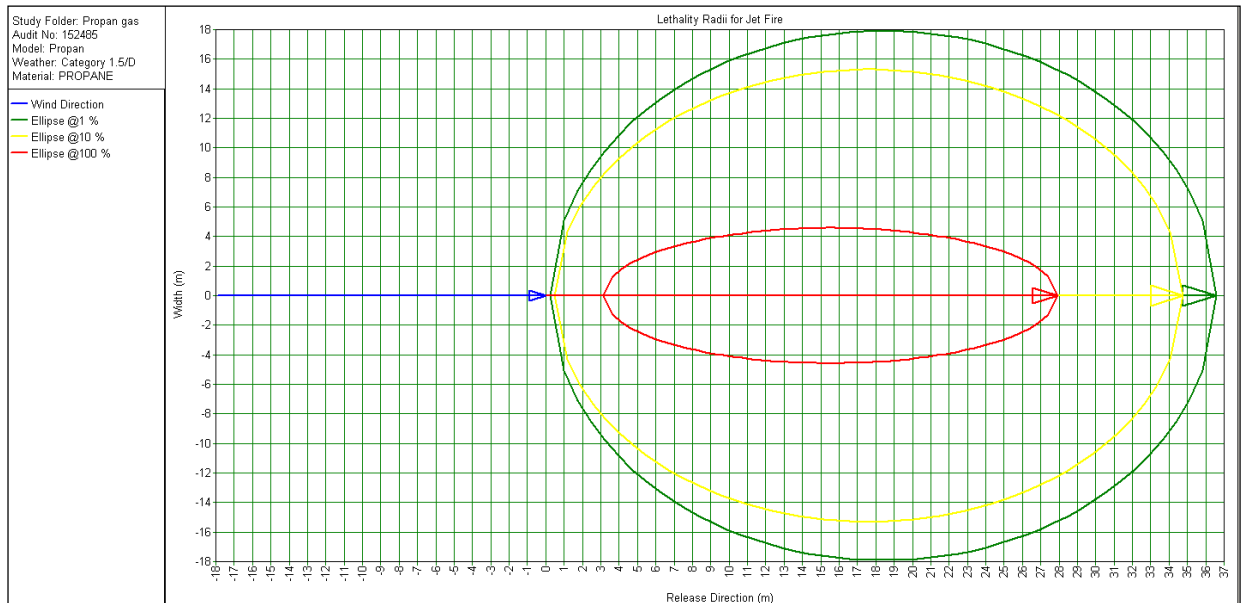
- Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

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

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Omfattningen och effekten av en jetbrand bestäms av om ämnet strömmar ut i gasfas eller vätskefas, om en fri jetstråle kan utvecklas samt av riktningen på denna. I flammans riktning och i närhet av utsläppet kommer strålningsnivåerna att vara mycket höga, över 40 kW/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.

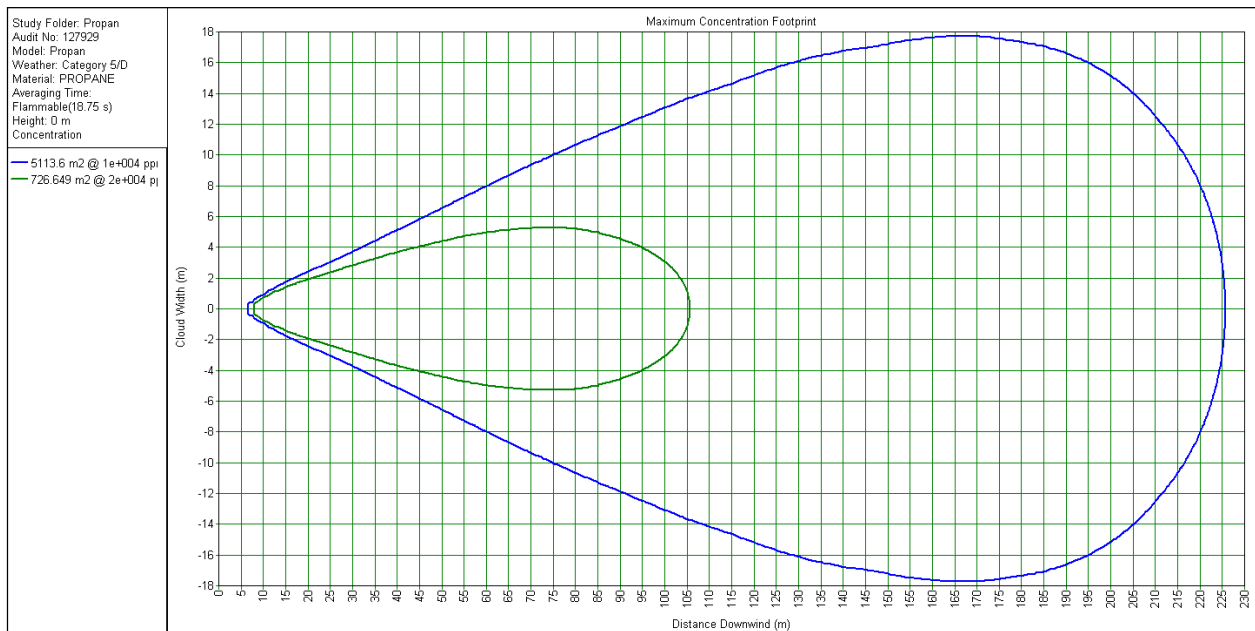
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

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.

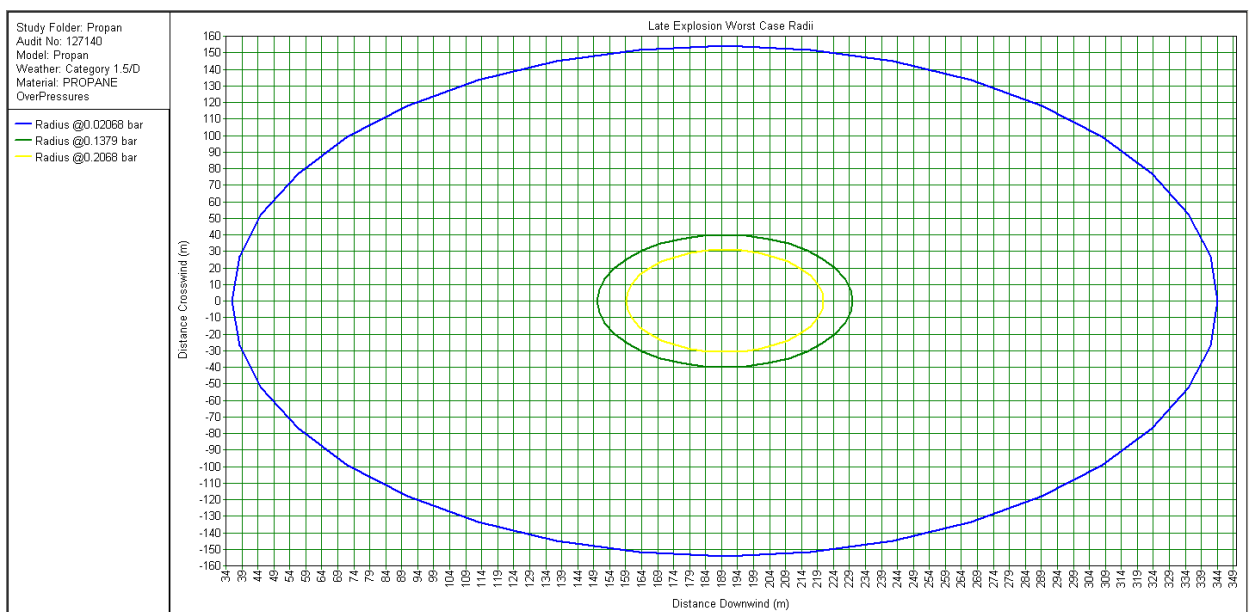
Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

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.

Gasmolnexplosion

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

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



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

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

Tabell B.10-12 sammanfattar den procentuella andelen omkomna och svårt skadade vid olika avstånd från utsläppspunkten. Det fall som redovisas baseras på följande väderparametrar: Medeltemperatur 8°C, vindhastighet 4 m/s.

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

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

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade (%) inomhus	
	0,5 luftväxlingar NH 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 lindrig skadade förekomma.

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

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

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

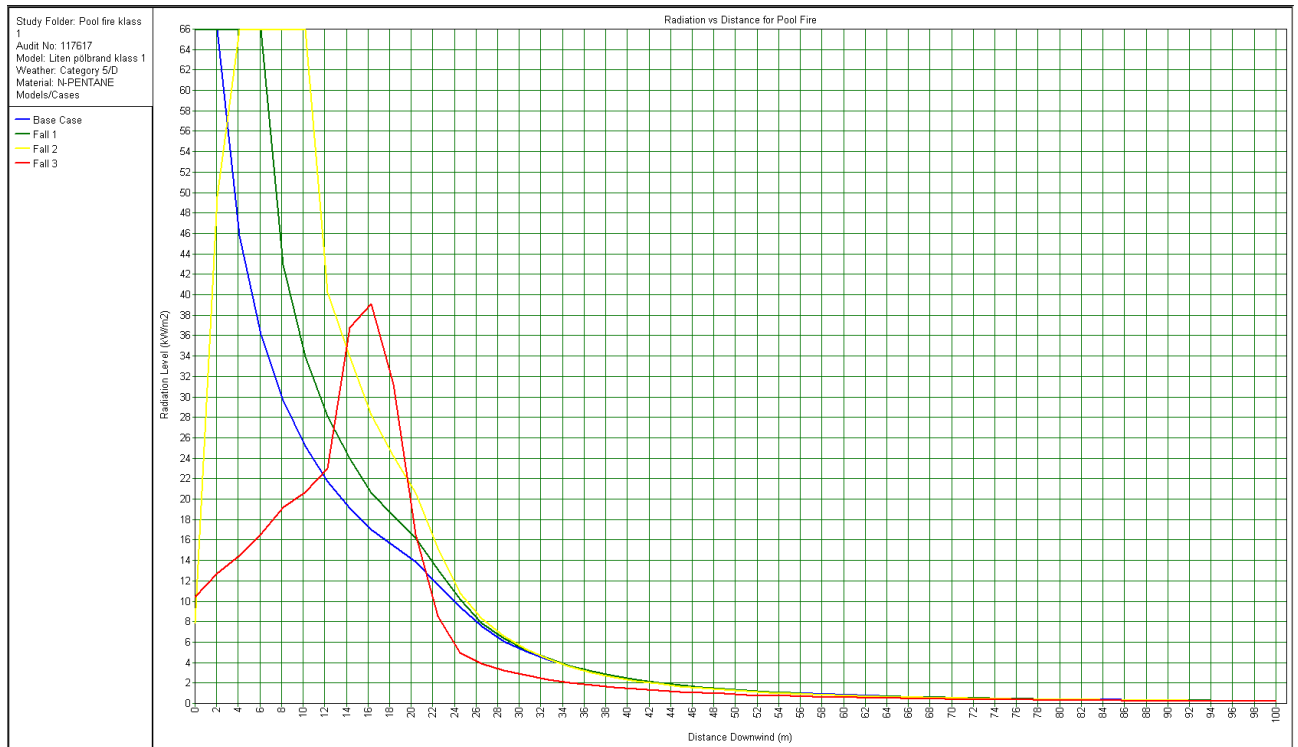
En tankbilsolycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt.

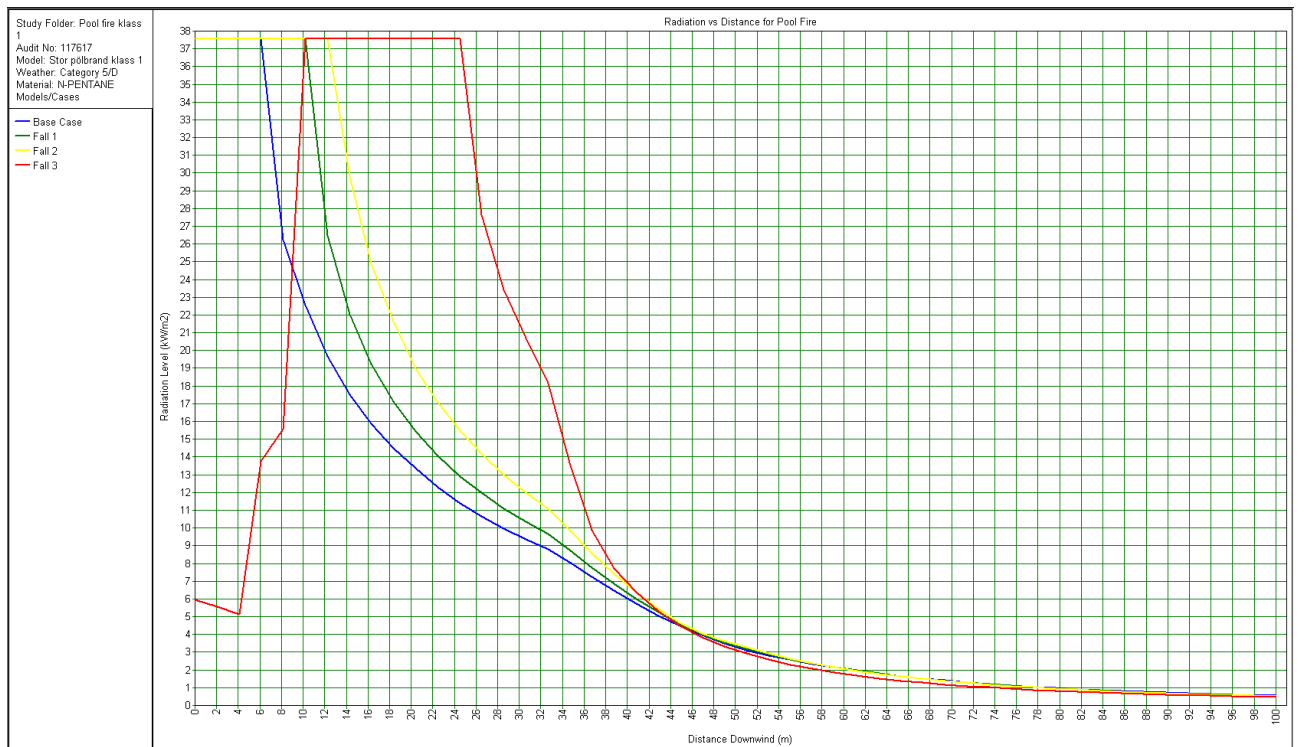
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- › Litet utsläpp: Bedöms inte ha någon påverkan på omgivningen
- › Medel utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 50 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 värmestrålning en person klarar av utan att erhålla skador beror bland annat på hur länge personen exponeras för strålningen. En person som blir varse en brand kommer troligtvis att försöka ta sig ifrån området och på så sätt kan graden av brännskada till viss del begränsas. Detta förutsätter dock att personen i fråga kan förflytta sig, blir varse branden samt reagerar tillräckligt fort för att kunna/hinna agera.

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

Tabell B.15. Gränsvärden beträffande strålning.

Strålningsnivå	Jämförelse/Gränsvärde
13 kW/m 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.

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

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

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

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

För jämförelse till beräkningar finns de uppgifter som sammanställs i Göteborgs översiktsplan (GÖP, 1999). Enligt Göteborg översiktsplan beräknas dödliga skador ske inom 30 meter och väggar kan raderas inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

Bilaga C - Indata för beräkningar

Bilaga C - Indata för beräkningar

Nedan följer material och uppgifter för antaganden i beräkningar för antal transporter på väg 156 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 %.

ÅDT på väg avfart/förbindelse E6/E20/väg50 förbi studerat område:

ÅDT förbi studerad vägsträck hämtas från Trafikverket (Trafikverket, 2015c) och uppgår till 750 tunga transporter per dygn, se figur C.1.

Avsnitt: 7110512 Län: O Vägnummer: 6								
Presentation av årsmedeldygnstrafik								
Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mätriktning	ÅDT(OS) Fordon	ÅDT(OS) Lastbilar	ÅDT(OS) Axelpar
7110512	1994-01-01	2015-02-20	3	1996	0	11950	690	12400
7110512	2015-02-20	9999-12-31	4	2015	0	11500	750	13000

Figur C.1. ÅDT för den avfart/förbindelse mellan E6/E20/väg 40 som finns i områdets norra del.

Procentuell fördelning mellan ämnesklasser enligt SRV kartläggning av farligt gods:

Mängder (maxvärden) av transporterade klasser sammanställs i tabell C.1 tillsammans med procentuell fördelning inom respektive ämnesklass. Värdena är baserade på data för hela det nationella vägnätet. Den procentuella fördelningen används tillsammans med ÅDT och andel farligt gods transporter för att beräkna antalet transporter av varje ämnesklass förbi det aktuella området.

Tabell C.1. Mängder farligt gods (maxvärden) enligt SRV:s kartläggning år 2006. Värdena är baserade på data för hela det nationella vägnätet.

Farligt godsklass	SRV maxvärde för september 2006 (ton/månad)	Procentuell fördelning (%)
1. Explosiva ämnen	70	0,1
2.1. Brandfarliga gaser	3700	5,7
2.2. Icke brandfarliga gaser/ icke giftiga gaser	4400	6,7
2.3. Giftiga gaser	0	0,0
3. Brandfarliga vätskor	33000	50,5
4. Brandfarliga fasta ämnen, självantändande, ämnen som utvecklar brandfarlig gas i kontakt med vatten	270	0,4
5.1. Oxiderande ämnen	490	0,75
5.2. Organiska peroxider	2	0,0
6. Giftiga och smittsamma ämnen	230	0,3
7. Radioaktiva ämnen	49	0,1
8. Frätande ämnen	11600	17,8
9. Övriga ämnen och föremål	11500	17,6

Bilaga D – Känslighetsanalys

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 2025. 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.

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.