

Mariestads kommun

Riskutredning Sund och Hindsberg

Transporter av farligt gods



Uppdragsnr: 1053230 Version: Slutversion
2018-10-12

Uppdragsgivare: Mariestads kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Adam Johansson
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Johan Hultman

Slutversion	2018-10-12		Johan Hultman	Herman Heijmans	Johan Hultman
Koncept	2018-09-28		Johan Hultman	Herman Heijmans	Johan Hultman
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

Sammanfattning

Denna riskutredning gäller tre detaljplaner Sund 4:6 (södra), 1493-P2018/3 (lagakraftvunnen detaljplan) och Hindsberg söder om Mariestad centralort i Mariestads kommun. Detaljplanerna är belägna i ett område där flera leder för transporter av farligt gods förekommer; E20, Sandbäcksvägen, Göteborgsvägen och Kinnekullebanan. Riskpolicyn som länsstyrelserna i bl. a. Västra Götalands län har antagit förskriver att riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportleder för farligt gods.

Resultaten visar att risknivåerna för E20 förbi planområdet ligger på en sådan nivå att det ligger inom ALARP-området vilket innebär att ekonomiskt rimliga och tekniskt genomförbara åtgärder bör genomföras. För ramperna på E20 bör särskild hänsyn tas till att de ligger på en högre nivå än planområdet vilket innebär att skyddsåtgärder även bör vidtas vid dessa.

Förslag på skyddsåtgärder:

- Utrymning ska vara möjlig bort från E20 och ventilation placeras högt och vänd bort från E20 på byggnader inom 150 meter från E20.
- Fasader på byggnader inom 100 meter från E20 bör utföras i brandklassat material EI30. Byggnader inom 100 meter från E20 bör utformas för att ge skydd mot fortskridande ras vid ett infallande dimensionerande explosionstryck enligt *bilaga 1, kapitel 4*. Det dimensionerande explosionstrycket har uppskattats till 5 kPa vilket med det reflekterade trycket ger 10 kPa. Impulstätheten är 2,08 kPas.
- Området utomhus inom 80 meter från E20 bör utformas så att det inte inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Området inom 50 meter från E20 och dess på- och avfartsramp bör ej bebyggas.

Inom detaljplanen för Hindsberg möjliggörs drivmedelsförsäljning vilket innebär att dessa transporter kommer förekomma inom området. Det är viktigt att anlägga diken på de vägar inom området där dessa transporter förväntas gå för att samla upp brandfarliga vätskor vid en eventuell olycka.

Om dessa skyddsåtgärder genomförs bedöms risknivåerna vara tolerabla för planområdet.

Innehåll

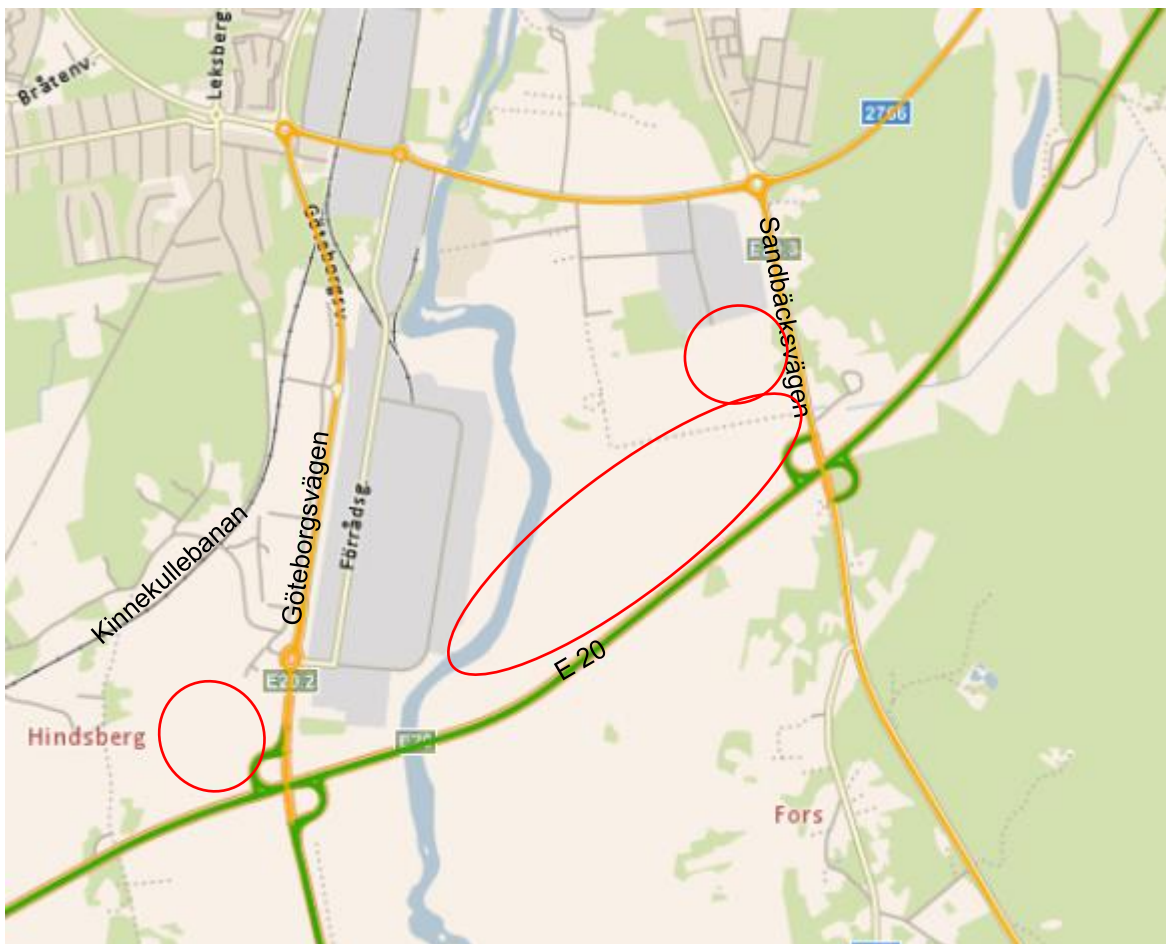
1	Inledning	5
2	Risker med transport av farligt gods	6
2.1	Typer av farligt gods	6
2.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	6
3	Platsbeskrivning	8
3.1	Planområdet	8
3.2	Persontäthet	9
3.3	Transporter av farligt gods förbi planområdet	12
3.4	Sannolikhet för olyckor	18
4	Riskbedömning i den fysiska planeringen	20
4.1	Vad är risker	20
4.2	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	21
4.3	Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen	23
4.4	ALARP-området	24
5	Resultat av riskberäkningarna	25
5.1	Område A	25
5.2	Område B	28
5.3	Område C	31
6	Slutsatser och förslag på skyddsåtgärder	39
7	Referenser	41

Bilaga 1 Riskberäkningar för transport av farligt gods på väg

Bilaga 2 Riskberäkningar för transport av farligt gods på järnväg

1 Inledning

Denna riskutredning för transporter av farligt gods som har tagits fram på uppdrag av Mariestads kommun gäller två nya detaljplaner Sund 4:6 (södra) och Hindsberg samt för område som omfattas av gällande detaljplan 1493-P2018/3 söder om Mariestad centralort i Mariestads kommun. Detaljplanerna är belägna i ett område där flera leder för transporter av farligt gods förekommer, se *figur 1*. E20 som är belägen söder om de två detaljplanerna är utpekad som primär transportled för farligt gods som i första hand bör användas för genomfartstrafik med farligt gods. Göteborgsvägen och Sandbäcksvägen är utpekade som sekundära transportleder för transporter av farligt gods och dessa vägar bör användas för lokala transporter mellan det primära vägnätet och start/målpunkten. Nordväst om området Hindsberg går Kinnekullebanan där transporter av farligt gods kan ske. Riskpolicyn som länsstyrelserna i bl. a. Västra Götalands län har antagit förskriver att riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportleder för farligt gods (Lst 2006).



Figur 1 Översiktsskarta med detaljplanernas ungefärliga lokalisering i förhållande till transportleder för farligt gods (Trafikverket 2018:1).

2 Risker med transport av farligt gods

2.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR) delas farligt gods in i nio klasser, se *tabell 1*.

Tabell 1 Indelning av farligt gods.

Klass	Innehåll	Exempel
1	Explosiva ämnen	Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, ammoniumnitrat
6	Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen	Kvicksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

Nedan följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras i Sverige och potentiella följder av olyckor där farligt gods är inblandat. De förväntade följderna i form av dödsfall avser, om inget annat anges, personer som vistas utomhus utan skydd.

Konsekvenserna beskrivs mer utförligt i *bilaga 1 och 2*.

Klass 1: Explosiva ämnen

En explosion av s.k. massexplosiva ämnen kan ge omkomna upp till ca 100 m från explosionen och byggnader kan raseras på flera hundra meters avstånd. Övriga explosiva ämnen kan, i huvudsak genom raserade byggnader, ge effekter på några tiotal meters avstånd.

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

Utsläpp av brännbar gas i luft kan antändas direkt och orsaka en s.k. jetflamma. Om gasen inte antänds direkt bildas först ett brännbart gasmoln som sedan kan antändas relativt omgående eller

driva iväg och antändas över bebyggelsen. Detta resulterar då i en flash brand (Flash Fire) eller gasmolnexplosion (Vapor Cloud Explosion). I ytterst sällsynta komplicerade olyckor kan gastanken explodera och bilda ett eldklot, s.k. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Risken att omkomma av en jetflamma är vanligtvis liten på avstånd som överstiger 90 meter. Ett gasmoln som driver iväg med vinden kan hamna nära bebyggelsen och orsaka betydande skador vid antändning. En BLEVE kan ge upphov till omkomna på ett avstånd av 150 m.

Giftiga gaser kan vid ett utsläpp driva iväg i vindriktningen och leda till omkomna på flera hundra meter från utsläppskällan. Dödsfall inträffar framförallt bland de som vistas utomhus.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Om en tank med mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) skadas rinner bensinen ut och en s.k. pölbrand kan uppstå. Eldningsolja är så svårantändlig att brandrisken är försumbar. Risken att omkomma är som regel liten på avstånd som överstiger några 10-tals meter.

Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor och karbid

Dessa ämnen är fasta och skadar endast i olycksplatsens direkta omgivning.

Klass 5: Oxiderande ämnen

Olycka med endast dessa ämnen leder normalt ej till personskador, men om ämnena blandas med olja eller bensin kan det uppstå explosionsrisk och explosionerna kan vara lika kraftiga som för ämnen i klass 1.

Klass 6: Giftiga ämnen

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

Klass 7: Radioaktiva ämnen

Dessa ämnen transporteras normalt endast i små mängder på väg och järnväg. Risken att omkomma är därför försumbar.

Klass 8: Frätande ämnen såsom saltsyra och svavelsyra

Risk för skador är normalt störst inom ca 20 m eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

Denna klass omfattar bl.a. miljöfarligt avfall. Det är dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.

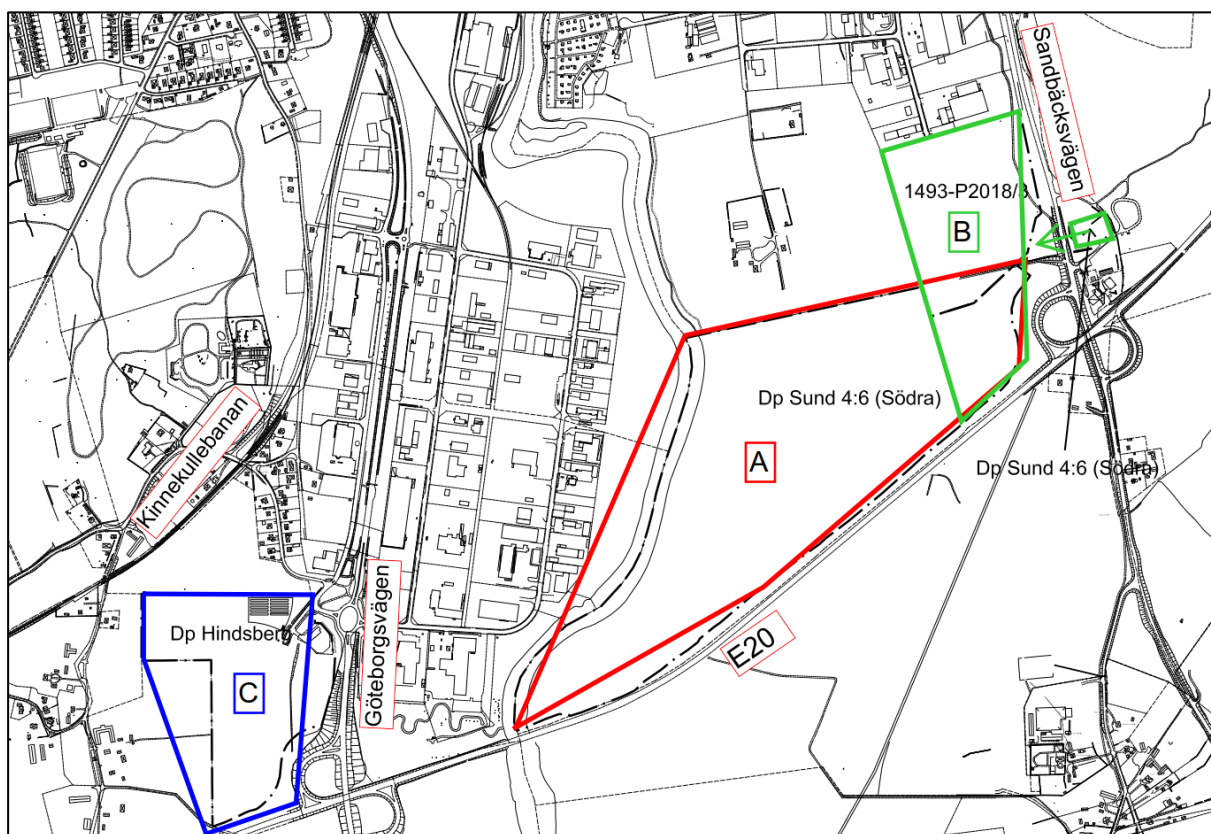
3 Platsbeskrivning

3.1 Planområdet

Planområdet delas upp i tre områden enligt figur 2.

För område A beräknas riskerna utifrån riskbidraget från transporter av farligt gods på E20. Området innefattar hela detaljplanen Sund 4:6 (södra) förutom det lilla området öster om Sandbäcksvägen. För område B beräknas riskerna med transporter av farligt gods på Sandbäcksvägen och rampen till och från E20. Område B innefattar hela detaljplan 1493-P2018/3 samt östligaste delen av detaljplan Sund 4:6 (södra) och området öster om Sandbäcksvägen. Område A och B överlappar varandra i ett område som påverkas av riskbidrag både från E20 och Sandbäcksvägen. Särskild hänsyn till skyddsåtgärder kan behöva tas i detta område då de påverkas av risker från två olika håll.

Område C påverkas av riskbidrag från E20, Göteborgsvägen och Kinnekullebanan. Eftersom dessa transportleder ligger i tre olika väderstreck behandlas dessa separat i beräkningarna. Eventuella skyddsåtgärder föreslås för den del av planområdet som vetter mot respektive transportled.



Figur 2 Översiktsskarta med indelningar av olika delområdet och dess närliggande transportleder för farligt gods.

3.1.1 Detaljplan Sund 4:6 (södra) – delområde A

Planområdet är cirka 32 hektar stort. Planområdets planerade markanvändning är industri, handel med skrymmande varor, lager, bilservice (ej restaurang och/eller motell), parkering och tekniska anläggningar. Inom området finns en befintlig ledningsrätt för luftledningar på cirka 17 000 m² som inte

får bebyggas. Exploateringsgrad i området torde bli omkring 70 % (Mariestads kommun 2018:1). Öster om Sandbäcksvägen ligger ett område som är del av detaljplanen som är cirka 2 000 m² stort. Markanvändning inom området ska vara tekniska anläggningar, bilservice, handel och parkering.

Enligt riskutredningen för ombyggnation av befintliga E20 (Bengt Dahlgren 2016) bör ett skyddsavstånd om 50 meter hållas till befintlig bebyggelse. Vid nybyggnation eller skyddsvärda objekt kan längre avstånd krävas. Utgångspunkten i denna riskutredning är därför att ett skyddsavstånd på minst 50 meter från väggkant på färdigbyggd E 20 bör hållas där bebyggelse inte tillåts. Planområdet angränsar vägplanens vägområde. Avståndet mellan väggkant på nya E20 och planområdets gräns varierar mellan cirka 12 och 20 meter. I snitt bedöms avståndet vara cirka 15 meter. Detta innebär att ett 35 meter brett och cirka 1 400 meter långt område behöver vara bebyggelsefritt inom planområdet och därför utgår ur den byggbara ytan.

Beräkningar har gjorts för att få fram den slutgiltiga BTA:n (bruttototalarea). Området är cirka 320 000 m² stort. Därifrån utgår cirka 17 000 m² som är ledningsrätt för luftledning och cirka 49 000 m² som är erforderligt område som inte får bebyggas på grund av skyddsavstånd från E20. Kvar blir då cirka 254 000 m². Med en exploateringsgrad på 70 % återstår cirka 180 000 m² BTA.

3.1.2 1493-P2018/3 och en del av detaljplan Sund 4:6 (södra) – delområde B

Planområdet ligger på norra sidan om E20 strax söder om Mariestad. Planområdet är cirka 10 hektar stort och kan ses i *figur 2*. Planområdets planerade markanvändning är industri, handel med skrymmande varor, lager, bilservice (ej restaurang och/eller motell), parkering och tekniska anläggningar. Inom området finns ett naturområde och mark som inte får bebyggas utan ska vara tillgänglig för underjordiska ledningar. Exploateringsgrad i området torde på samma sätt som för som delområde A bli omkring 70 % (Mariestads kommun 2018:1).

Beräkning av BTA har gjorts på liknande sätt som i avsnitt 3.1.1 vilket ger en BTA på cirka 63 000 m².

Området öster om Sandbäcksvägen som är en del av Detaljplan för del av Sund 4:6 (södra) har planerad markanvändning tekniska anläggningar, bilservice, handel och parkering. Området är cirka 2 000 m² stort. BTA vid 70 % exploateringsgrad blir 1 400 m².

En del av detaljplan för del av Sund 4:6 (södra) tas med i riskberäkningen för delområde B. BTA för detta delområde beräknas vara cirka 15 000 m².

Totalt blir BTA i delområde B cirka 80 000 m².

3.1.3 Detaljplan Hindsberg

Planområdet är cirka 15 hektar stort. Planområdets planerade markanvändning är tekniska anläggningar, drivmedelsförsäljning, detaljhandel, kontor, tillfällig vistelse och parkering. Inom området finns områden som är markerade som naturområde och vägar som uppgår till cirka 17 000 m². Exploateringsgrad i området torde bli omkring 50 % (Mariestads kommun 2018:2). Detta resulterar i en BTA på cirka 67 000 m².

3.2 Persontäthet

3.2.1 Detaljplan Sund 4:6 (södra) – delområde A

För att kunna bedöma konsekvenser i planområdet av eventuella olyckor med farligt gods görs en uppskattning av antalet människor i genomsnitt som förväntas befinna sig i området.

Antal personer per kvadratmeter för industri hämtas från Göteborgs stads "Vägledning till parkeringstal vid detaljplaner och bygglov" (Göteborgs stad 2011). I den anges att det för industri är cirka 20 sysselsatta per 1 000 m². De anställda på industri bedöms vara på plats under 9 timmar per arbetsdag. Antal arbetsdagar per år bedöms vara cirka 230 st. Detta ger en total persontäthet över hela året på cirka 9 personer per 1 000 m² på dagtid.

För handel med skrymmande varor bedöms antal personer i en tidigare riskutredning genomförd för en byggvaruhandel (Norconsult 2018). I denna utredning bedöms 5 personer i snitt befinna sig i anläggningen dagtid. Den totala BTA:n på anläggningen i den tidigare riskutredningen är cirka 4 000 m² vilket innebär cirka 1,25 personer per 1 000 m².

I ett maximalt scenario antas området bestå av 100 % industri. Detta innebär att det bedöms vara cirka 1 700 personer i området i genomsnitt under dagtid. Detta bedöms dock som orimligt av Mariestads kommun (Mariestads kommun 2018:4). Denna bedömning utgår ifrån kommunens och centralortens befolkningsstorlek (ca 24 000 resp 16 300), antal förvärvsarbetande i kommunen (ca 9 600) samt utifrån vad potentiella näringslivetableringar väntas generera i arbetstillfällen, besökare m.m. Mariestads kommun anser att antal personer i genomsnitt på plats istället torde vara cirka 500 personer sammantaget i detaljplan för del av sund 4:6 (södra) och 1493-P2018/3. Utifrån de olika områdenas storlek så bedöms 3/4 av personerna befinna sig i området för detaljplan del av sund 4:6 (södra) och 1/4 befinna sig i området 1393-P2018/3. I praktiken innebär det att exploateringsgraden blir lägre än 70 % och att vissa delar möjligtvis blir obebyggda. Detta antagande används vidare i rapporten. I osäkerhetsanalysen utreds det vilka risknivåer som uppstår vid 25 % fler personer närvarande i planområdet.

På dagtid beräknas det finnas 375 personer (3/4 av 500) på plats i genomsnitt. På kvällen och nattetid bedöms få personer vara närvarande och sätts till 1 % av antal personer på dagen (cirka 4 personer).

Andelen inomhus på dagen antas vara 93 % och andelen inomhus på natten antas vara 99 %. Resterande personer befinner sig utomhus.

3.2.2 1493-P2018/3 och en del av detaljplan sund 4:6 (södra) – delområde B

Detta område antas ha samma karaktär som maxscenariot för detaljplan Sund 4:6 (södra) och samma persontäthet bedöms därför vara applicerbar i detta område. Det innebär att det maximalt bedöms vara cirka 1 800 personer i genomsnitt i området under dagtid. Enligt resonemangen i avsnitt 3.2.1 bedöms även persontätheten i detta område vara lägre än ett maximalt scenario. Det beräknas därför att cirka 125 personer (1/4 av 500) är på plats i området 1493-P2018/3. Tillskottet från detaljplan Sund 4:6 gör att det totala antalet personer som bedöms vara på plats i område B är cirka 200 personer. På kvällen och nattetid bedöms få personer vara närvarande och sätts till 1 % av antal personer på dagen (cirka 2 personer).

Andelen inomhus på dagen bedöms vara 93 % och andelen inomhus på natten bedöms vara 99 %. Resterande personer befinner sig utomhus.

3.2.3 Detaljplan Hindsberg – delområde C

Uppgifter om förväntad fördelning av markanvändningen för Hindsberg har tillhandahållits från Mariestads kommun (2018:3). Planområdet antas användas enligt följande:

- 40 % restaurang/snabbmat (Detaljhandel)
- 25 % sällanköpshandel (Detaljhandel)
- 10 % handel med skrymmande varor t.ex. bilar, husbilar, båtar, husvagnar, byggvaror m.m. (Detaljhandel)
- 5 % parkering, ställplats, rastplats (Parkering och tillfällig vistelse)
- 5 % hotell, motell (Tillfällig vistelse)
- 5 % kontor (Kontor)
- 10 % drivmedelsförsäljning, bensin, diesel, gas m.m. (Drivmedelsförsäljning)

För markanvändning restaurang/snabbmat används en bedömning i ett tidigare projekt (Norconsult 2009). I denna utredning anges det att antal sysselsatta dagtid på en snabbmatsrestaurang är cirka 10 personer och antal besökare är cirka 6 personer. Enligt den yta som kommunen har angivit som trolig yta för restaurang/snabbmat antas en restaurang rymmas. Detta innebär att cirka 16 personer bedöms vara på plats i restaurang/snabbmat i genomsnitt på dagtid. Nattetid bedöms det vara cirka 40% av personerna på dagen. Det innebär att det är cirka 4 personer närvarande inomhus och 1 person närvarande utomhus på natten.

För markanvändningen sällanköpshandel används siffror från en tidigare utredning gjord i Stenungsund (Norconsult 2017). I denna riskutredning anges att antal sysselsatta och besökande per 1 000 m² är cirka 11 personer. Öppettiderna vid denna verksamhet bedöms vara mellan 10:00 och 20:00 vilket innebär att personerna fördelar sig på med 80 % på dagtid (06-18) och 20 % kvällstid/nattetid (18-06). Av dessa personer bedöms 95 % befinna sig inomhus och 5 % befinna sig utomhus.

För handel med skrymmande varor används beräkningen gjord i avsnitt 3.2.2 som anger att det bedöms befinna sig 1,25 personer per 1 000 m² i denna typ av verksamhet. Beräkningarna ger att 7 personer är närvarande i genomsnitt på dagtid inomhus och 1 personer är närvarande utomhus. På nattetid/kvällstid är motsvarande siffror cirka 10 % av dagtiden vilket innebär 2 personer inomhus och högst 1 person utomhus.

Markanvändningen parkering, ställplats, rastplats bedöms innebära att ett fåtal personer befinner sig utomhus tillfälligt på platsen. Här har antagits att 5 personer i genomsnitt befinner sig i snitt utomhus dagtid och 3 personer i snitt utomhus kvällstid/nattetid.

För Hotell/motellverksamheten bedöms antal sysselsatta vara 3 personer per 1 000 m² (Göteborgs stad 2011). Utifrån markanvändningens BTA räknas antal sysselsatta i hotellet/motellet till 10 personer. Cirka 10% av personalstyrkan bedöms vara närvarande på natten. För antalet hotellgäster används uppgifter från Mariestads kommun (2018:2) att det troligtvis kommer vara ett hotell/motell i storleksordningen 50 bäddar. Belägningsgraden för ett hotell/motell är cirka 50 % i Västra Götaland (SCB 2013). Detta innebär att 25 hotellgäster i genomsnitt är närvarande på natten. Av hotellgästerna bedöms 25 % vara närvarande även på dagen. Av personerna närvarande på dagen och på kvällen/natten antas 95% befinna sig inomhus och 5% utomhus.

Uppgifter för antal personer närvarande vid markanvändning drivmedelsförsäljning hämtas från en tidigare rapport (Norconsult 2009). I den anges att vid en sådan verksamhet är det i snitt 3 personer närvarande dagtid inomhus, 2 personer kvällstid/nattetid inomhus, 2 personer dagtid utomhus och 1 person nattetid utomhus.

Resultatet av beräkningarna med antal personer närvarande och summan för hela området presenteras i tabell 2.

Tabell 2 Persontätheten i delområde C.

Verksamhet	BTA	Personer dagtid inomhus	Personer natt/kväll inomhus	Personer dag utomhus	Personer natt/kväll utomhus
Restaurang/snabbmat	26 600	14	4	2	1
Sällanköpshandel	16 625	139	35	7	2
Handel skrymmande varor	6 650	7	1	1	1
Parkering, ställplats etc	3 325	0	0	5	3
Hotell/motell	3 325	15	26	1	1
Kontor	3 325	62	0	3	0
Drivmedelsförsäljning	6 650	3	2	2	1
Totalt	67 000	241	68	21	8

Eftersom drivmedelsförsäljning möjliggörs inom området så kommer dessa transporter förekomma inom området. Det är viktigt att anlägga diken på de vägar inom området där dessa transporter förväntas gå.

3.3 Transporter av farligt gods förbi planområdet

3.3.1 E20

Nuvarande sträckning av E20 är en 12-13 meter bred 1+1 väg som saknar mittseparering. Hastighetsbegränsningen är 80 km/h förbi båda planområdena.

Trafikverket planerar att bygga om nuvarande väg till en mötesfri landväg med 2+2 körfält separerade med mitträcke och en hastighetsgräns på 100 km/h. Även trafikplatserna Haggården och Ullervad ska byggas om enligt Trafikverkets förslag.

Prognosticerat årsdygnstrafik vid utbyggd E20 år 2045 är 15 000 fordon per dygn (Trafikverket 2016). Andel tung trafik har bedömts till 26 % enligt riskutredningen som gjordes i vägplanarbetet (Bengt Dahlgren 2016). Nationell statistik från Trafikanalys (TRAF 2016:1) visar att andelen farligt gods av den totala godstrafiken i genomsnitt har legat på 4,6 % mellan åren 2000 och 2015. Detta ger en prognosticerad transportmängd på cirka 65 000 transporter av farligt gods per år 2045. Dessa fördelas enligt nationellt genomsnitt i *tabell 3*.

Tabell 2 Prognosticerade antal transporter per år 2045 enligt nationellt genomsnitt på E20.

Klass	Nationellt genomsnitt
1 Explosiva ämnen	300
2.1 Brandfarliga gaser	2 300
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	7 500
2.3 Giftiga gaser	20
3 Brandfarliga vätskor	39 900
4 Brandfarliga fasta ämnen	600
5 Oxiderande ämnen	2 400
6 Giftiga ämnen m m	800
7 Radioaktiva ämnen	20
8 Frätande ämnen	8 500
9 Övriga farliga ämnen	2 200
Totalt	64 540

Av klasserna i tabell 2 är det ämnen i klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området och som används i riskberäkningarna.

De angivna klasserna omfattar var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste antalet transporter beräknas för de ämnesgrupper med de högsta risknivåerna. Detta görs nedan utifrån tillgänglig statistik på området.

I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ØSA 2004).

Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin mm) sätts till 75 % (ØSA 2004).

För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området, se *tabell 4*.

För samtliga klasser genomförs en känslighetsanalys där transporterade mängder ökas med 25 %. Mer om känslighetsanalysen i kapitel 5.

Tabell 3 Antal transporter av farligt gods på E20 som innebär betydande risker för planområdet.

Klass och ämnesgrupp	
1.1 Massexplösiva ämnen	30
2.1 Brandfarligt gaser	2 330
2.3 Giftiga gaser	15
3 Mycket brandfarliga vätskor	29 960
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	810

3.3.2 Sandbäcksvägen

Sandbäcksvägen är utpekad som sekundärväg för transporter av farligt gods. Uppgifter om mängden farligt gods som transporteras på Sandbäcksvägen och fördelningen på olika klasser har samlats in av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (SRV 2007). Uppgifterna är baserade på en undersökning som genomförts under en månad, september 2006, och finns samlade i en GIS-databas. Utifrån dessa uppgifter beräknades det transporteras cirka 14 450 transporter med farligt gods per år 2006 på Sandbäcksvägen. I uppgifterna om mängder transporter av farligt gods på Sandbäcksvägen finns inga uppgifter om transporter av giftiga gaser. För att vara konservativ i beräkningarna tas ett antal giftiga gaser med som är proportionerligt mot brandfarliga gaser enligt nationellt genomsnitt.

Enligt Trafikverket (Trafikverket 2016) kommer trafiken på Sandbäcksvägen öka med cirka 33 % mellan åren 2016 och 2045. Ökningen per år beräknas då bli cirka 1 % per år. Med antagandet om att transporterna av farligt gods ökar lika mycket som övriga trafiken så blir ökningen av transporter av farligt gods mellan år 2006 och 2045 cirka 50 %. Resultatet av ökningen av transporter av farligt gods presenteras i *tabell 5*.

Tabell 5 Antal transporter per år på Sandbäcksvägen enligt SRV:s undersökning publicerad 2007.

Klass	Enligt SRV 2007	Uppräknat till 2045
1 Explosiva ämnen	106	159
2.1 Brandfarliga gaser	25	38
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	1 917	2876
2.3 Giftiga gaser	4	6
3 Brandfarliga vätskor	3 392	5 089
4 Brandfarliga fasta ämnen	58	88
5 Oxiderande ämnen	47	70
6 Giftiga ämnen m m	61	92
7 Radioaktiva ämnen	0	0
8 Frätande ämnen	3 051	4 576
9 Övriga farliga ämnen	5 792	8 689
Totalt	14 450	21 675

Av klasserna i tabell 2 är det ämnen i klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området och som används i riskberäkningarna. På samma sätt som i avsnitt 3.3.1 så räknas dessa om enligt *tabell 6*.

Tabell 6 Antal transporter av farligt gods på Sandbäcksvägen som innebär betydande risker för planområdet.

Klass och ämnesgrupp	
1.1 Massexplosiva ämnen	16
2.1 Brandfarligt gaser	38
2.3 Giftiga gaser	6
3 Mycket brandfarliga vätskor	3 816
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	23

Mängden transporter av farligt gods på avfartsrampen från E20 mot Sandbäcksvägen antas vara lika stor som mängden transporter av farligt gods på Sandbäcksvägen norr om E20.

3.3.3 Göteborgsvägen

Göteborgsvägen är likt Sandbäcksvägen utpekad som sekundärväg för transporter av farligt gods. Uppgifter om mängden farligt gods som transporteras på Göteborgsvägen och fördelningen på olika klasser har samlats in av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (SRV 2007). Uppgifterna är

baserade på en undersökning som genomförts under en månad, september 2006, och finns samlade i en GIS-databas. Utifrån dessa uppgifter beräknades det transporteras cirka 14 350 transporter med farligt gods per år 2006 på Göteborgsvägen. För att vara konservativ i beräkningarna tas ett antal giftiga gaser med som är proportionerligt mot brandfarliga gaser enligt nationellt genomsnitt.

Enligt Trafikverket (Trafikverket 2016) kommer trafiken på Göteborgsvägen öka med cirka 33 % mellan åren 2016 och 2045. Ökningen per år beräknas då bli cirka 1 % per år. Med antagandet om att transportererna av farligt gods ökar lika mycket som övriga trafiken så blir ökningen av transporter av farligt gods mellan år 2006 och 2045 cirka 50 %. I denna uppräknings ingår ökningen av antal transporter av brandfarliga vätskor till den eventuella framtida drivmedelsförsäljningen i området Hindsberg. Resultatet av ökningen av transporter av farligt gods presenteras i *tabell 5*.

Tabell 7 Antal transporter per år på Göteborgsvägen enligt SRV:s undersökning publicerad 2007.

Klass	Enligt SRV 2007	Uppräknat till 2045
1 Explosiva ämnen	106	159
2.1 Brandfarliga gaser	26	39
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	1 818	2 726
2.3 Giftiga gaser	4	6
3 Brandfarliga vätskor	3 646	5 468
4 Brandfarliga fasta ämnen	58	87
5 Oxiderande ämnen	47	69
6 Giftiga ämnen m m	37	55
7 Radioaktiva ämnen	0	0
8 Frätande ämnen	2 844	4 266
9 Övriga farliga ämnen	5 773	8 660
Totalt	14 354	21 531

Av klasserna i tabell 2 är det ämnen i klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området och som används i riskberäkningarna. På samma sätt som i avsnitt 3.3.1 så räknas dessa om enligt *tabell 8*.

Tabell 8 Antal transporter av farligt gods på Göteborgsvägen som innebär betydande risker för planområdet.

Klass och ämnesgrupp	
1.1 Massexplosiva ämnen	16
2.1 Brandfarligt gaser	39
2.3 Giftiga gaser	6
3 Mycket brandfarliga vätskor	4 101
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	23

Mängden transporter av farligt gods på avfartsrampen från E20 mot Göteborgs antas vara lika stor som mängden transporter av farligt gods på Göteborgsvägen norr om E20.

3.3.4 Kinnekullebanan

Transporterade mängder farligt gods hämtas från en tidigare utredning (Norconsult 2016). I den anges att det i nuläget inte sker några farligt godstransporter i nuläget. En eventuell framtida upprustning av Kinnekullebanan kan dock ändra på det. I basprognosen för år 2040 anges 1 godståg om dagen (Trafikverket 2018:2). Den prognosticerade längden för godstågen är 250 meter vilket innebär att varje tåg består av i snitt 12 godsvagnar och lok. Det innebär att cirka 4 200 godsvagnar förväntas passera planområdet år 2040.

För att få en uppfattning om vad detta kan innebära avseende transporter av farligt gods används det nationella genomsnittet för andelen farligt gods av den totala mängden godstransporter. Detta räknas ut med stöd av siffror från TRAFAs som varje år samlar in nationell statistik för godstransporter i Sverige (TRAFAs 2016:2). Utifrån denna statistik beräknas andelen farligt gods vara cirka 5,8 % av totala antalet godstransporter. Detta innebär ca 240 tågsvagnar per år med farligt gods förbi planområdet. Även indelningen av farligt gods i RID-klasser kan göras utifrån TRAFAs statistik, se *tabell 9*.

Tabell 9. Antaget antal transporter av farligt gods i olika klasser år 2040.

Klass	Andel	Antal transporter 2040
1 Explosiva ämnen	0,02 %	0,05
2.1 Brandfarliga gaser	17 %	43
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0,6 %	1,5
2.3 Giftiga gaser	5,9 %	14
3 Brandfarliga vätskor	23 %	55
4 Brandfarliga fasta ämnen	10 %	24
5 Oxiderande ämnen	23 %	57
6 Giftiga ämnen m m	2,9 %	7,0
8 Frätande ämnen	16 %	39
9 Övriga farliga ämnen	1,0 %	2,5
Totalt		240

För klass 3 har antagits att ca 75 % av transporterade mängder består av mycket brandfarliga vätskor som exempelvis bensin (ÖSA 2004).

För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området, se *tabell 10*.

Tabell 10 Farligt gods på Kinnekullebanan 2040 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal vagnar 2040
1.1 Massexplosiva ämnen	0
2.1 Brandfarliga gaser	40
2.3 Giftiga gaser	20
3. Mycket brandfarliga vätskor	40
5. Oxiderande ämnen med explosionsrisk	20

3.4 Sannolikhet för olyckor

3.4.1 E20

Sannolikheten för olyckor på E20 erhålls från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket 2018:3). Risken för olyckor på en statlig motorväg med en högsta tillåten hastighet på 100 km/h anges till 0,055 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $5,5 \times 10^{-8}$ olyckor per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 55 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 45 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $5,5 \times 10^{-8} \times (2 - 0,55) = 8,0 \times 10^{-8}$ per år.

3.4.2 Sandbäcksvägen

Sannolikheten för olyckor på Sandbäcksvägen erhålls enligt samma metod som för E20. Risken för olyckor på en kommunal väg i ytterkanten av en tätort med en högsta tillåten hastighet på 60 km/h anges till 0,106 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,1 \times 10^{-7}$ olyckor per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 10 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 90 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $1,1 \times 10^{-7} \times (2 - 0,10) = 2,0 \times 10^{-7}$ per år.

3.4.3 Göteborgsvägen

Sannolikheten för olyckor på Sandbäcksvägen erhålls enligt samma metod som för E20. Risken för olyckor på en kommunal väg i ytterkanten av en tätort med en högsta tillåten hastighet på 50 km/h

anges till 0,135 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,4 \times 10^{-7}$ olyckor per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 10 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 90 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $1,1 \times 10^{-7} \times (2-0,10) = 2,6 \times 10^{-7}$ per år.

3.4.4 Kinnekullebanan

Sannolikheten för olyckor på den aktuella sträckan av Kinnekullebanan har beräknats med Trafikverket beräkningsmodell (Banverket 2001) till $7,9 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år. I beräkningarna har hänsyn tagits till två plankorsningar med bommar och en plankorsning med kryss. Beräkningarna presenteras mer detaljerat i bilaga 2.

4 Riskbedömning i den fysiska planeringen

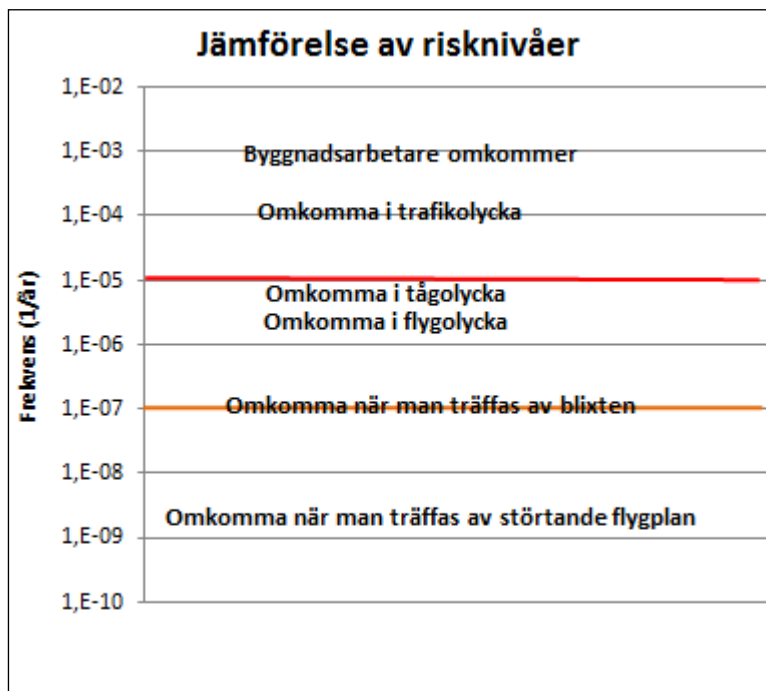
4.1 Vad är risker

Risker beror på att händelser som har oönskade konsekvenser kan inträffa. Viktiga frågor är: "Hur ofta kan dessa händelser inträffa?" och "Vad är följderna om den händelsen inträffar?". Det handlar om sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Risk definieras därför oftast som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser.

Sannolikheten brukar uttryckas som antalet gånger det förväntas att en händelse inträffar under ett år. Detta kan bli ett väldigt litet tal för händelser som inte förväntas inträffa så ofta. En sannolikhet på 0,001 per år innebär att olyckan förväntas ske en gång per 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast ännu mycket lägre, *exempelvis 0,000 001 per år eller en gång per 1 000 000 år (matematiskt kan detta uttryckas som 1×10^{-6} per år)*.

En olyckshändelse kan få många olika konsekvenser: materiella skador, miljöskador, skadade personer och omkomna personer. Det är svårt att i förväg beräkna skador på miljön, byggnader och människor då man även måste ta med hur svår skadan kan vara. Det är enklare (rent utredningsmässigt) att räkna på antalet personer som förväntas omkomma. Därför uttrycks konsekvensen av en olyckshändelse med farligt gods oftast som antalet omkomna. En bakomliggande tanke är att antalet skadade och övriga skador är proportionerligt till antalet omkomna. Även när det bestäms kriterier för risknivåer vid transport av farligt gods talas det mest om antalet omkomna.

Risker finns överallt omkring oss i vardagen. För att sätta riskerna med farligt gods i proportion anges några risker och deras sannolikheter i *figur 3*.



Figur 2 Exempel på olika risknivåer som finns i samhället. 1,E-02 betyder 1×10^{-2} eller en gång på 100 år. De röda och orangea sträcken är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i avsnitt 4.2.

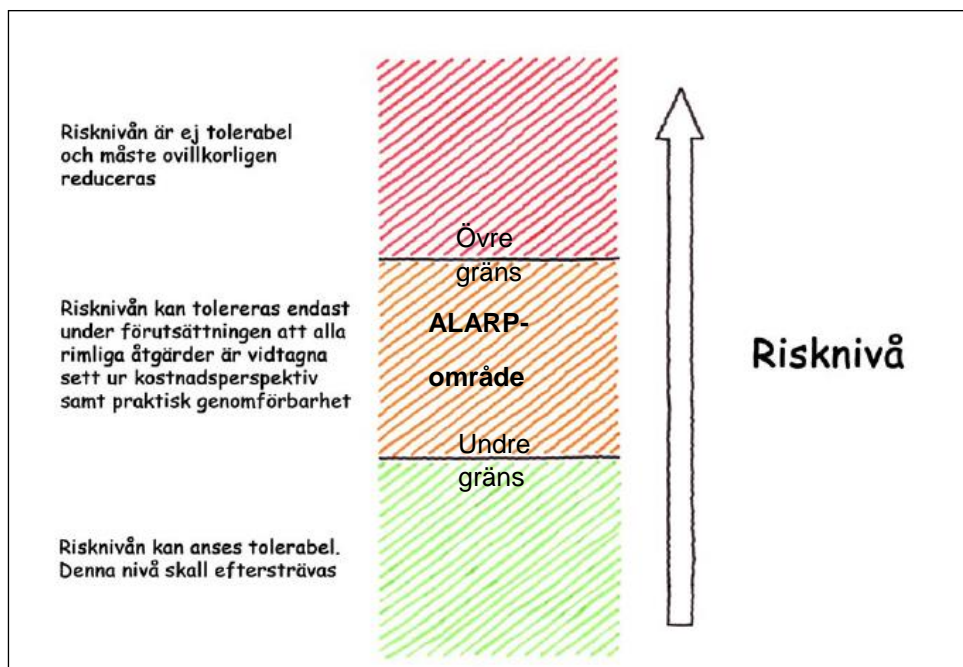
Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en s.k. riskkälla. Det utgås från att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur farligt det är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen. Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet men även på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans närhet. Detta mått är användbart om de planerade åtgärderna innebär att många människor kommer att befinna sig i närheten av en transportled för farligt gods. Samhällsrisk anges som sannolikheten för olyckor där minst ett visst antal personer omkommer.

4.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall, främst när det inte finns särskilda kommunala krav, tas kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå från rapporten "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) (SRV 1997). I rapporten används en övre och en undre gräns, se *figur 4*. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 3 Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004).

För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år (en gång på 100 000 år) och den undre på 1×10^{-7} per år (en gång på 10 000 000 år). Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under denna gräns så anses den vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

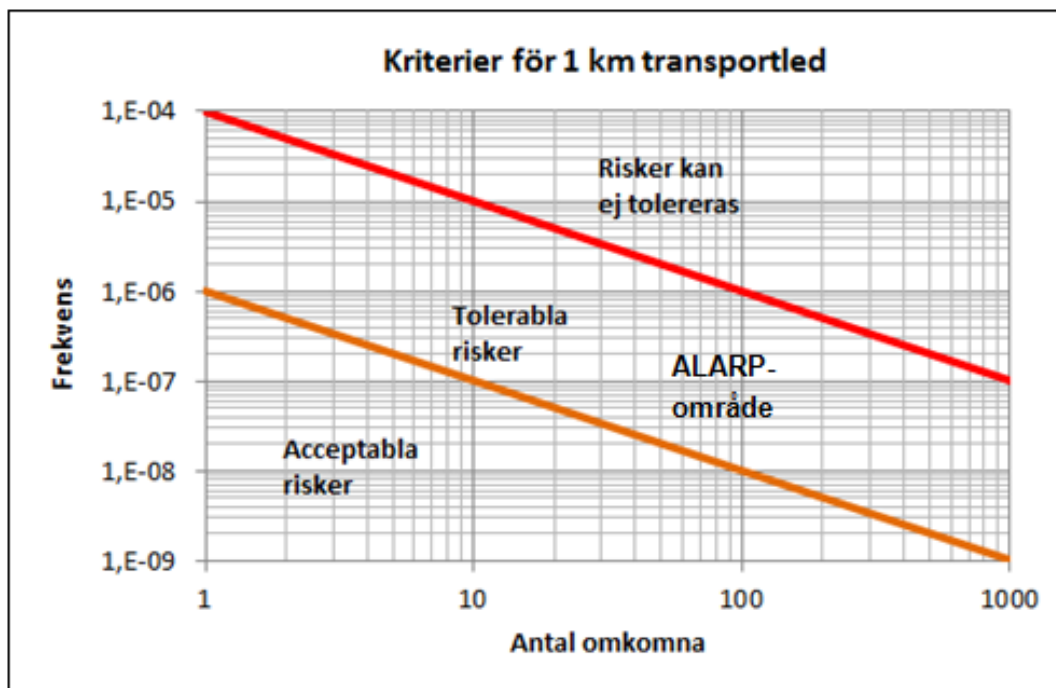
Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisken för olika grupper i samhället. Om risknivån ligger över denna gräns så skall åtgärder vidtas och effekten av dessa åtgärder skall verifieras (Lst 2006).

Om risknivån ligger mellan den undre och den övre gränsen, det s.k. ALARP-området, så skall alla rimliga åtgärder vidtas för att minska risknivån. Efter detta betraktas risknivån som tolerabel. Beräkningar av effekten av risknivåer krävs normalt inte.

Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Samhällsrisk visas oftast i ett FN-diagram där F står för frekvens och N för antalet omkomna. Det som anges är med vilken frekvens (F) olyckor med ett visst antal omkomna (N) förväntas förekomma inom området. Detta ger en s.k. FN-kurva för området.

Kriterier för samhällsrisk finns i ovannämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods och visas i FN-diagrammet i figur 5.

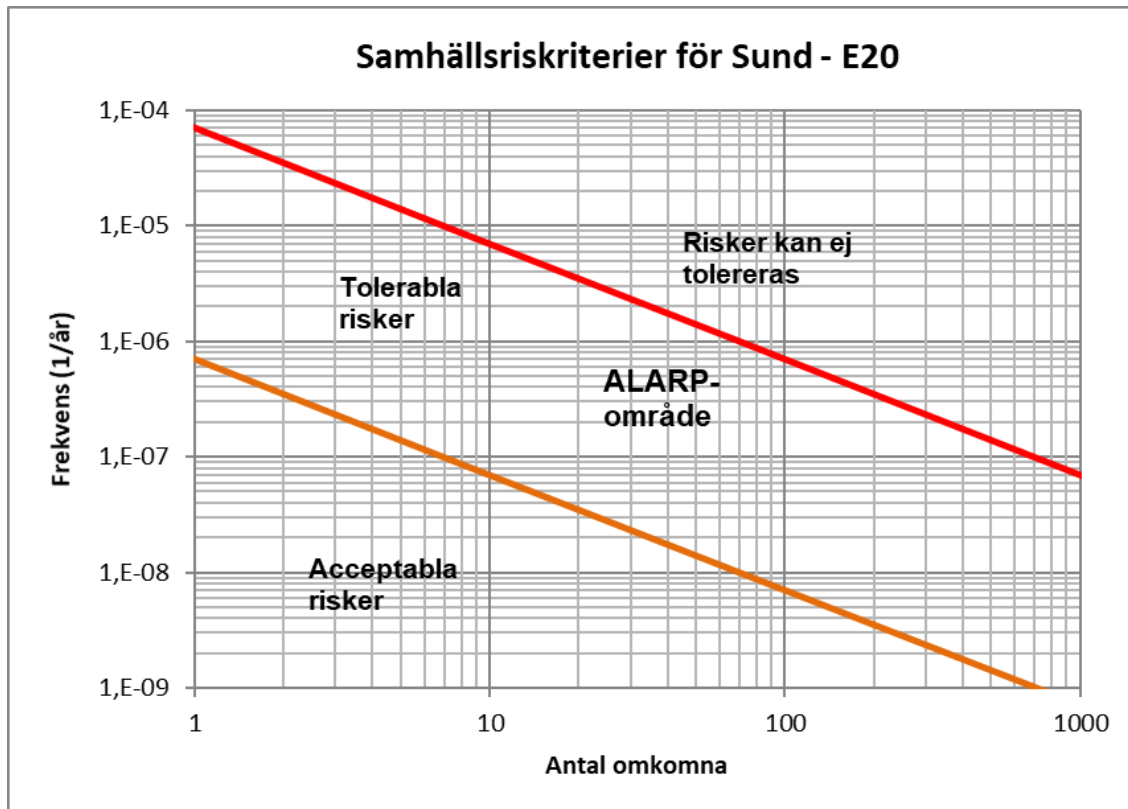


Figur 4 Riskkriterier för dubbsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i figur 5 innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång på 10 000 000 år. Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras.

När risknivån ligger i det acceptabla området så krävs inga ytterligare åtgärder. Ligger risknivån i området med tolerabla risker (ALARP-område) så skall rimliga skyddsåtgärder vidtas, se *avsnitt 4.4*.

Kriterierna i *figur 5* gäller för 1 km område längs transportleden. Kriterier för vart och ett av de aktuella områdena beräknas utifrån områdets längd längs transportleden och att området endast ligger på ena sidan av leden. Ett exempel på omräknade kriterier för risker från E20 för planområdet Sund visas i *figur 6*.

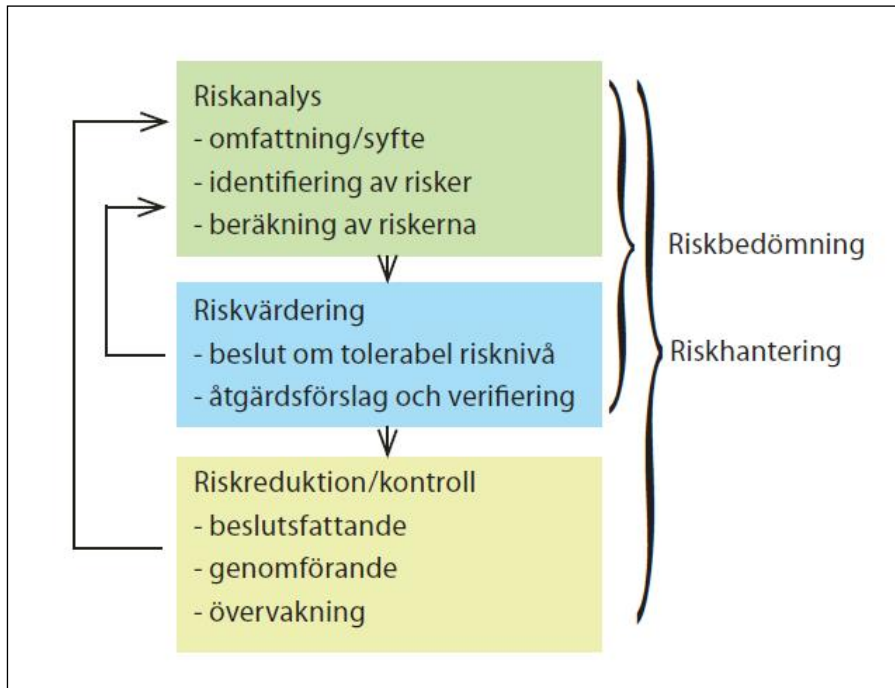


Figur 5 Riskkriterier omräknade till ca 1 400 m enkelsidig bebyggelse.

4.3 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i plan- och bygglagen och miljöbalken. Hälsa och säkerhet skall beaktas så tidigt som möjligt i detaljplaneprocessen. Ofta startar detta arbete redan i programarbete för detaljplanen för att sedan bli mer detaljerat i planarbetet. Riskfrågan bör då vara så pass utredd att den kan utgöra ett beslutsunderlag för att avgöra om risken anses tolerabel eller inte. Slutsatserna från riskbedömningen bör föras in i planhandlingarna. Om riskreducerande åtgärder krävs för att nå en acceptabel risknivå ska dessa om möjligt föras in som planbestämmelser på plankartan. Åtgärder som inte omfattas av detaljplanen bör befästas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se *figur 7* (Lst 2006). I den första delen beräknas riskerna, i den andra delen bedöms de och åtgärder föreslås och i den tredje delen tas beslut om åtgärderna.



Figur 6 Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006).

I denna rapport genomförs den första delen – riskanalys – samt ges input till den andra delen – riskvärdering – genom att riskerna jämförs med kriterier och förslag till åtgärder ges. Själva beslutet om hur riskerna skall värderas och den fortsatta hanteringen tas i kommunen med möjlighet för länsstyrelsen att överpröva beslutet.

Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området. Kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om inte risknivåerna överskrider gränsen för det tolerabla.

4.4 ALARP-området

ALARP-området är området i riskkriterierna där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable, på svenska betyder detta att risknivån skall göras så låg som är praktiskt möjligt med rimliga åtgärder när risknivån hamnar i detta område.

Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningar. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor 10, beroende på alla okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på viss hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över det tolerabla släpps igenom utan vidare.

Kraven på skyddsåtgärder inom ALARP-området är att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, är vidtagna.

5 Resultat av riskberäkningarna

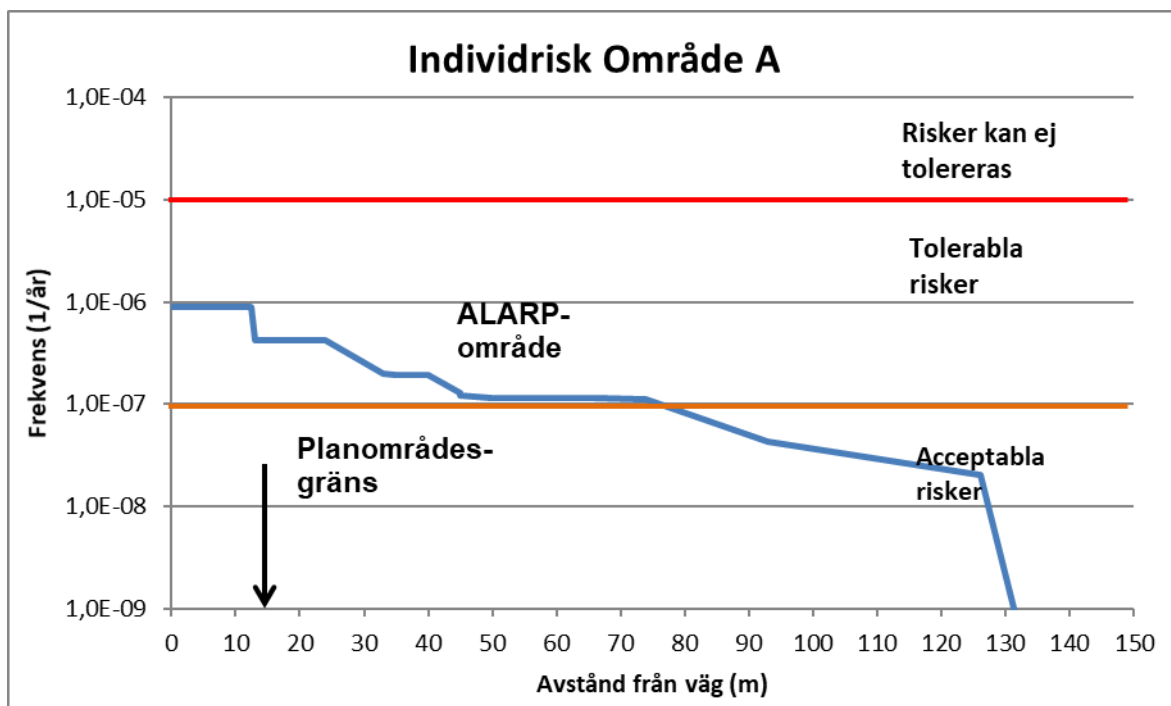
I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individrisk samt samhällsrisk utan skyddsåtgärder. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet transporter av farligt gods enligt nationellt genomsnitt har använts. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för planområdet har redovisats i *kapitel 3*.

Ingångsvärden för sannolikheter och konsekvenser för de möjliga händelseförlopp när en olycka väl inträffat samt beräkningsmetoderna redovisas i *bilaga 1*.

5.1 Område A

5.1.1 Individrisk

I *figur 8* visas individrisken i Område A vid E20.

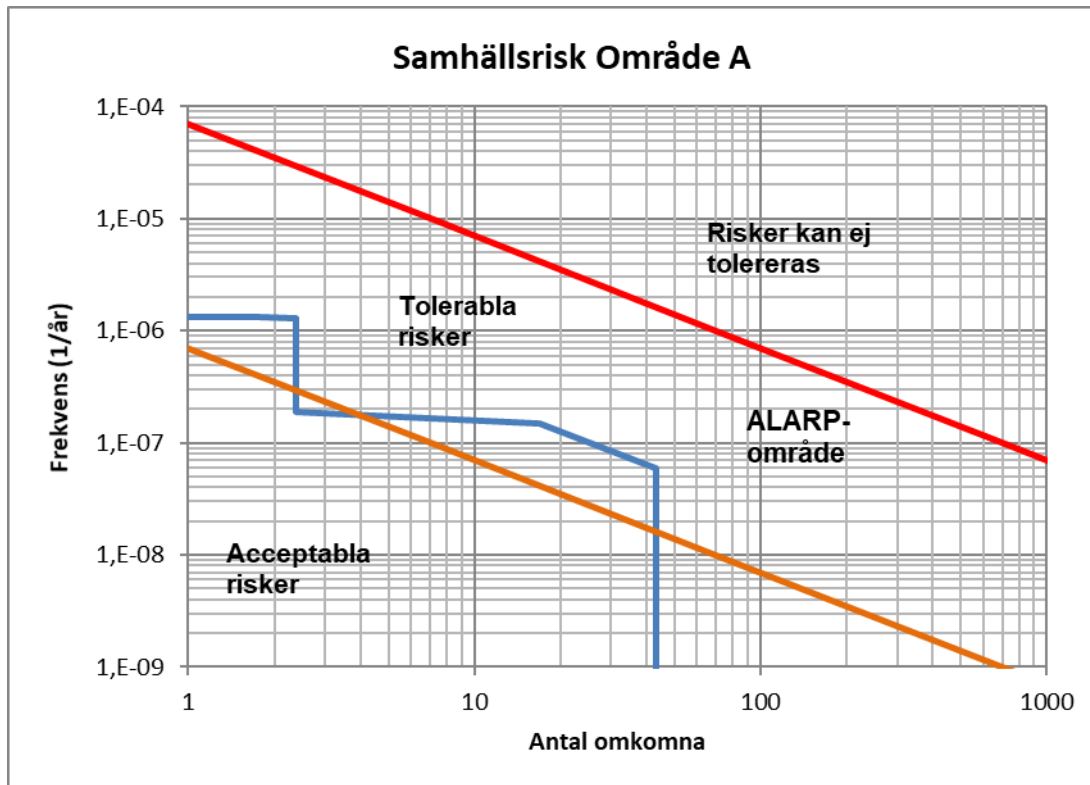


Figur 7 Individrisken vid planområdet längs E20.

Individrisken i det utredda området bedöms vara acceptabel vid cirka 80 meter från E20. Inom detta avstånd bör planområdet utformas så det inte inbjuder till stadigvarande vistelse.

5.1.2 Samhällsrisk

I figur 9 redovisas samhällsriskerna inom området och det framgår av figuren att risknivån överskrider kriteriet för acceptabla risker och ligger i ALARP-området.



Figur 8 Samhällsriskerna från E20 för det planerade området.

Enligt tabell 2 i bilaga 1 är de dimensionerande olyckorna de som innefattar brandfarliga gaser (jetflamma, gasexplosion och gasmolnsbrand). Det innebär att rimliga skyddsåtgärder som minskar konsekvenserna vid dessa typer av olyckor bör utföras i planområdet.

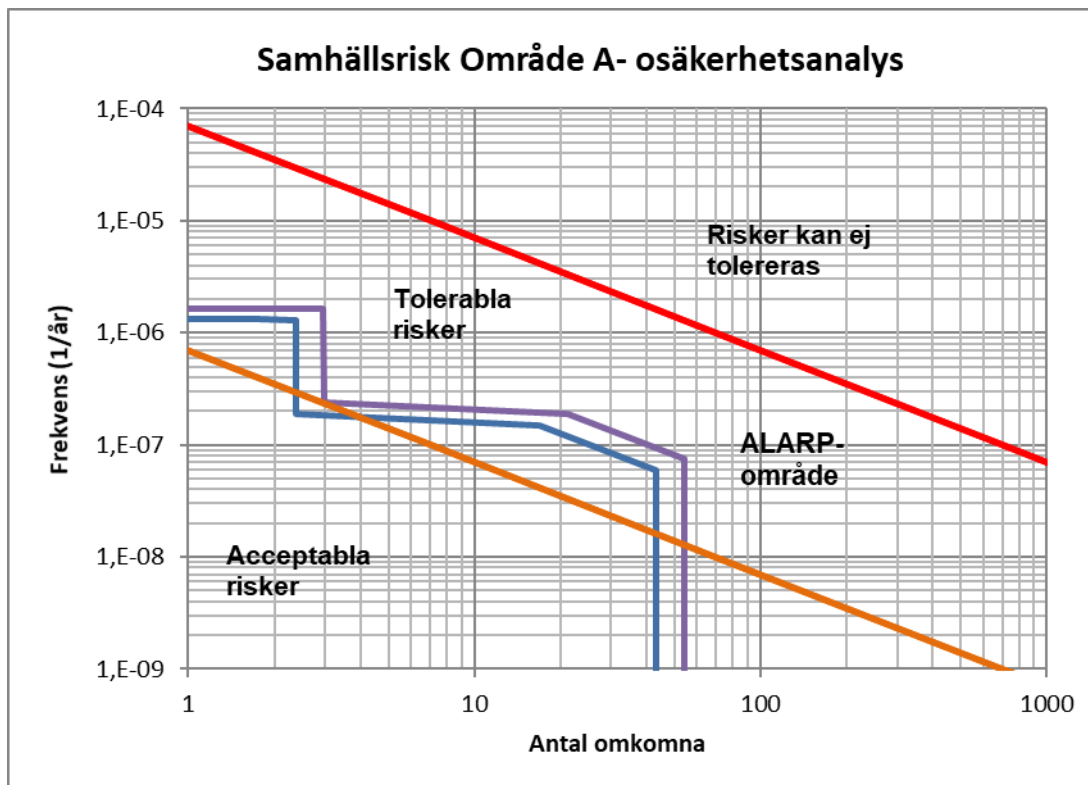
5.1.3 Osäkerhetsanalys

Osäkerhetsanalys genomförs endast på samhällsriskerna för transporter av farligt gods på E20 förbi planområdet eftersom detta är ett område med hög persontäthet.

Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av betydelse.

Ytterligare en källa till osäkerhet kan vara att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området. En uppskattad rimlig fördelning av markanvändningen har använts i riskberäkningarna men persontätheten kan komma att bli högre eller lägre i verkligheten beroende på typ av verksamhet som etablerar sig i området. För att behandla osäkerheten att antalet personer i området blir fler än med den uppskattade fördelningen av markanvändning räknas antalet personer på plats i genomsnitt i planområdet upp med 25 % i osäkerhetsanalysen.

För att hantera dessa osäkerheter görs en osäkerhetsanalys där transporter av farligt gods ökas med 25 % samt antal personer på plats ökas med 25 %, se figur 10.



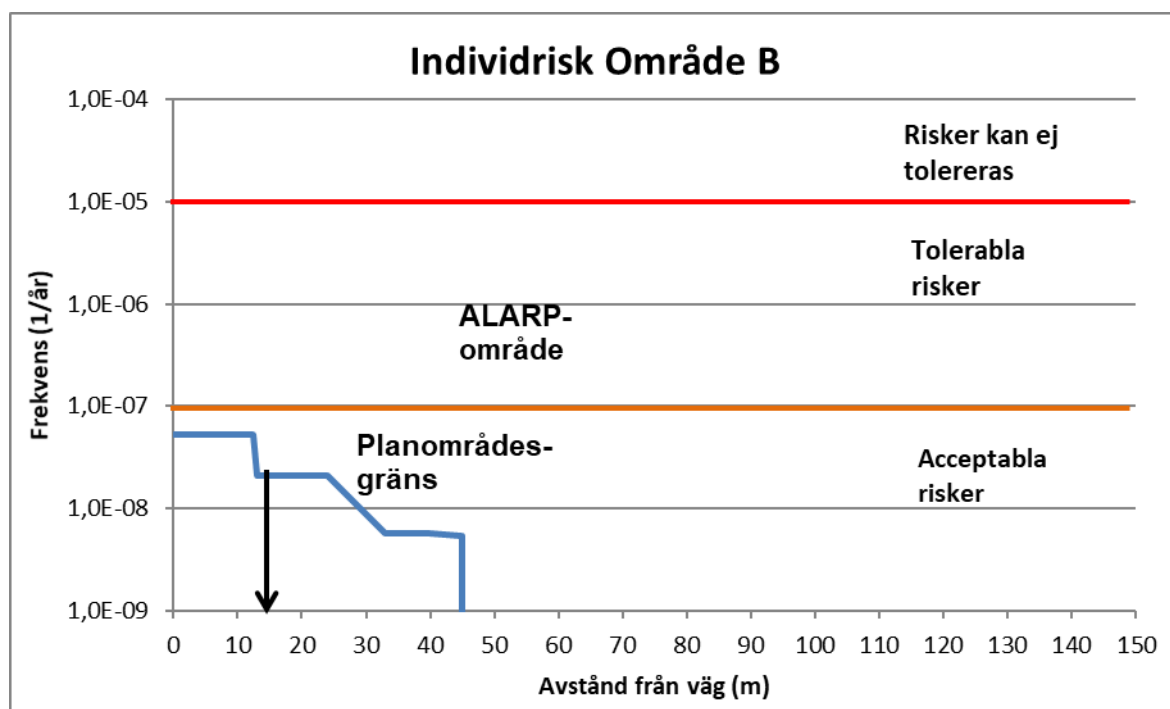
Figur 10 Osäkerhetsanalysen på samhällsrisk. Resultaten från osäkerhetsanalysen visas med lila linje, ursprunglig beräkning visas med blå linje.

Figur 10 visar att samhällsriskerna ökar men inte överskrider kriterierna för där risker ej kan tolereras vid den osäkerhetsanalys där antal transporter av farligt gods och antalet personer i området ökas med 25 %.

5.2 Område B

5.2.1 Individrisk

I figur 11 visas individrisken i område B vid Sandbäcksvägen inklusive på- och avfartsramper till E20.

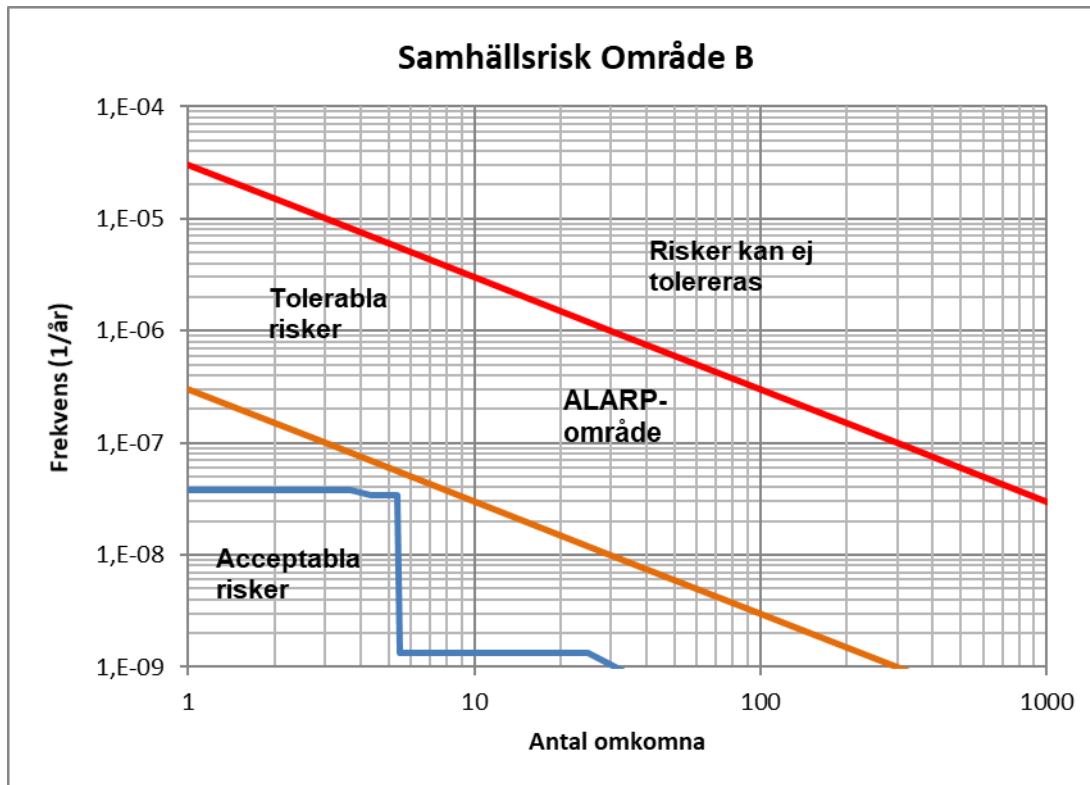


Figur 11 Individrisken vid planområdet längs Sandbäcksvägen inklusive på- och avfartsramper till E20.

Individrisken i det utredda området bedöms vara acceptabel vid Sandbäcksvägen inklusive på- och avfartsramper till E20.

5.2.2 Samhällsrisk

I figur 12 redovisas samhällsriskerna inom området och det framgår av figuren att risknivån inte överskrider kriteriet för acceptabla risker.



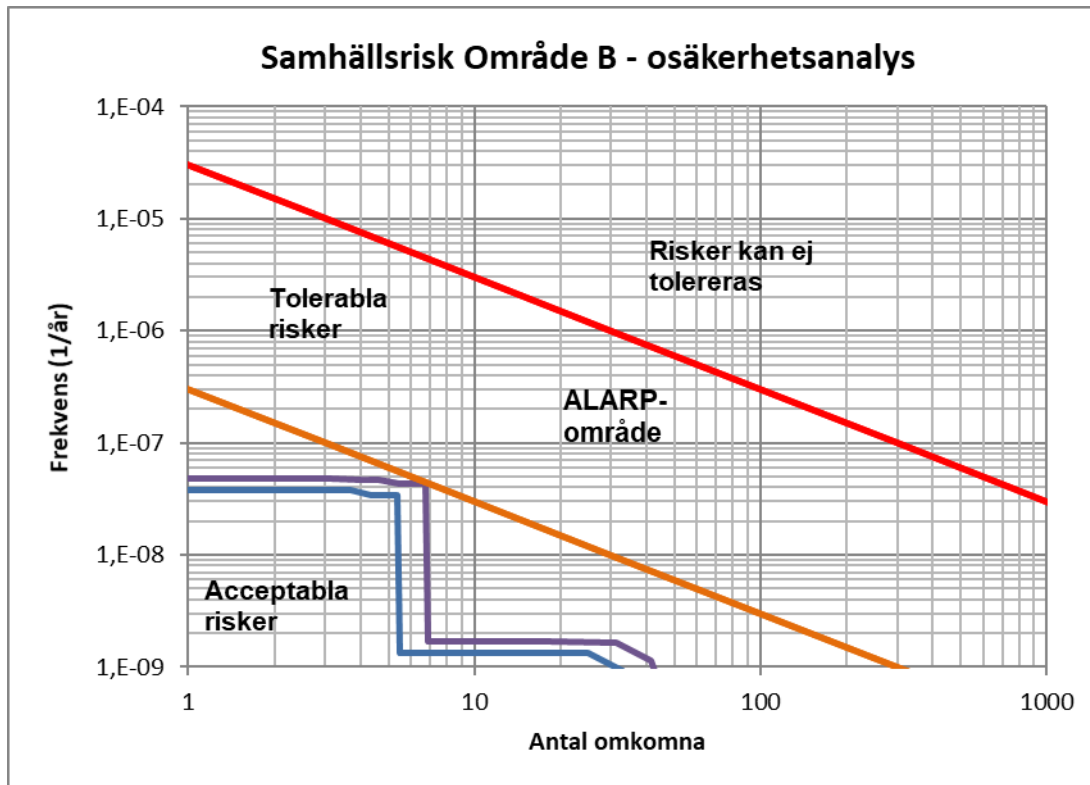
Figur 12 Samhällsriskerna från Sandbäcksvägen inklusive på- och avfartsramp till E20 för det planerade området.

Även om inte risknivåerna överskrider kriteriet för tolerabla risker så bör särskild hänsyn tas till att den framtida rampen till E20 ligger högre än planområdet och att inget högkapacitetsräcke planeras anläggas av trafikverket. Därför föreslås ett skyddsavstånd på 50 meter från väggkant vid rampen på E20.

5.2.3 Osäkerhetsanalys

Osäkerhetsanalys genomförs endast på samhällsrisk för transporter av farligt gods på Sandbäcksvägen inklusive på- och avfartsramper till E20 förbi planområdet.

Osäkerhetsanalysen genomförs genom att transporter av farligt gods ökas med 25 % samt antal personer på plats ökas med 25 %, se figur 13.



Figur 13 Osäkerhetsanalysen på samhällsrisk. Resultaten från osäkerhetsanalysen visas med lila linje, ursprunglig beräkning visas med blå linje.

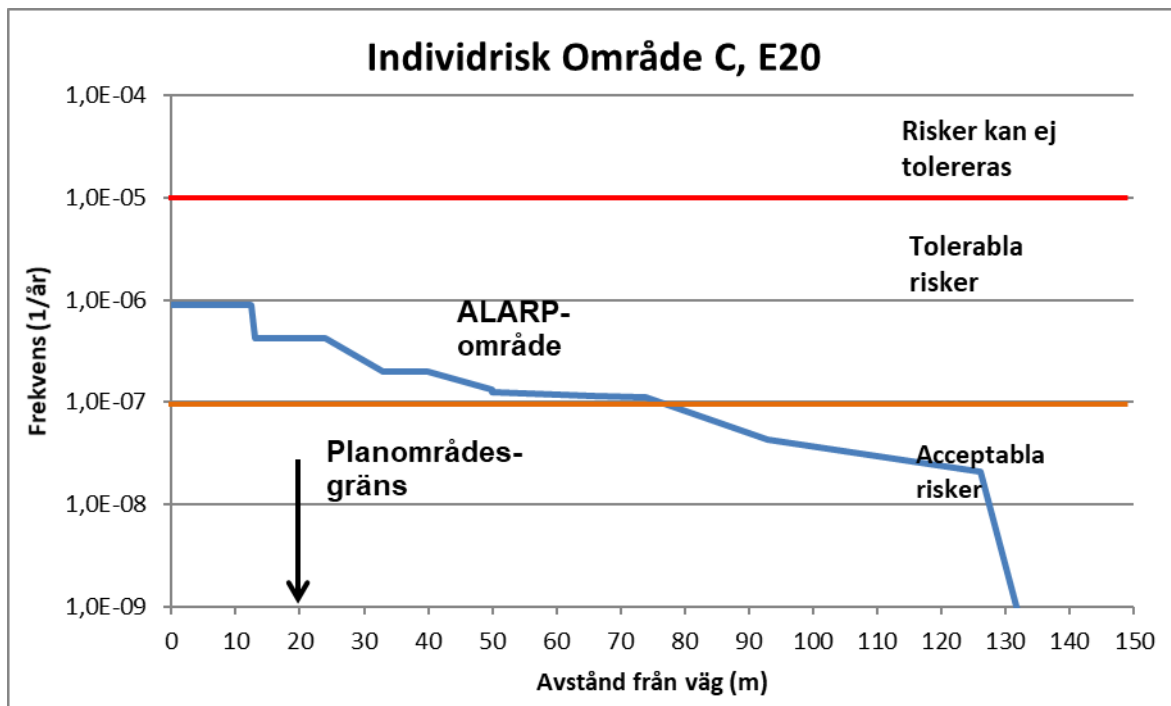
Figur 13 visar att samhällsrisk ökar men inte överskrider kriterierna för tolerabla risker vid den osäkerhetsanalys där nationellt genomsnitt används för antalet transporter av farligt gods och antalet personer i området ökas med 25 %.

5.3 Område C

5.3.1 Individrisk

5.3.1.1 E20

I figur 14 visas individrisken i planområdet vid E20.

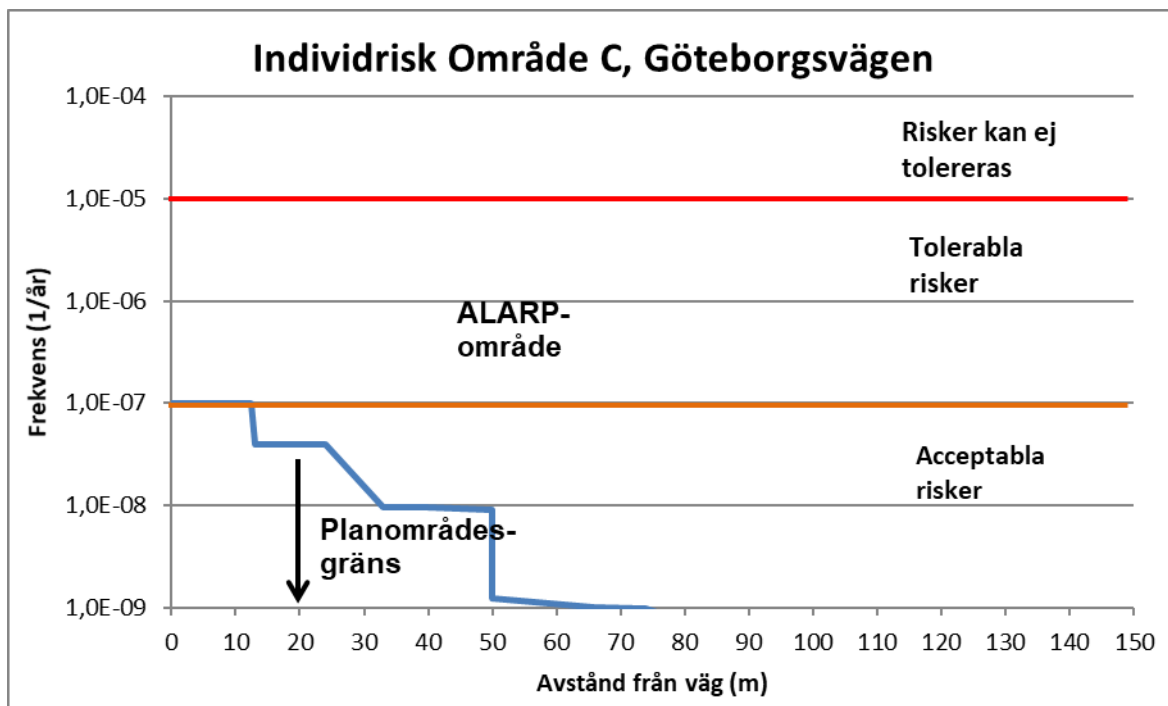


Figur 14 Individrisken vid planområdet längs E20.

Individrisken i det utredda området bedöms vara acceptabel vid cirka 80 meter från E20. Inom detta avstånd bör planområdet utformas så det inte inbjuder till stadigvarande vistelse.

5.3.1.2 Göteborgsvägen inklusive på- och avfartsramper E20

I figur 15 visas individrisken i planområdet vid Göteborgsvägen.

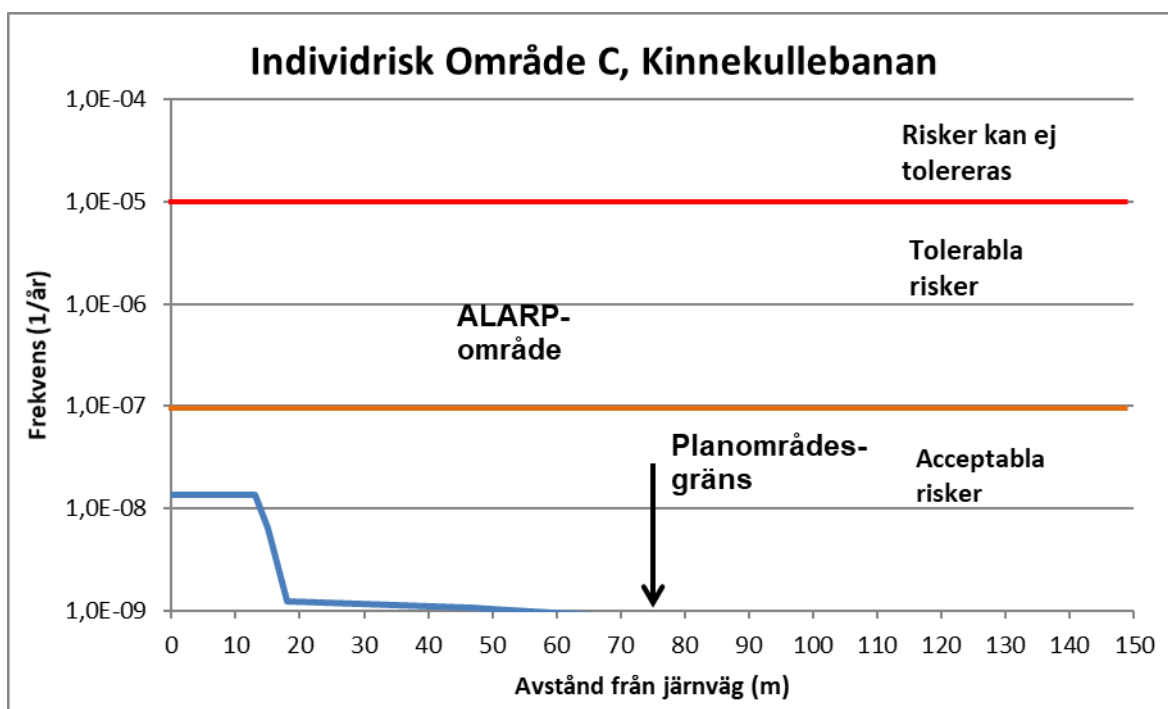


Figur 15 Individrisken vid planområdet längs Göteborgsvägen.

Individrisken i det utredda området bedöms vara acceptabel vid cirka 15 meter från Göteborgsvägen.

5.3.1.3 Kinnekullebanan

I figur 16 visas individrisken i planområdet vid Kinnekullebanan.



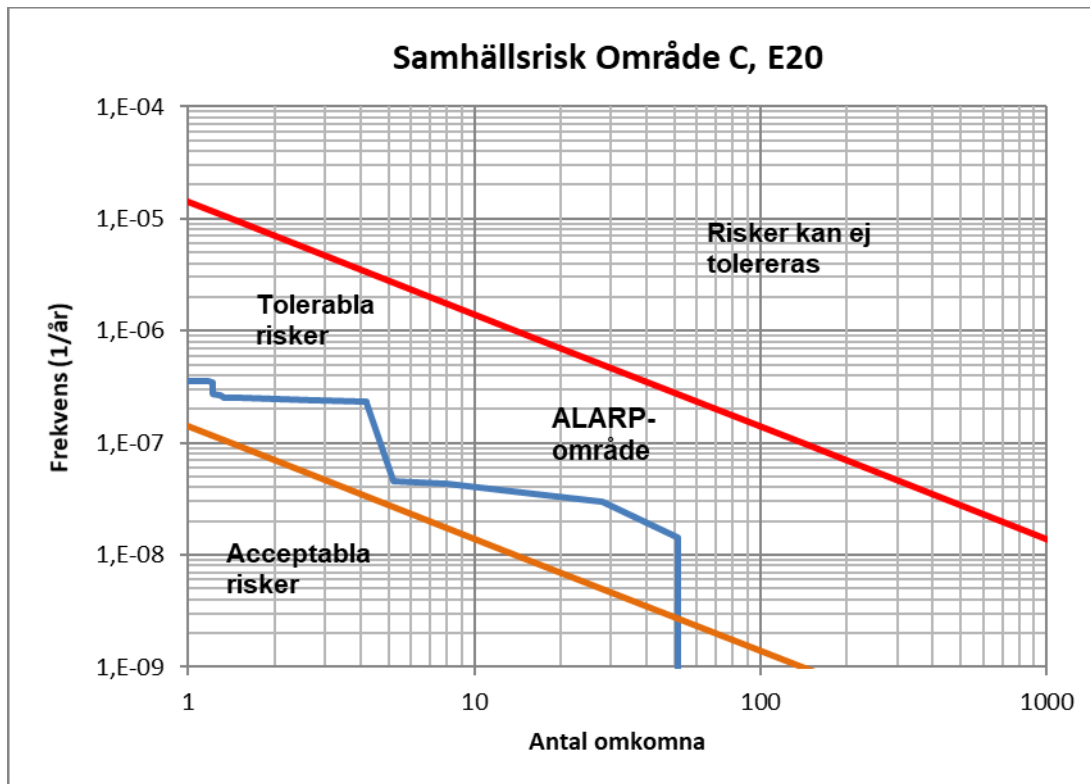
Figur 16 Individrisken vid planområdet längs Kinnekullebanan.

Individrisken i det utredda området bedöms vara acceptabel utefter hela Kinnekullebanan.

5.3.2 Samhällsrisk

5.3.2.1 E20

I figur 17 redovisas samhällsriskerna från E20 inom området och det framgår av figuren att risknivån överskrider kriteriet för acceptabla risker och ligger i ALARP-området.

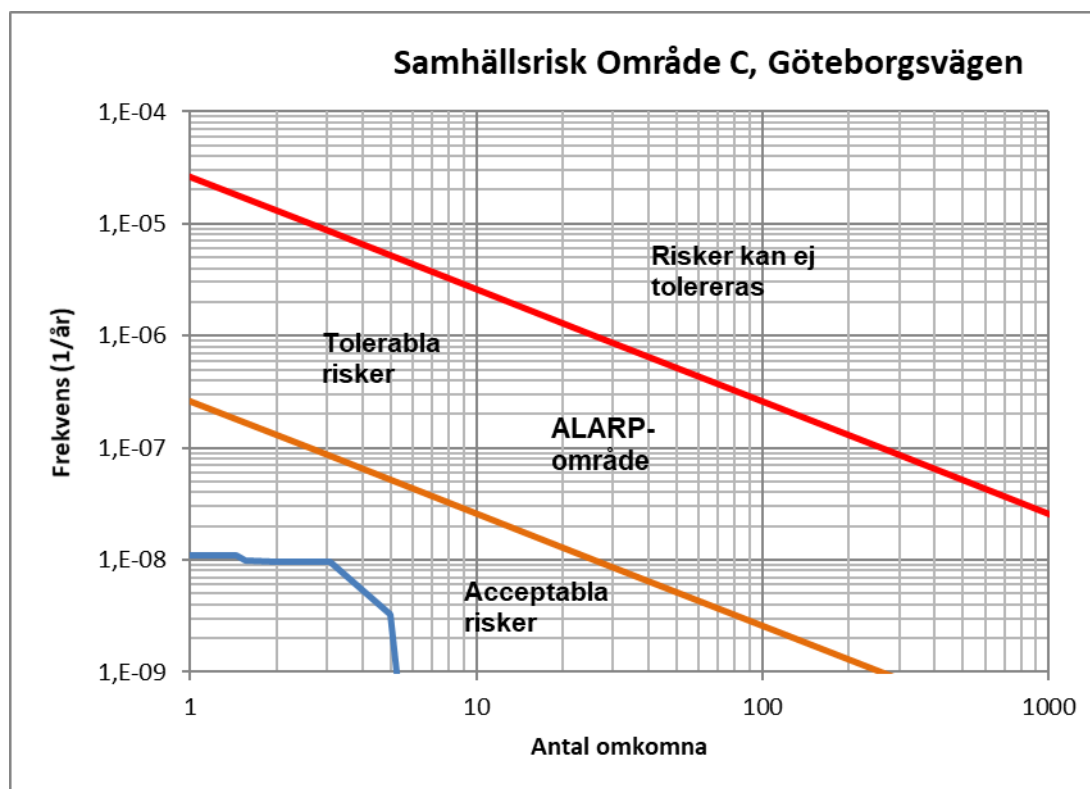


Figur 17 Samhällsriskerna från E20 för det planerade området.

De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser (jetflamma, gasexplosion och gasmolnsbrand). Det innebär att rimliga skyddsåtgärder som minskar konsekvenserna vid dessa typer av olyckor bör utföras i södra delen av planområdet.

5.3.2.2 Göteborgsvägen inklusive på- avfartsramper till E20

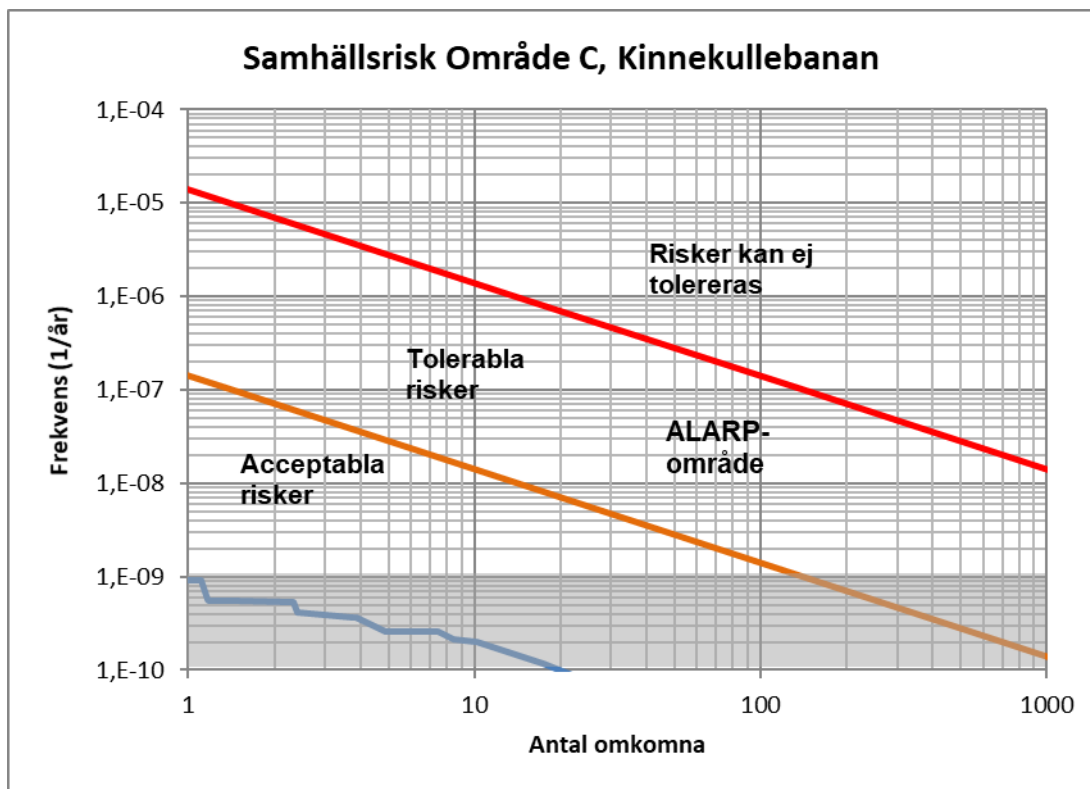
I figur 18 redovisas samhällsriskerna inom området och det framgår av figuren att risknivån ligger inom området för acceptabla risker.



Figur 18 Samhällsrisk från Göteborgsvägen inklusive på- och avfarter på E6 för det planerade området.

5.3.2.3 Kinnekullebanan

I figur 19 redovisas samhällsriskerna inom området och det framgår av figuren att risknivån ligger med god marginal under kriteriet för tolerabla risker. Risknivåerna ligger cirka en faktor 100 under kriteriet och det gråmarkerade området är ett område som normalt inte redovisas i riskberäkningar. Eftersom risknivåerna är så låga så bedöms riskerna på grund av Kinnekullebanan vara acceptabla och behandlas inte vidare i denna resultatdel.

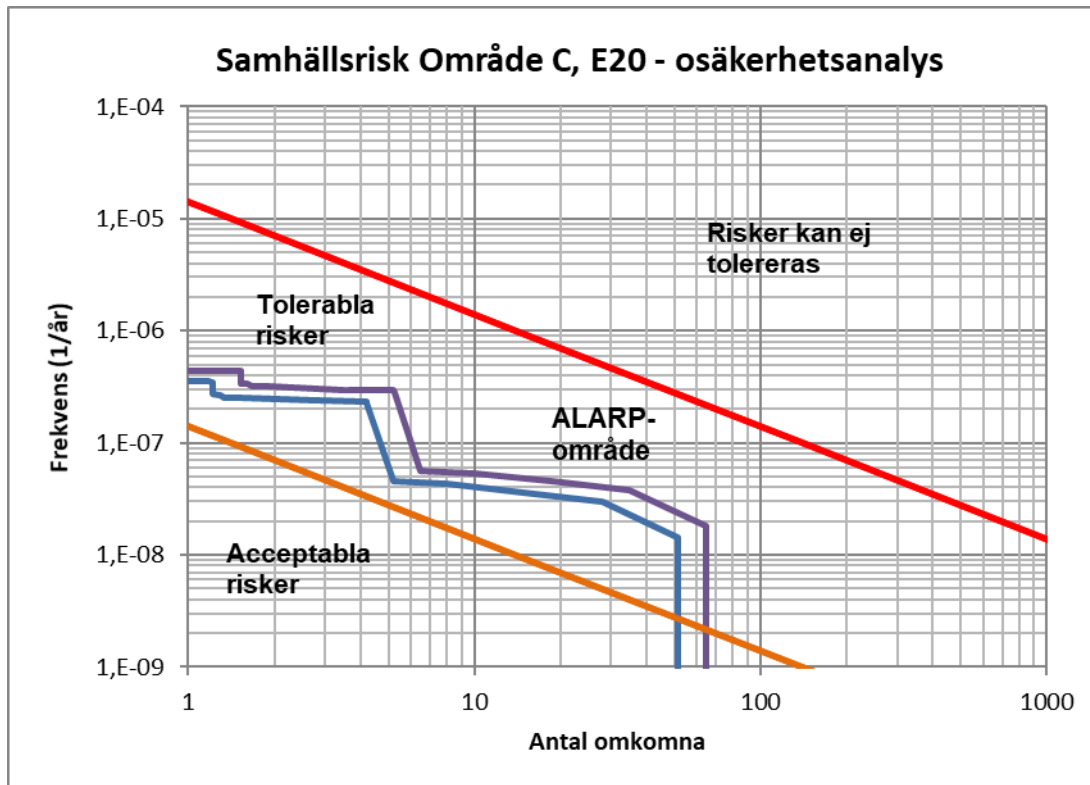


Figur 19 Samhällsrisken från Kinnekullebanan för det planerade området.

5.3.3 Osäkerhetsanalys

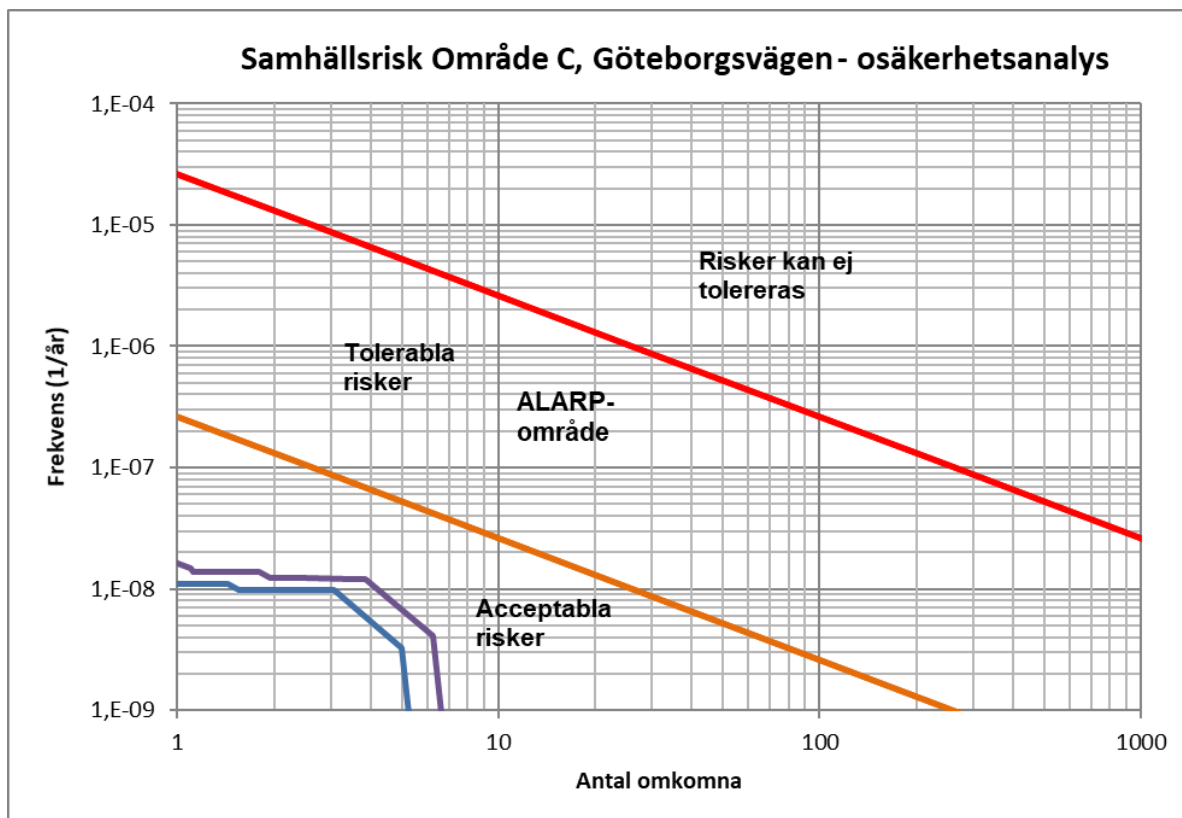
Osäkerhetsanalys genomförs endast på samhällsrisk för transporter av farligt gods på E20 och Göteborgsvägen inklusive på- och avfartsramper till E20 förbi planområdet.

För att hantera dessa osäkerheter görs en osäkerhetsanalys där transporter av farligt gods ökas med 25 % samt antal personer på plats ökas med 25 %, se *figur 20 och 21*.



Figur 20 Osäkerhetsanalysen på samhällsrisk vid E20. Resultaten från osäkerhetsanalysen visas med lila linje, ursprunglig beräkning visas med blå linje.

Figur 20 visar att samhällsrisk ökar något vid 25 % fler transporter av farligt gods och människor närvarande i området. Risknivåerna överskrider dock inte kriterierna för där risker inte kan tolereras.



Figur 21 Osäkerhetsanalysen på samhällsrisken vid Göteborgsvägen. Resultaten från osäkerhetsanalysen visas med lila linje, ursprunglig beräkning visas med blå linje.

Figur 21 visar att risknivåerna vid en osäkerhetsanalys inte överskrider kriterierna för tolerabla risker.

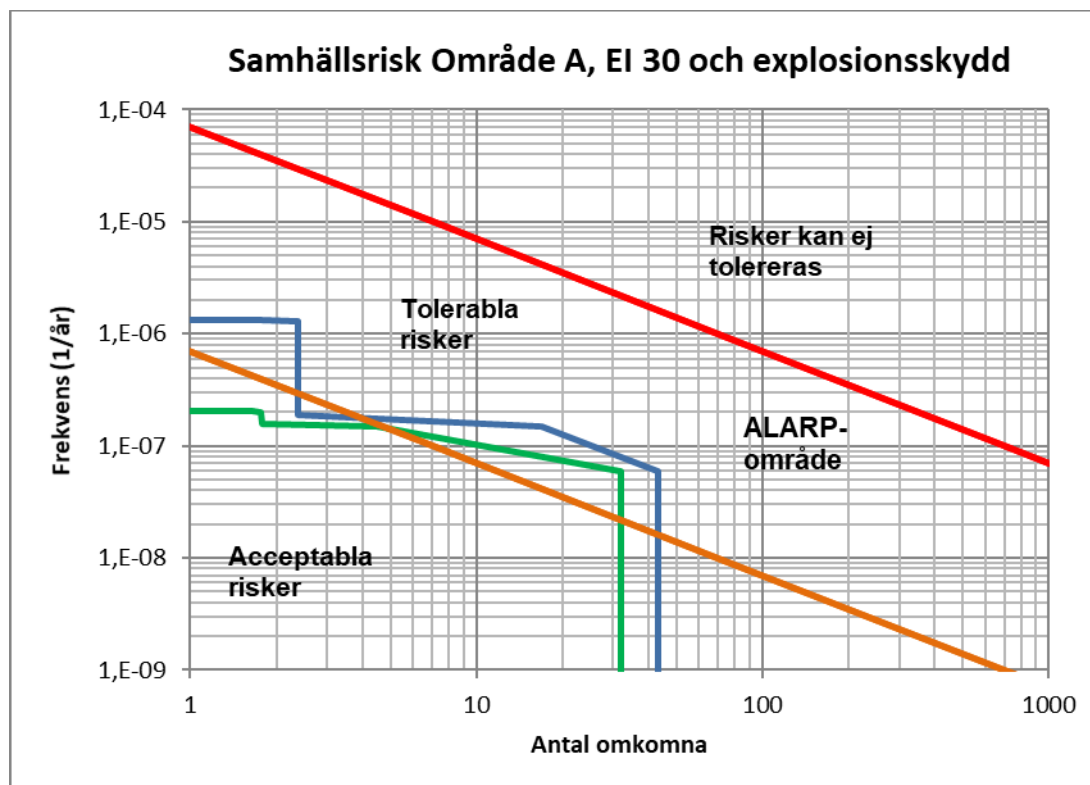
6 Slutsatser och förslag på skyddsåtgärder

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna för E20 förbi detaljplan Hindsberg och Sund 4:6 (södra) är inom ALARP-området. Även vid en osäkerhetsanalys, där antal transporter av farlig gods enligt nationellt genomsnitt används, visar att risknivåerna ligger inom ALARP-området. Detta innebär att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas. Det bör även tas hänsyn till att ramperna på framtida E20 kommer ligga på en högre nivå än området.

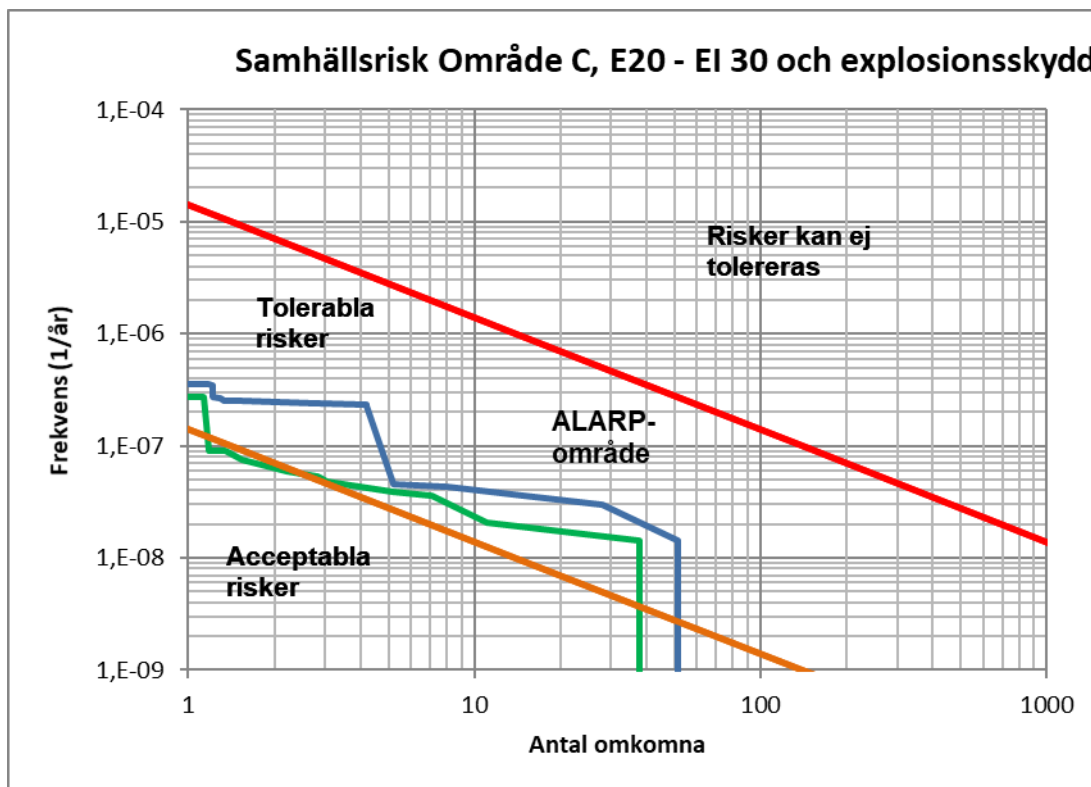
Förslag på skyddsåtgärder i planområdet, alla avstånd gäller från närmaste väggkant:

- Utrymning ska vara möjlig bort från E20 och ventilation placeras högt och vänd bort från E20 på byggnader inom 150 meter från E20.
- Fasader på byggnader inom 100 meter från E20 bör utföras i brandklassat material EI30. Byggnader inom 100 meter från E20 bör utformas för att ge skydd mot fortskridande ras vid ett infallande dimensionerande explosionstryck enligt *bilaga 1, kapitel 4*. Det dimensionerande explosionstrycket har uppskattats till 5 kPa vilket med det reflekterade trycket ger 10 kPa. Impulstätheten är 2,08 kPas.
- Området utomhus inom 80 meter från E20 bör utformas så att det inte inbjuder till stadigvarande vistelse.
- Området inom 50 meter från E20 och dess på- och avfartsrampar bör ej bebyggas.

En beräkning för effekten av dessa skyddsåtgärder presenteras i *figur 22 och 23*. Verkningsgraden av skyddsåtgärder med EI30 har bedömts vara cirka 80 %. Verkningsgraden på explosionsskydd har bedömts vara cirka 30 %.



Figur 22 Skyddsåtgärdernas beräknade effekt presenteras med grön linje. Ursprunglig beräkning med blå linje.



Figur 23 Skyddsåtgärdernas beräknade effekt presenteras med grön linje. Ursprunglig beräkning med blå linje.

Inom detaljplanen för Hindsberg möjliggörs drivmedelsförsäljning vilket innebär att dessa transporter kommer förekomma inom området. Det är viktigt att anlägga diken på de vägar inom området där dessa transporter förväntas gå för att samla upp brandfarliga vätskor vid en eventuell olycka.

Om dessa skyddsåtgärder genomförs så bedöms risknivåerna vara tolerabla för planområdet.

7 Referenser

Bengt Dahlgren 2016	Riskbedömning E20 utanför Mariestad, Mariestads kommun. 2016-06-23.
Banverket 2001	Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22.
Göteborgs stad 2011	Vägledning till parkeringstal vid detaljplaner och bygglov, Göteborgs stad 2011
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
Mariestads kommun 2018:1	Möte med Adam Johansson, planarkitekt på Mariestads kommun 2018-08-10.
Mariestads kommun 2018:2	Möte med Adam Johansson, planarkitekt på Mariestads kommun 2018-08-29.
Mariestads kommun 2018:3	Mail från Adam Johansson, planarkitekt på Mariestads kommun 2018-08-14.
Mariestads kommun 2018:4	Mail från Adam Johansson, planarkitekt på Mariestads kommun 2018-09-12.
Norconsult 2009	Stora Högamotet Jörlanda-Berg 1:95 mfl, Stenungsunds kommun – Riskutredning avseende tankstation och transport av farligt gods, Norconsult 2009-06-24.
Norconsult 2016	Riskanalys av transport av farligt gods – Mariestads centrum. Norconsult 2016-12-20
Norconsult 2017	Stenungsunds centrum – Riskanalys avseende transport av farligt gods, Norconsult 2017-06-02.
Norconsult 2018	Munkeröd 1:21 i Stenungsunds kommun – Riskanalys transport av farligt gods, version 2 2018-02-22.
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
SCB 2013	Inkvarteringsstatistik för Sverige 2013, SCB 2018
SRV 1996	Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Räddningsverket 1996
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997
SRV 2007	Kartläggning av farligt godstransporter september 2006, Räddningsverket 2007
TRAFÄ 2016:1	Lastbilstrafik 2000-2015. Årliga rapporter utgivna av TRAFÄ (f.d. SIKÄ) tillsammans med SCB.
TRAFÄ 2016:2	Bantrafik 2015, Statistik 2016:18, Trafikanalys, Sveriges statistiska centralbyrå och Trafikverket, 2016-06-08.
Trafikverket 2016	Tekniskt PM Trafikanalys – E 20 förbi Mariestad, Mariestads kommun. Vägplan samrådshandling val av lokaliseringsalternativ 2016-09-30.
Trafikverket 2018:1	Uttag ur nationell vägdatabas NVDB, https://nvdb2012.trafikverket.se/ . Hämtat 2018-09-13.

Trafikverket 2018:2	E-post från Anna Möller Samhällsplanerare Trafikverket 2018-05-07
Trafikverket 2018:3	Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt. 2018-04-01.
ØSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen; Øresund Safety Advisers AB, 2004

Bilaga 1

Riskberäkningar för transport av farligt gods på väg

Innehåll

1. Inledning	2
1.1 Beräkningsmetod	2
1.1.1 Inledning	2
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar	5
2. Aktuella scenarierna	11
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1	11
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1	20
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3.....	25
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1	28
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1.....	30
3. Beräkningsresultat	32
4. Beräkning för gasexplosion	36
5. Referenser	38

1. Inledning

1.1 Beräkningsmetod

1.1.1 Inledning

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg.

1. Beräkning av sannolikhet för olyckor med olika ämnen
2. Beräkning av sannolikhet av olika scenarier utifrån händelsesträd
3. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
4. Sammanräkning av resultaten som individrisk och samhällsrisk

Alla beräkningar genomförs i excelblad. Dessa excelblad finns för insyn för myndigheterna och endast vissa utdrag publiceras här.

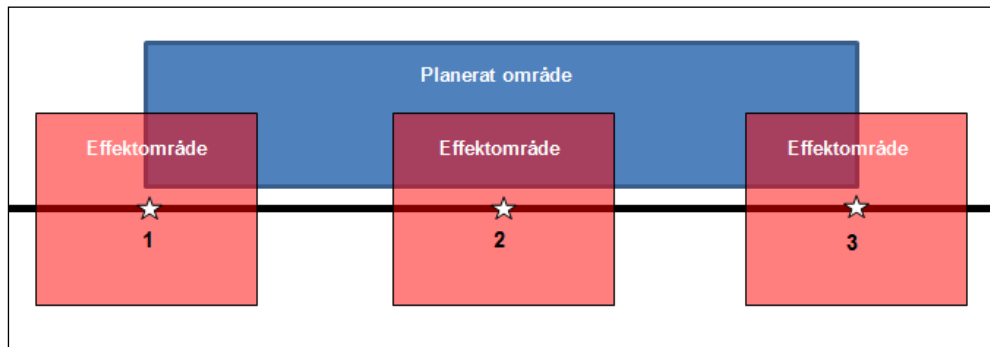
Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken (PGS2 2005) och Lila Boken (PGS3 2005). För klass 1.1 och klass 5.1 anges mera i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats.

1.1.2 Sannolikhetsberäkning

Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor på vägsträckan med antagandet en viss andel av olyckorna är singelolyckor och resten olyckor har två fordon inblandade. Uppgifterna om hur stor andel av olyckorna är singelolyckor fås från rapporten Farligt gods – Riskbedömning vid transport (SRV 1996).

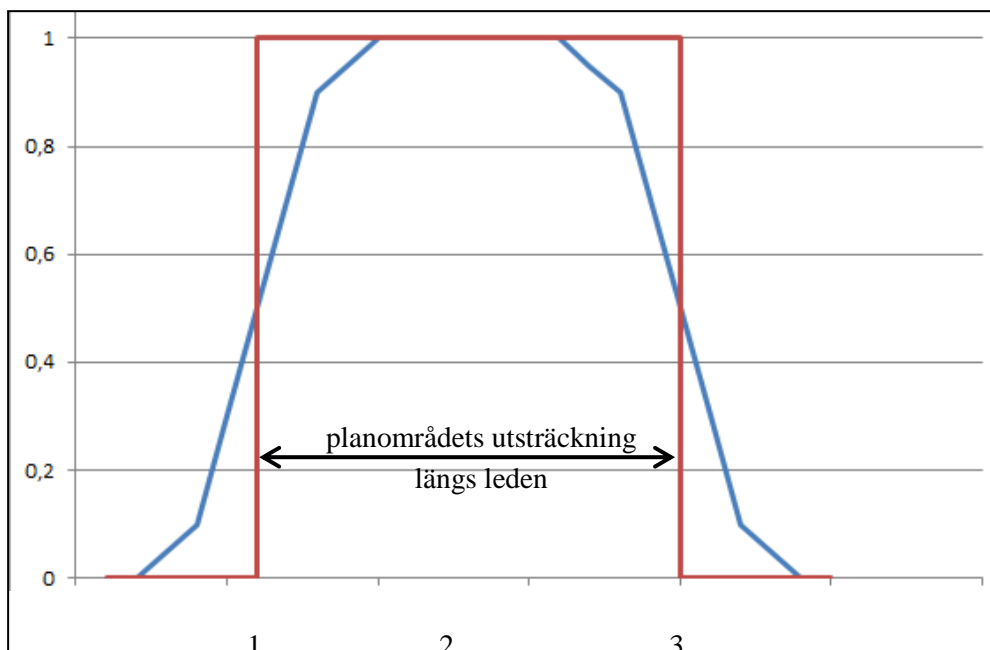
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 4*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

För samhällsriskens förklaras detta i *figur 1 till 3* nedan.



Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området.

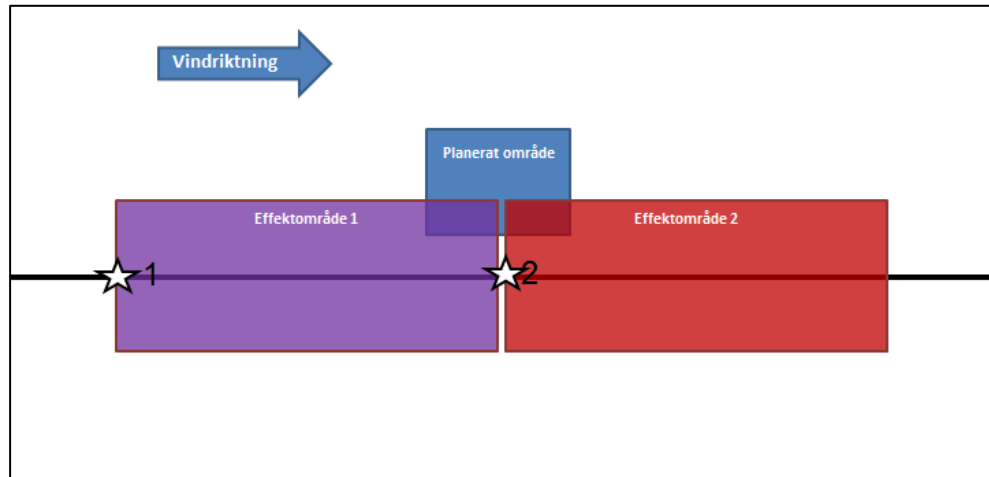
Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 2) för alla olyckslägen mellan 1 och 3. Olyckor utanför denna sträcka tas däremot inte med i beräkningen. Approximationen förtydligas i *figur 2* nedan.



Figur 2. Förenkling av effekten av olyckor med farligt gods.

Om effektområdets längd utmed leden är större än planområdets längd utmed leden så är det effektområdets längd som är utgångspunkten. Detta visas i figur 3 som

visar effektområdet för exempelvis ett gasmoln som blåses av vinden längs med vägen. Om olyckan sker mellan läge 1 och läge 2 så antas området drabbas av effekten. Avståndet är lika med effektområdets utsträckning längs leden.



Figur 3. Två olika lägen (lila resp röda effektområdet) för en olycka med farligt gods (gas i detta fall) med effektområde större än det planerade området.

Vid individriskberäkningar bestäms sannolikheten för olyckor alltid av effektområdenas utsträckning längs leden.

Sannolikheten att en olycka leder till ett utsläpp av betydelse (>100 kg) för klass 2.1, 2.3, 3 och 5.1 har tagits från RBMII.

Händelseträden för klass 1.1 och klass 5.1 förklaras i nästa kapitel vid aktuella scenarier

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har tagits från RBMII.

1.1.3 Konsekvenser

Konsekvenserna beräknas med hjälp av effektområden för scenarier för ämnen i klass 2.2, 2.3 och 3. För ämnen i klass 1.1 och 5.1 används en något annorlunda metod som förklaras vid dessa scenarier.

Effektområden har tagits från den nederländska metoden RBMII som är föreskriven metod i Nederländerna vid denna sorts beräkningar. Effektområden har förenklats till att vara rektangulära. Storleken på dessa effektområden är generellt något större än på de effektområden som används i RBMII vilket leder till mera konservativa beräkningar.

I vissa fall finns det skäl att använda två effektområden i ett scenario. Detta är fallet när effekten av olyckan endast avklingar långsamt som exempelvis för olyckor med giftiga gaser i klass 2.3. För många scenarier avklingar effekten ganska snabbt från att alla omkommer till att nästan inga omkommer. I dessa fall används endast ett effektområde vars storlek har utökats för att även täcka de delar där endast en del av de närvarande omkommer.

Vindens påverkan tas med för de effekter som beror på vindriktningen. Alla vindriktningar mot området samlas till en vindriktning lodrätt från leden mot området. Vindriktningar längs leden beaktas också då vissa scenarier ger plymer längs leden som påverkar närmast leden.

Antalet omkomna i ett scenario beräknas utifrån ytan på området där scenariot påverkar, antal personer som befinner sig ute och inne inom detta område samt andelen av dessa som omkommer.

1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar

Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer för de olika klasser farligt gods framgår av *figur 4a, 4b, 4c och 4d*. Där framgår också beräkningarna av persontäthet inom området och i husen närmast vägen.

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Risikutredning Sund och Hindsber	2018-09-27
Olycksrisk				
Risk för olycka	5,5E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,55			
Olycksrisk fordon	8,0E-08	1/km, år		
Område enl nedan	1	länge siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid				
Andel transporter dagtid	0,7			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisik dag/km,år	utsläppsrisik natt/km,år
Klass 1, massexplosiv	30,0	1	1,7E-06	7,2E-07
Klass 2.1	2330,0	0,052	6,8E-06	2,9E-06
Klass 2.3	15,0	0,052	4,4E-08	1,9E-08
Klass 3, bensin	29960,0	0,101	1,7E-04	7,2E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	810,0	0,101	4,6E-06	2,0E-06
Områdesinfo				
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd le	50	15	m	
Planområdets bredd	170	195	m	
Planområdets längd	1050	1400	m	
Befolkningstäthet				
	Dag			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	375		personer	
Andel inne/ute	93%	7%		
Befolkning	348,8	26,3	personer	
Befolkningstäthet	2,0E-03	9,6E-05	pers/m2	
	Natt			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	3,75		personer	
Andel inne/ute	99%	1%		
Befolkning	3,7	0,0	personer	
Befolkningstäthet	2,1E-05	1,4E-07	pers/m2	
	Dag	Natt		
Antal personer första raden totalt	38	0		
	Dag			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer 1:a rad	34,9	2,6		
	Natt			
	Inne	Ute		
Andel i %	99%	1%		
Antal personer 1:a rad	0,4	0,0		

Figur 4a. Ingångsvärden för riskberäkningarna för E20 vid område A.

Ingångsdata		Uppdrags namn:	Riskutredning Sund och Hindsber	2018-09-28
Olycksrisk				
Risk för olycka	1,1E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,10			
Olycksrisk fordon	2,0E-07	1/km, år		
Område enl nedan	3	ange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondens erade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/	4	0,043	0,089	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid				
Andel transporter dagtid	0,7			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsris k dag/km,år	utsläppsris k natt/km,år
Klass 1, masseexplosiv	16,0	1	2,3E-06	9,7E-07
Klass 2.1	38,0	0,006	3,2E-08	1,4E-08
Klass 2.3	6,0	0,006	5,1E-09	2,2E-09
Klass 3, bensin	3816,0	0,021	1,1E-05	4,8E-06
Klass 5.1, explosionsrisk	23,0	0,021	6,8E-08	2,9E-08
Områdesinfo				
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd le	15	15	m	
Planområdets bredd	100	300	m	
Planområdets längd	150	600	m	
Befolkningstäthet				
	Dag			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	200		personer	
Andel inne/ute	93%	7%		
Befolkning	186,0	14,0	personer	
Befolkningstäthet	1,2E-02	7,8E-05	pers/m2	
	Natt			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	2		personer	
Andel inne/ute	99%	1%		
Befolkning	2,0	0,0	personer	
Befolkningstäthet	1,3E-04	1,1E-07	pers/m2	
	Dag	Natt		
Antal personer första raden totalt	20	0		
	Dag			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer 1:a rad	18,6	1,4		
	Natt			
	Inne	Ute		
Andel i %	99%	1%		
Antal personer 1:a rad	0,2	0,0		

Figur 4b. Ingångsvärden för riskberäkningarna för Sandbäcksvägen vid område B.

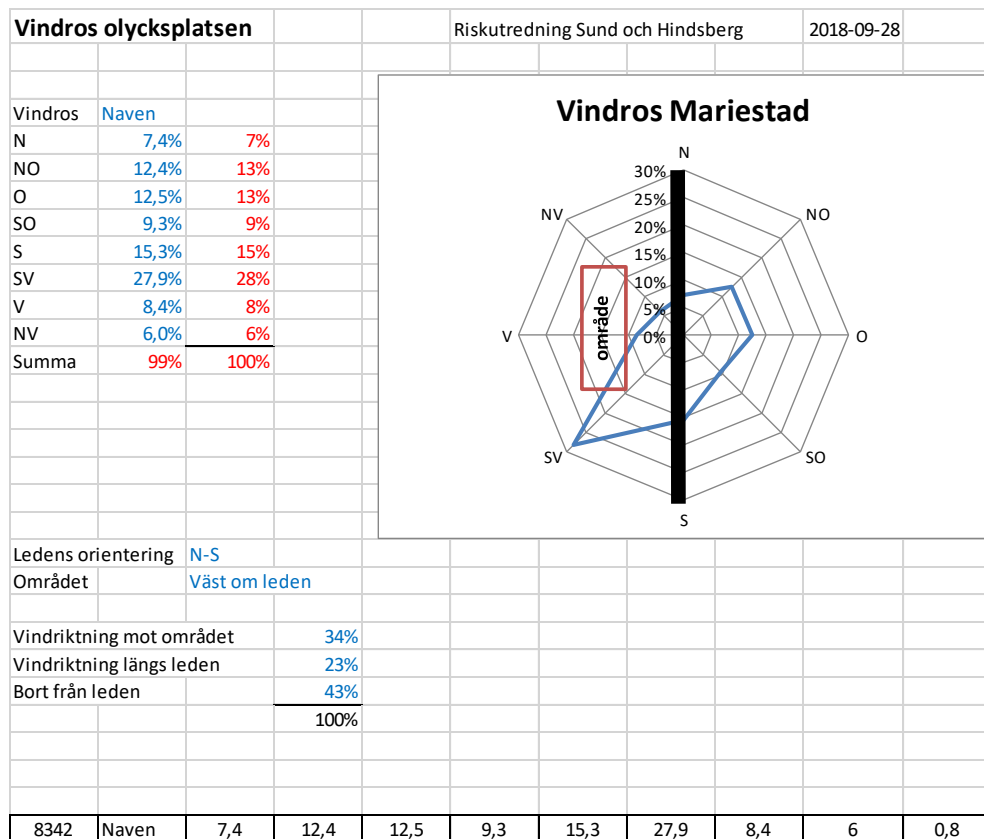
Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Riskutredning Sund och Hindsber	2018-09-27
Olycksrisk				
Risk för olycka	5,5E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,55			
Olycksrisk fordon	8,0E-08	1/km, år		
Område enl nedan	1	lange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid				
Andel transporter dagtid	0,7			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsris k dag/km,år	utsläppsris k natt/km,år
Klass 1, masseexplosiv	30,0	1	1,7E-06	7,2E-07
Klass 2.1	2330,0	0,052	6,8E-06	2,9E-06
Klass 2.3	15,0	0,052	4,4E-08	1,9E-08
Klass 3, bensin	29960,0	0,101	1,7E-04	7,2E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	810,0	0,101	4,6E-06	2,0E-06
Områdesinfo				
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd le	50	20		m
Planområdets bredd	400	520		m
Planområdets längd	170	280		m
Befolkningstäthet				
	Dag			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute				personer
Andel inne/ute	93%	7%		
Befolkning	241,0	21,0		personer
Befolkningstäthet	3,5E-03	1,4E-04		pers/m2
	Natt			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute				personer
Andel inne/ute	99%	1%		
Befolkning	68,0	8,0		personer
Befolkningstäthet	1,0E-03	5,5E-05		pers/m2
	Dag	Natt		
Antal personer första raden totalt	24	7		
	Dag			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer 1:a rad	22,4	1,7		
	Natt			
	Inne	Ute		
Andel i %	99%	1%		
Antal personer 1:a rad	6,7	0,1		

Figur 4c. Ingångsvärden för riskberäkningarna för E20 vid område C.

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Riskutredning Sund och Hindsberg	2018-09-28
Olycksrisk				
Risk för olycka	1,4E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,15			
Olycksrisk fordon	2,6E-07	1/km, år		
Område enl nedan	3	lange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid				
Andel transporter dagtid	0,7			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år
Klass 1, massexplosiv	16,0	1	2,9E-06	1,3E-06
Klass 2.1	39,0	0,006	4,3E-08	1,8E-08
Klass 2.3	6,0	0,006	6,6E-09	2,8E-09
Klass 3, bensin	4101,0	0,021	1,6E-05	6,7E-06
Klass 5.1, explosionsrisk	23,0	0,021	8,8E-08	3,8E-08
Områdesinfo				
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd le	45	20 m		
Planområdets bredd	170	280 m		
Planområdets längd	400	520 m		
Befolkningstäthet				
	Dag			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute				personer
Andel inne/ute	93%	7%		
Befolkning	241,0	21,0 personer		
Befolkningstäthet	3,5E-03	1,4E-04 pers/m2		
	Natt			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute				personer
Andel inne/ute	99%	1%		
Befolkning	68,0	8,0 personer		
Befolkningstäthet	1,0E-03	5,5E-05 pers/m2		
	Dag		Natt	
Antal personer första raden totalt	24	7		
	Dag			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer 1:a rad	22,4	1,7		
	Natt			
	Inne	Ute		
Andel i %	99%	1%		
Antal personer 1:a rad	6,7	0,1		

Figur 4d. Ingångsvärden för riskberäkningarna för Göteborgsvägen vid område C.

I figur 5 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår.



Figur 5. Vindros för Mariestad

2. Aktuella scenarierna

Här ges en generell beskrivning av scenarierna som kan leda till betydande konsekvenser för området utifrån de klasser farligt gods som kan komma att transporteras, *se rapporten*.

2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1

2.1.1 Sannolikheter

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 4*

Vid en olycka finns olika utfall som här förenklas till följande:

- ingen brand eller explosion,
- explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan,
- brand i fordonet som inte leder till explosion,
- brand i fordon som leder till explosion.

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

Sprängämnen som transporteras antas vara av emulsionstyp som är den typen som huvudsakligen används inom gruvindustrin. Ett antal studier har rapporterats (ERM 2008, FOA 2000) som visar att den hastighet som krävs för att en stöt skall leda till explosion av sprängämnet är jämförbara med typiska hastigheter för kulor från skjutvapen (500 m/s dvs. 1800 km/t). Vid förhöjda temperaturer sänks visserligen denna hastighet men ligger fortfarande vida över vad som förekommer vid en olycka.

Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. I studien simulerades den stöten som skulle orsakas av ett fall på 12 m.

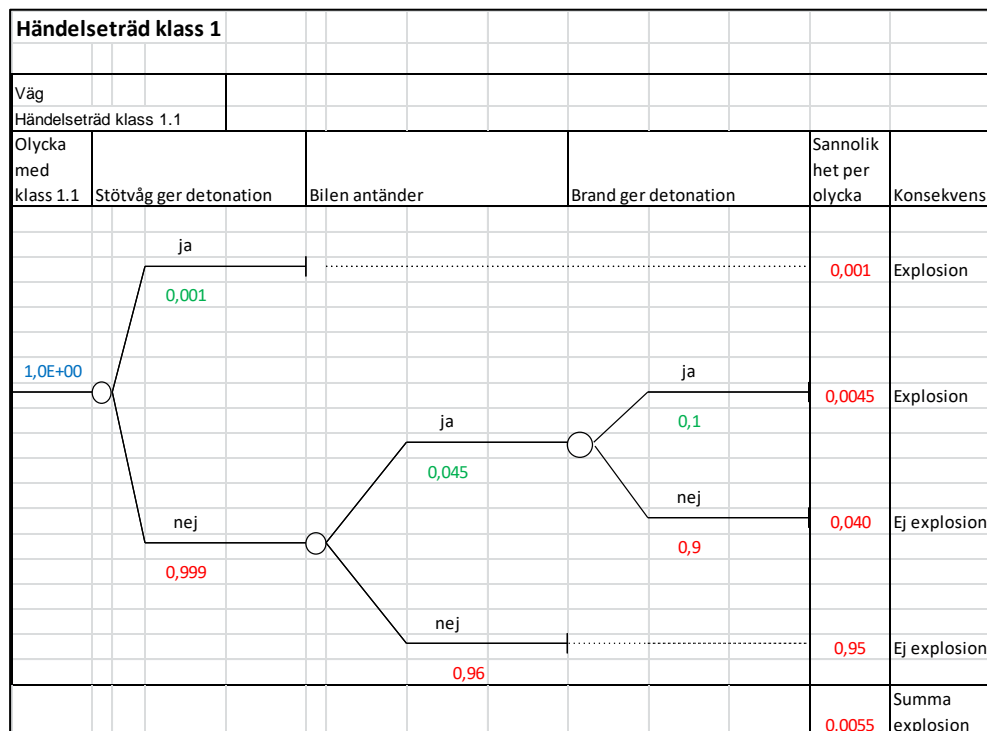
Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för att en olycka leder till en fordonsbrand beräknas utifrån statistik från USA då pålitlig svensk statistik saknas. Enligt statistiken (NFPA 2012, FEMA 2008, USCB 2012) förekom det under perioden 2005-2009 ca 52,7 miljoner

trafikolyckor på motorvägar i USA. Av dessa var lastbilar inblandade i ca 3,1 % eller 1,6 miljoner olyckor. Av trafikolyckorna på motorväg under perioden 2005-2009 ledde ca 1,13 miljoner till brand i fordon. Av dessa olyckor med brand i fordon berörde ca 6,4 % eller 72 600 lastbilar. Andelen trafikolyckor med lastbilar som ledde till brand är således $72\,600/1\,600\,000 = 4,5\%$ under 2005-2009 i USA. Denna siffra används som sannolikhet för att lastbil fattar eld vid en olycka.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för olycka med sprängämnen visas i *figur 6*.



Figur 6. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1.

Resultaten av sannolikhetsberäkningar för fallet att en massexplosion på grund av en olycka med en sprängämnestransport visas i *tabell 2, avsnitt 3*.

2.1.2 Konsekvenser

Explosionslast

Vid beräkning av explosionslast utgår från en explosion av 16 ton TNT. Mängden sätts till 16 ton då detta är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras i en vägtransport. Att välja TNT görs för att inte underskatta explosionsstyrka, ämnet

som transporteras mest är ANFO vars explosionsstyrka ligger på ca 82 % av TNT. För att inte underskatta riskerna väljs dock TNT.

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. Både oreflekterade och reflekterade värden har beräknats. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflekterade värdena gäller för ytor som är riktade i samma riktning som explosionen.

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av *figur 7 och 8* som tagits från rapporten *Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005)*. För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

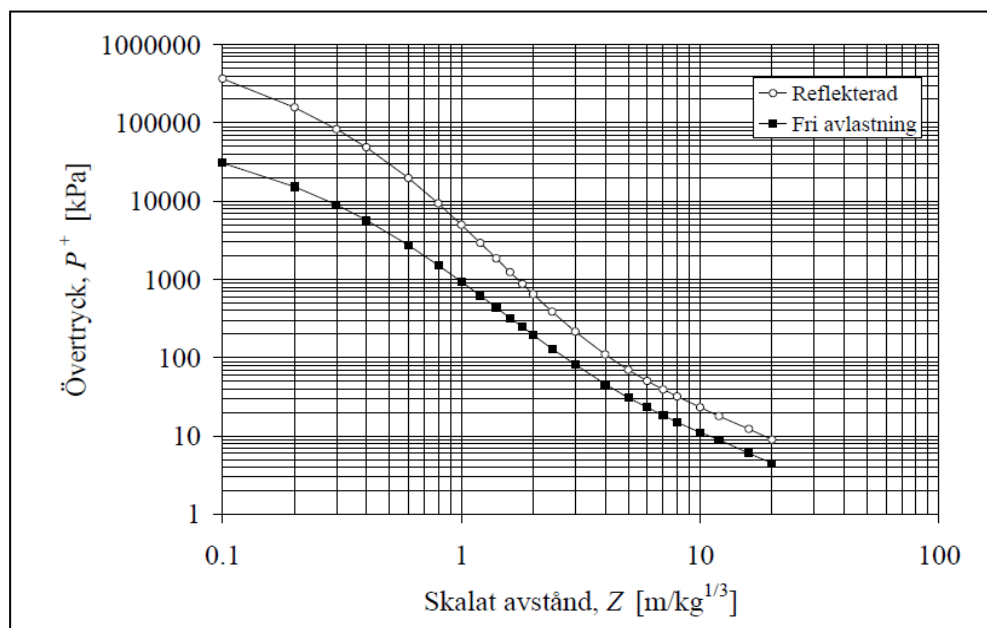
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

$$Z = \frac{R}{M^{1/3}}$$

R = avstånd från explosionscentrum (m)

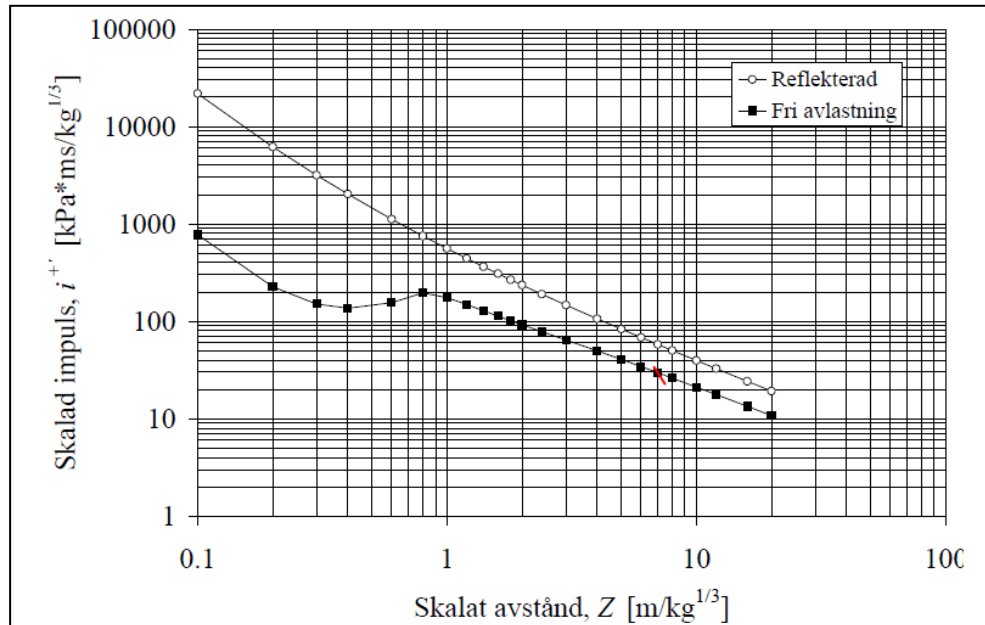
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 7 ger övertrycket p_+ .



Figur 7 Reflekerat och oreflekerat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Figur 8 ger den skalade impulsen delat med kubikroten ur mängden sprängämne: $i_+/M^{1/3}$. Den skalade impulsintensiteten räknas sedan ut genom att multiplicera med $M^{1/3} = 16000^{1/3} = 25,2 \text{ kg}^{1/3}$.



Figur 8. Reflekerat och oreflekerat impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

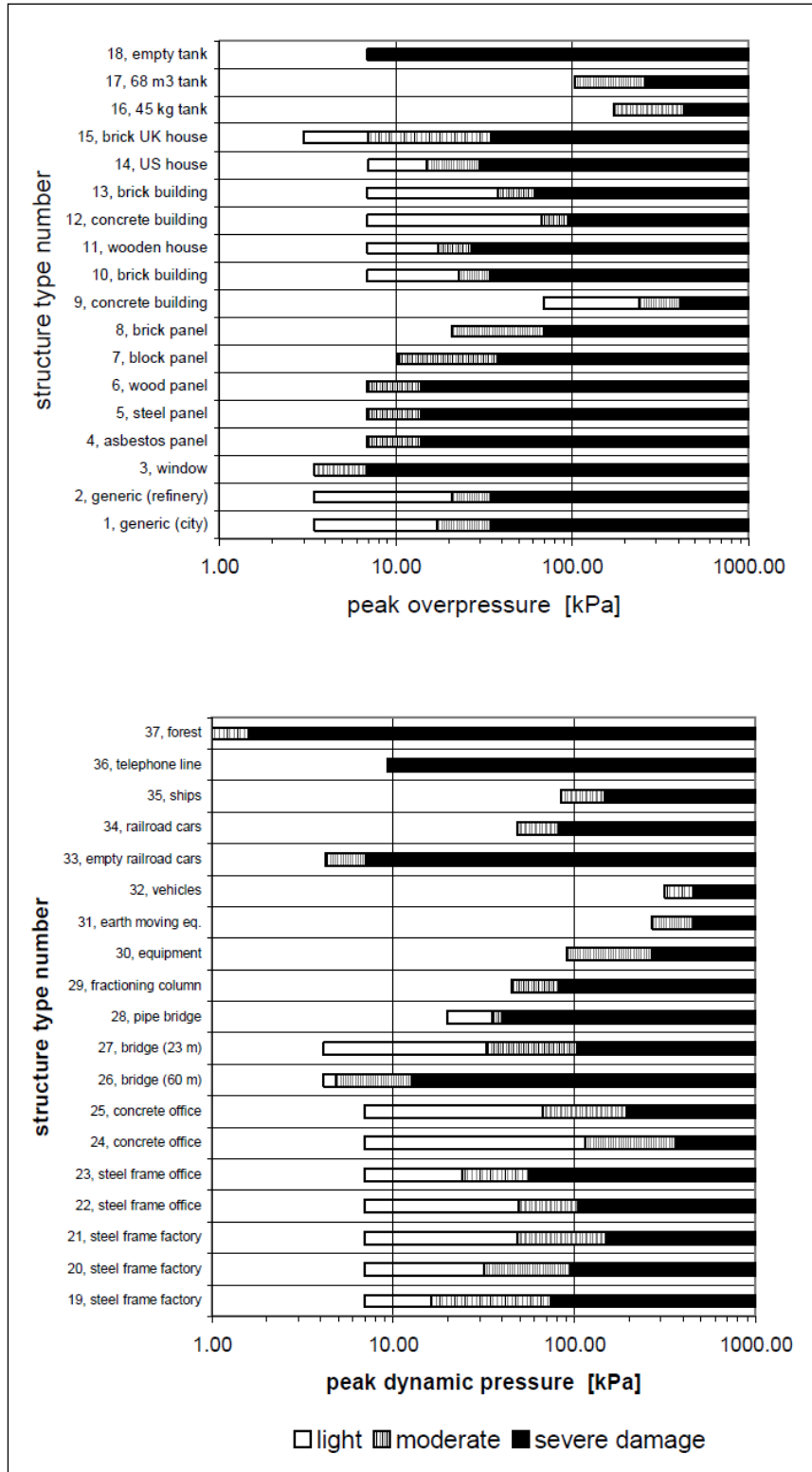
Resultaten visas i tabell 1.

Tabell 1. Reflekerat och oreflekerat tryck och impulstättighet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

Avstånd	Z	p^+	p_r	i^+	i_r
m	$\text{m/kg}^{1/3}$	kPa	kPa	kPas	kPas
25	1,0	900	5000	4,8	14,0
50	2,0	200	750	2,3	6,3
63	2,5	120	400	1,8	4,3
75	3,0	80	220	1,6	3,3
100	4,0	45	110	1,3	2,6
125	5,0	33	70	1,0	2,0
150	6,0	23	50	0,9	1,8
175	6,9	20	40	0,8	1,5
200	7,9	15	33	0,7	1,3

Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck, se *figur 9 och 10*. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen.



Figur 9 Övertryck som leder till raserade byggnader mm.

Type	Description of structure
1	city
2	refinery
3	glass windows, large and small
4	corrugated asbestos siding
5	corrugated steel or aluminum panelling
6	wood siding panels, standard house construction
7	concrete or cinder-block wall panels, 8" or 12" thick (not reinforced)
8	brick wall panel, 8" or 12" thick (not reinforced)
9	blast-resistant reinforced concrete windowless building
10	multi-storey wall-bearing building, brick apartment house type, up to three storeys
11	wood-frame house
12	multi-storey reinforced concrete building with concrete walls, small window area, three to eight storeys
13	multi-storey wall-bearing building, monumental type, up to four storeys
14	typical American-style house
15	typical brick-built English house
16	45 kg LPG tank
17	68000-litre LPG bulk gas plant
18	floating- or conical roof tanks, empty
19	light steel frame industrial building, single storey, with up to 5-ton crane capacity, low strength walls which fail quickly
20	heavy steel frame industrial building, single storey, with 25- to 50-ton crane capacity, lightweight low strength walls which fail quickly
21	heavy steel frame industrial building, single storey, with 60- to 100-ton crane capacity, lightweight low strength walls which fail quickly
22	multi-storey steel frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, earthquake-resistant design
23	multi-storey steel frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, non-earthquake-resistant design
24	multi-storey reinforced concrete-frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, earthquake-resistant construction.
25	multi-storey reinforced concrete-frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, non-earthquake-resistant construction.
26	railroad girder bridges, single track deck or through, open floors, span 200 ft (60 m)
27	railroad girder bridges, single track deck or through, open floors, span 75 ft (23 m)
28	pipe bridge
29	fractioning column
30	truck-mounted engineering equipment (unprotected)
31	earth-moving engineering equipment (unprotected)
32	transportation vehicles
33	unloaded railroad cars
34	loaded boxcars, flatcars, full tank cars, and gondola cars (side-on orientation)
35	merchant shipping
36	telephone lines (transverse)
37	average deciduous forest stand

Figur 10. Beskrivning av byggnadstyper mm i figur 9.

Sammantaget antas att byggnader närmast vägen får allvarliga skador inom 125 m från explosionen. Bebyggelsen bakom skyddas i stor utsträckning av husen framför och antas inte få lika betydande skador.

Storleken av området längs vägen där husen rasar beräknas utifrån husens avstånd till vägen och Pythagoras sats.

Inom området där husen skadas allvarligt antas att husens raszon sträcker sig in mot ungefär halva huset och att det i raszonen omkommer cirka en tredjedel av de personer som vistas där (FOA 1997). Detta innebär att cirka en sjättedel av de boende inom detta område antas omkomma vid en explosion med sprängämnen.

Antalet omkomna beräknas utifrån antal i husraden närmast vägen, resultaten visas i *tabell 2*.

Skador utomhus

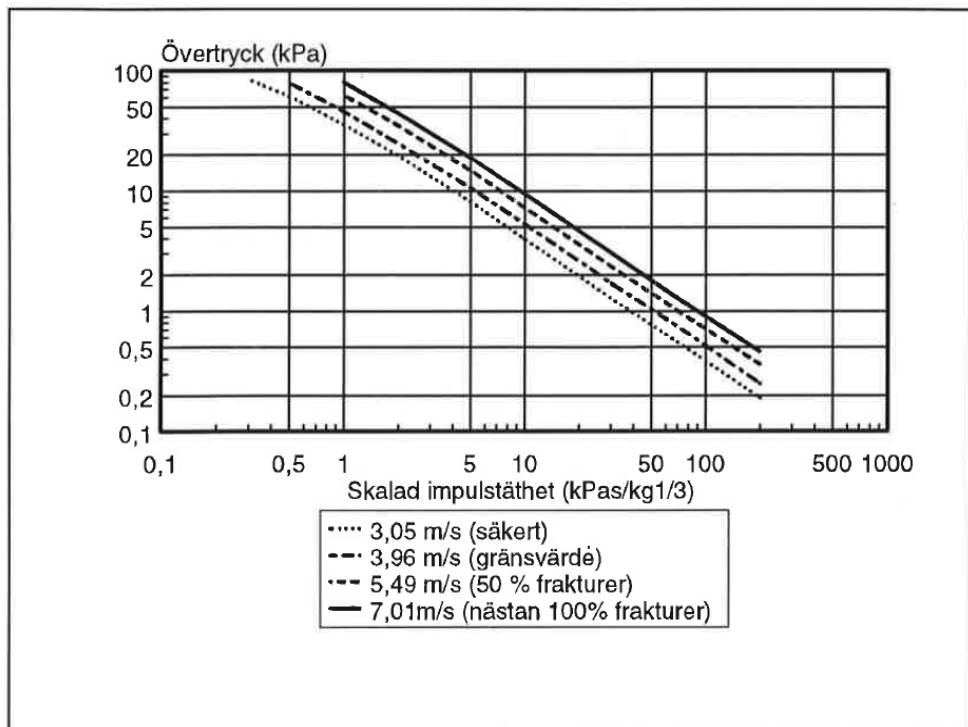
Direkta skador pga. tryck

Människan tål tryck relativt bra. Gränsen för lungskador anges vara ca 70 kPa, döda på grund av lungskador förväntas vid 180 kPa och 50 % omkomna vid 260 kPa. Detta innebär att inga omkomna förväntas pga. lungskador på ett avstånd på mer än 50 m från explosionen (FOA 1997).

Indirekta skador

Indirekta skador kan uppstå genom att någon kastas mot något hårt föremål av tryckvågen eller att personer träffas av nedfallande byggnadsdelar.

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skallskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 11* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 11. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid islag av huvudet (från FOA 1997).

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller spliter och vi antar därför att alla personer som befinner sig kring hus som förväntas rasera omkommer i explosionen.

En gynnsam omständighet som inte beaktats i detta scenario är att det kommer att ta tid innan en brand i ett fordon med sprängämnen sprider sig till lasten och ger upphov till en explosion. Under denna tidsperiod finns möjligheter att evakuera personer från området. Praktiska erfarenheter från olyckor med sprängämnen visar att evakueringen ofta har kunnat genomföras och lett till en reduktion av antalet omkomna.

Det här beskrivna scenariot ger därför konservativa värden för det förväntade antalet omkomna.

Individrisk

En person antas omkomma om han befinner sig i området kring den bebyggelse som kommer att rasa vid en massexplosion. Avståndet beror på avståndet mellan transportleden och husen och husens bredd, som default används 30 m för detta.

Sannolikheten beräknas med att explosionen måste ske på de 250 m av vägen som är närmast individen.

Samhällsrisk

Sannolikheten för en person att omkomma inomhus är 17 % i de hus som antas rasa vid massexlosionen, dvs de som ligger inom 125 m från olycksplatsen. Alla personer som befinner sig utomhus kring husen antas omkomma, se avsnittet om individrisk.

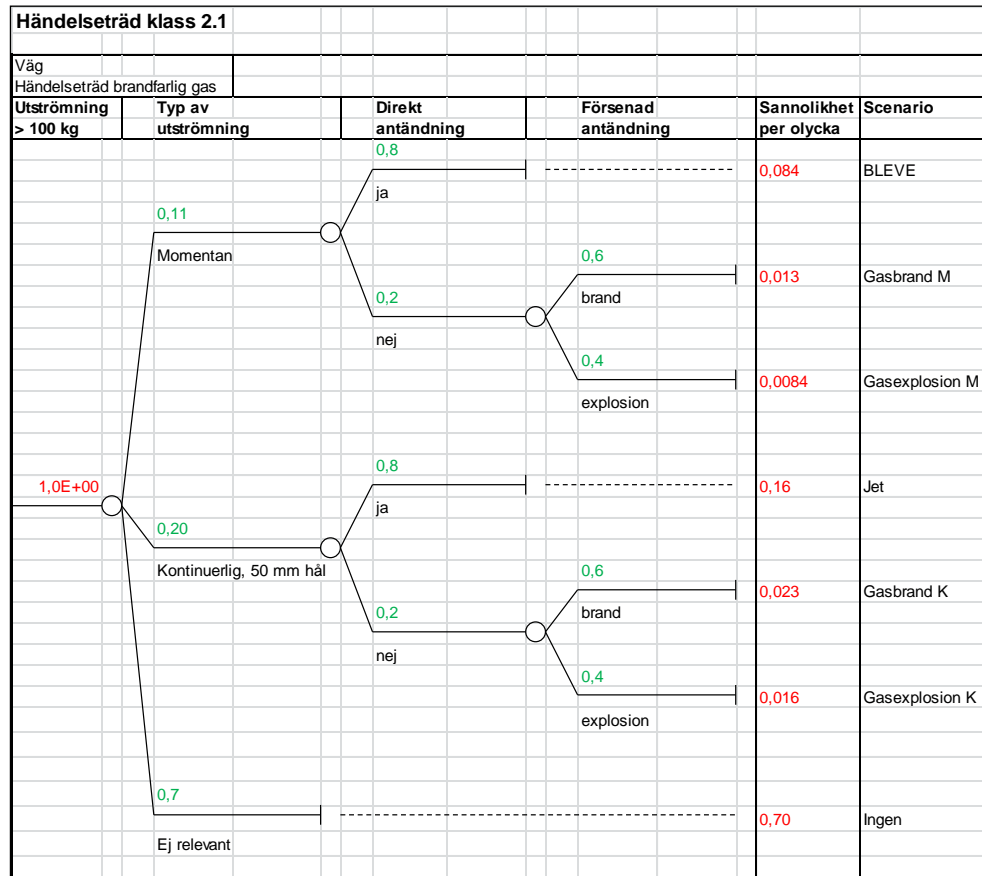
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med brandfarliga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

2.2.1 Scenario Jetflamma

I detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken på tankfordon med komprimerad brandfarlig gas. Gasen sprutar ut och antänds vilket leder till en låga som sträcker sig från olycksplatsen in mot området. Inom ett område av 45x74 m (längs vägen x in mot området) förväntas alla omkomma. Utomhus på grund av att människorna hamnar i eller nära lågan, inomhus då byggnaden fattar eld och brinner ner.

Av händelseträdet för brandfarliga gaser, *figur 12*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med 0,16.



Figur 12. Händelseträäd olycka med brandfarlig gas

Individrisk

Scenario Jetflamma antas leda till att oskyddade individer utomhus omkommer inom ett område på 45 m av leden i ledens riktning och som sträcker sig ca 74 m in i området.

En individ omkommer om olyckan sker på de närmaste 45 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 74 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inom ett område på 45 m längs vägen och 74 m in från vägen antas omkomma, såväl inomhus som utomhus.

2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, eller som en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion. Detta är scenario Gasbrand M respektive Gasexplosion M. För dessa scenarier spelar vindriktningen en mindre roll på grund av den stora mängden gas som expanderar och antänds snabbt. För scenario Gasbrand M antas gasmolnet ha sitt centrum på olycksplatsen och en storlek av 18 5x 185 m. Inom ett område av 185 x 93 m (längs vägen x in mot området) omkommer alla ute och inne. Effektområdet har valt med marginal så att det även tas hänsyn till att gasmolnet förflyttar sig i viss mån med vinden innan det antänds.

Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 10* och är lika med 0,013.

Individrisk

En individ omkommer vid detta scenario om han/hon befinner sig inom det brinnande molnet, dvs om olyckan händer inom 93 m från personen och om personen står på ett avstånd av mindre än 93 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inne i det brinnande gasmolnet antas omkomma, inne såväl som ute.

2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp

I detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken på samma sätt som i scenario Jetflamma. Den brandfarliga gasen antänds inte direkt men sprids med vinden mot olycksplatsen. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Molnets utsträckning är då 50 x 10 m i vindriktningen. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, scenario Gasbrand K, eller till en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion, detta är scenario Gasexplosion K.

Vid Scenario Gasbrand K antas alla som vistas i det brinnande molnet omkomma, såväl inomhus som utomhus.

Sannolikheten för Scenario Gasbrand K framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,023 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området, detta är scenario Gasbrand KT. Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasbrand KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individrisk

I scenario Gasbrand KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 10 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 50 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 50 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 5 m från leden.

Samhällsrisk

I scenario Gasbrand KT antas personer omkomma inom ett område med längd 10 m längs leden och bredd 50 m in från vägen.

I scenario Gasbrand KL antas personer omkomma inom ett område med längd 50 m längs leden och bredd 5 m in från vägen.

2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp

Detta är samma som scenario Gasbrand M, med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns explosionsartat. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar vid en gasexplosion inom ett område på 252 x 252 m, centrum för explosionen antas ligga på leden.

Sannolikheten för detta vid en olycka med utsläpp av brandfarliga gaser framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,0084 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Individrisk

I scenario Gasexplosion M omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 252 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 126 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inomhus eller utomhus inom ett område med längd 252 m längs leden och bredd 126 m från vägen antas omkomma. Inom ett område utanför detta område med längd 504 m och bredd 252 m antas 3 % av de som befinner sig inomhus omkomma.

2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerligt utsläpp

Dessa scenarier är detsamma som scenario Gasbrand KT och KL med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns snabbare vilket leder till en gasexplosion. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar i ett område av 66x66 m. Sannolikheten för detta är enligt händelseträdet i *figur 12* lika med 0,016 per olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området detta är scenario Gasexplosion KT. Centrum för explosionen antas då ligga 33 m från vägen så att hela effektområdet a ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas då ligga på vägen men mitt framför området. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individrisk

I scenario Gasexplosion KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 66 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 66 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 66 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 33 m från leden

Samhällsrisk

I scenario Gasexplosion KT antas personer inomhus och utomhus omkomma inom ett område med längd 66 m längs leden och bredd 66 m in från vägen.

I scenario Gasexplosion KL antas personer omkomma inom ett område med längd 66 m längs leden och bredd 33 m in från vägen inomhus och utomhus.

2.2.6 Scenario BLEVE

Vid en BLEVE havererar tanken brandfarlig gas, mestadels på grund av en brand i en annan del av fordonet, vilket leder till ett momentant utsläpp som antänds direkt. Detta kallas en BLEVE och leder till att personer omkommer inom ett område av 80x80m. BLEVE:ns centrum ligger på olycksplatsen. Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 10* och är lika med 0,084 vid en olycka.

Individrisk

En person antas omkomma inom ett område med längd 80 m längs vägen och bredd 40 m in från vägen.

Samhällsrisk

I scenario BLEVE antas personer omkomma inom ett område med längd 80 m längs leden och bredd 40 m in från vägen inomhus och utomhus.

2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med giftiga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *tidigare avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

Händelseträdet för scenarier med giftiga gaser framgår i *figur 13* nedan.

Händelseträäd klass 2.3			
Händelseträäd väg, gas			
Utströmning >100 kg	Utströmning	Sannolikhet per olycka	Scenario
	0,015 Momentant	0,015	Gasmoln M
1,0	0,20 Kontinuerligt 5 cm hål	0,20	Gasmoln K

Figur 13. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser

2.3.1 Scenario Gasmoln M

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. På grund av det snabba händelseförloppet bedöms vindriktningens spela mindre roll.

Effektområdena har dock anpassat för att ta hänsyn till spridning med vinden i olika riktningar. Storleken av effektområde 1 bedöms vara 70x70 m med centrum på olycksplatsen. Effektområde 2 har storlek 120x120 m.

Sannolikhet för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 13* och är lika med 0,015 per olycka med utsläpp.

Individrisk

En person har 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och 35 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 120 m av leden från där personen står och 60 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.

2.3.2 Scenario Gasmoln K

Vid detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken med ammoniakgas. En gasplym uppstår som rör sig i vindriktningen. Sannolikheten för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,20 per olycka med utsläpp.

Effektområde 1 har bredd 25 m och längd 135 m i vindriktningen. Effektområde 2 har bredd 75 m och längd 220 m i vindriktningen. Båda effektområden börjar vid olycksplatsen.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen till området, detta är scenario Gasmoln KT. Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasmoln KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individrisk

I scenario Gasmoln KT har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 25 m av leden från där personen står och 135 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 75 m av leden från där personen står och 220 m in från vägen.

I scenario Gasmoln KL har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 135 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 220 m av leden från där personen står och 38 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.

2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med mycket brandfarliga vätskor på har beräknats på samma sätt som i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

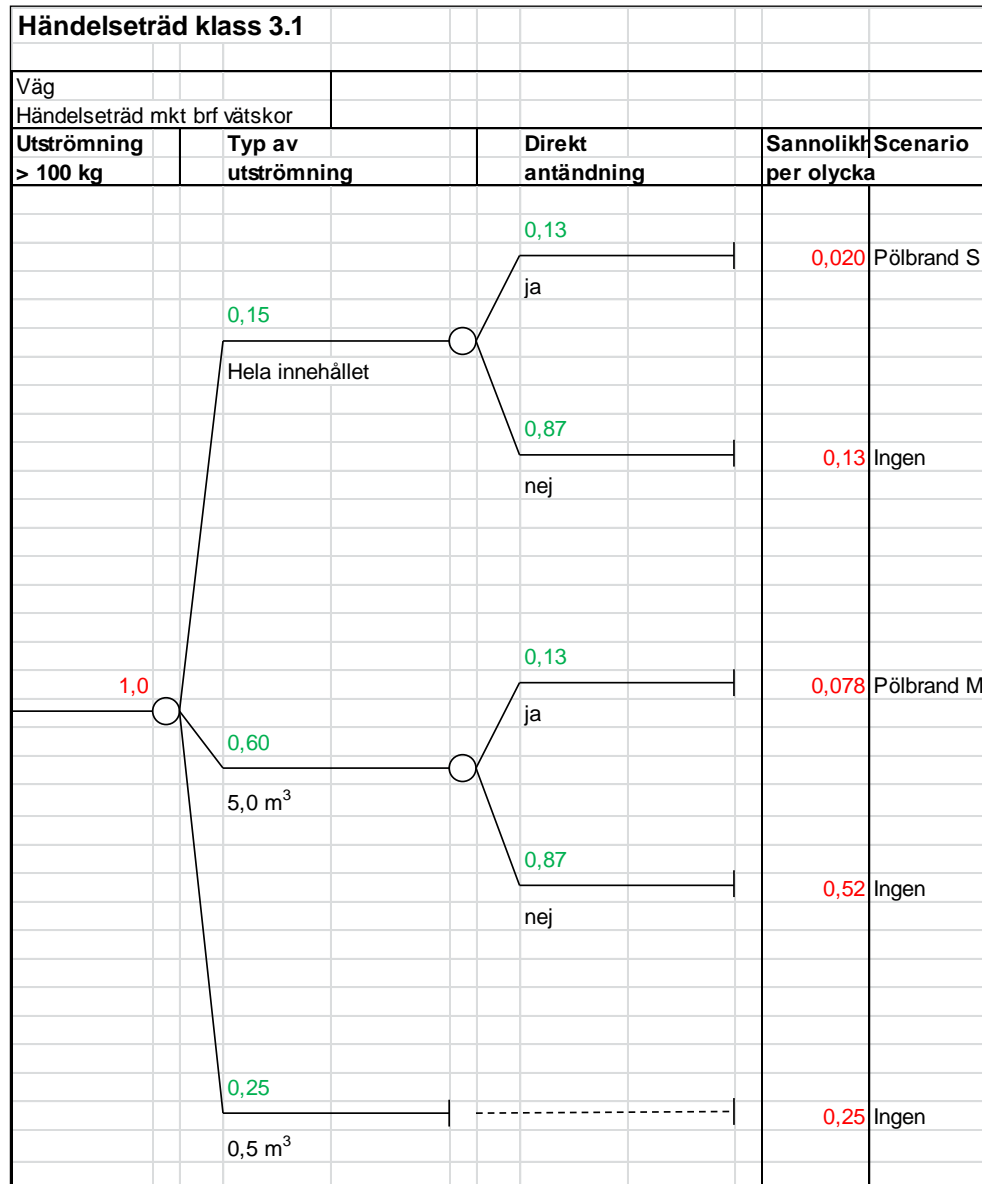
Händelseträdet för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 13* nedan.

2.4.1 Scenarier Pölbrand S och M

I scenario Pölbrand sker en olycka där tanken skadas och ett utsläpp sker av mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) som rinner ut till en pöl som sedan antänds. Värmestrålningen kan leda till att människor omkommer. Vid en stor pölbrand (Pölbrand S) antas personer inom ett område på 48x48 m omkomma, såväl inne som ute. Vid en mindre pölbrand (Pölbrand M) antas personer inom ett område på 25x25 m omkomma såväl inne som ute. Områdena antas centrerade kring olycksplatsen.

Sannolikhet

Sannolikheten för att ett utsläpp leder till scenario Pölbrand S (en pölbrand med en yta på 600 m²) är lika med 0,020 per olycka med utsläpp av mycket brandfarlig vätska. Sannolikheten för scenario Pölbrand M (en pölbrand med yta 300 m²) är lika med 0,078 per olycka med utsläpp. Se händelseträdet i *figur 14* nedan.



Figur 14 Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

Individrisk

I scenario Pölbrand S har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 48 m av leden från där personen står och 24 m in från vägen.

I scenario Pölbrand M har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 23 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom ett område med längd 48 m längs vägen och bredd 24 m in från vägen antas alla omkomma såväl inomhus som utomhus i scenarion Pölbrand S.

I scenario Pölbrand M antas alla utomhus och inomhus omkomma inom ett område med längd 25 m längs vägen och bredd 13 m in från vägen.

2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med oxiderande ämnen med risk för massexlosion har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 4*.

Händelseträdet för scenarier med oxiderande ämnen framgår i *figur 15* nedan.

2.5.1 Scenario Explosion S och M

I dessa scenariot har vi utgått från att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 16 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft då den blandningen som kommer att ske om båda ämnen rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

Konsekvenserna av dessa explosioner härleds på samma sätt som för massexplösiva ämnen i klass 1.

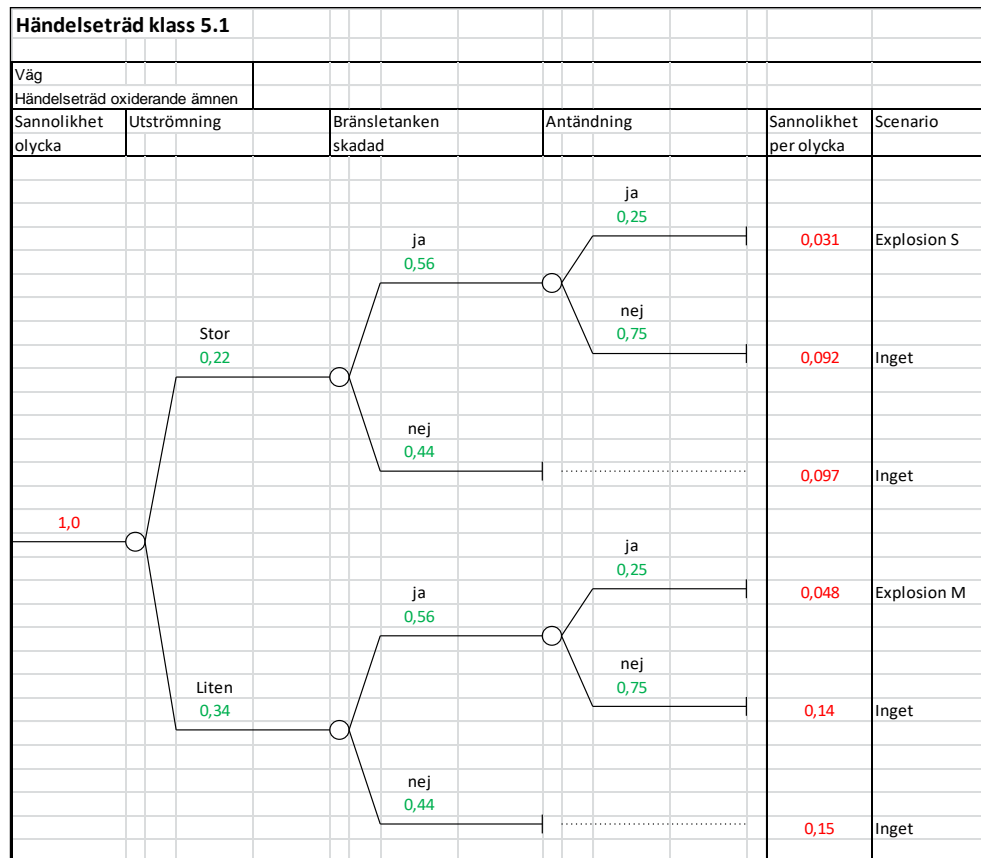
Sannolikhet

Sannolikheten för en olycka med dessa transporter per kilometer transportled framgår av *figur 3*.

För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med dieselolja och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Ett betydande utsläpp av oxiderande ämnen måste ske.
2. Utsläpp av dieselolja måste ske.
3. Blandningen måste antändas.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i *figur 15* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 15 Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

Konsekvenser

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt då en explosiv blandning endast kräver en mindre mängd brandfarlig vätska (ca 1 del brandfarlig vätska på 7 delar oxiderande ämne). Ett stort utsläpp av oxiderande ämnen ger scenario Explosion S, ett något mindre utsläpp ger scenario Explosion M.

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara desamma som för en explosion av 16 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk är således desamma som i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara hälften av konsekvenserna av en stor explosion.

3. Beräkningsresultat

I tabell 2a, 2b, 2c och 2d presenteras resultaten av riskberäkningarna för området som presenteras grafiskt av den blå kurvan i figurerna i kapitel 5 i rapporten.

Tabell 2a. Riskberäkningar för område A i förhållande till E20.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid								Riskutredning Sund och Hindsberg				2018-09-27	
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F _{scen} /år
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}		
1.	1,7E-06	Massexlosion	9,2E-09	240	80	0,17	1,00	-	-	-	-	2	9,7E-09
2.1	6,8E-06	Jet	1,1E-06	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	2	1,1E-06
		Gasbrand M	8,5E-08	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	17	8,9E-08
		Gasbrand KT	5,9E-08	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	6,2E-08
		Gasbrand KL	6,4E-08	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	6,8E-08
		Gasexplosion M	5,7E-08	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	43	6,0E-08
		Gasexplosion KT	3,9E-08	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	2	4,1E-08
		Gasexplosion KL	4,3E-08	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	4,5E-08
		Bleve	5,7E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	6,0E-07
2.3	4,4E-08	Giftig gasmoln M	4,6E-09	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	0	4,8E-09
		Giftig gasmoln KT	3,2E-09	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	2	3,3E-09
		Giftig gasmoln KL	3,4E-09	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	3,6E-09
3.	1,7E-04	Stor pölbrand	3,3E-06	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	3,5E-06
		Liten pölbrand	1,3E-05	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	1,4E-05
5.1	4,6E-06	Stor explosion	2,3E-08	104	72	0,17	1,00	-	-	-	-	1	2,4E-08
		Liten explosion	9,2E-08	55	57	0,17	1,00	-	-	-	-	0	9,7E-08

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid								Riskutredning Sund och Hindsberg				2018-09-27	
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F _{scen} /år
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}		
1.	7,2E-07	Massexlosion	3,9E-09	240	80	0,17	1,00	-	-	-	-	0	4,1E-09
2.1	2,9E-06	Jet	4,5E-07	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	0	4,7E-07
		Gasbrand M	3,7E-08	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	0	3,8E-08
		Gasbrand KT	2,5E-08	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,7E-08
		Gasbrand KL	2,8E-08	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,9E-08
		Gasexplosion M	2,4E-08	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,6E-08
		Gasexplosion KT	1,7E-08	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,8E-08
		Gasexplosion KL	1,8E-08	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,9E-08
		Bleve	2,4E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	2,6E-07
2.3	1,9E-08	Giftig gasmoln M	2,0E-09	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	0	2,1E-09
		Giftig gasmoln KT	1,4E-09	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	0	1,4E-09
		Giftig gasmoln KL	1,5E-09	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	1,6E-09
3.	7,2E-05	Stor pölbrand	1,4E-06	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,5E-06
		Liten pölbrand	5,6E-06	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	5,9E-06
5.1	2,0E-06	Stor explosion	9,9E-09	104	72	0,17	1,00	-	-	-	-	0	1,0E-08
		Liten explosion	4,0E-08	55	57	0,17	1,00	-	-	-	-	0	4,2E-08

Tabell 2b. Riskberäkningar för område B i förhållande till Sandbäcksvägen.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid				Riskutredning Sund och Hindsberg								2018-09-28	
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komma	F _{scen} /år
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}		
1.	2,3E-06	Massexplosion	1,2E-08	258	45	0,17	1,00	-	-	-	-	4	3,2E-09
2.1	3,2E-08	Jet	5,0E-09	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	33	7,5E-10
		Gasbrand M	4,1E-10	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	146	7,5E-11
		Gasbrand KT	2,6E-10	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	4	3,9E-11
		Gasbrand KL	1,7E-10	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,6E-11
		Gasexplosion M	2,7E-10	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	188	6,8E-11
		Gasexplosion KT	1,7E-10	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	42	2,6E-11
		Gasexplosion KL	1,1E-10	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	15	1,7E-11
		Bleve	2,7E-09	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	25	4,1E-10
2.3	5,1E-09	Giftig gasmoln M	5,3E-10	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	3	8,0E-11
		Giftig gasmoln KT	3,4E-10	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	5	5,1E-11
		Giftig gasmoln KL	2,3E-10	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	1	3,4E-11
3.	1,1E-05	Stor pölbrand	2,2E-07	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	5	3,3E-08
		Liten pölbrand	8,8E-07	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	1,3E-07
5.1	6,8E-08	Stor explosion	3,4E-10	141	45	0,17	1,00	-	-	-	-	3	5,2E-11
		Liten explosion	1,4E-09	110	45	0,17	1,00	-	-	-	-	3	2,1E-10
Sammanställning av beräkningsresultat nattetid				Riskutredning Sund och Hindsberg								2018-09-28	
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komma	F _{scen} /år
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}		
1.	9,7E-07	Massexplosion	5,3E-09	258	45	0,17	1,00	-	-	-	-	0	1,4E-09
2.1	1,4E-08	Jet	2,1E-09	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	0	3,2E-10
		Gasbrand M	1,7E-10	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	2	3,2E-11
		Gasbrand KT	1,1E-10	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,7E-11
		Gasbrand KL	7,4E-11	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,1E-11
		Gasexplosion M	1,2E-10	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	2	2,9E-11
		Gasexplosion KT	7,4E-11	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,1E-11
		Gasexplosion KL	4,9E-11	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	7,4E-12
		Bleve	1,2E-09	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	1,7E-10
2.3	2,2E-09	Giftig gasmoln M	2,3E-10	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	0	3,4E-11
		Giftig gasmoln KT	1,5E-10	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	0	2,2E-11
		Giftig gasmoln KL	9,7E-11	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	1,5E-11
3.	4,8E-06	Stor pölbrand	9,4E-08	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,4E-08
		Liten pölbrand	3,8E-07	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	5,7E-08
5.1	2,9E-08	Stor explosion	1,5E-10	141	45	0,17	1,00	-	-	-	-	0	2,2E-11
		Liten explosion	5,9E-10	110	45	0,17	1,00	-	-	-	-	0	8,9E-11

Tabell 2c. Riskberäkningar för område C i förhållande till E20.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid												Riskutredning Sund och Hindsberg		2018-09-27
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F _{scen} /år	
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}			
1.	1,7E-06	Massexpllosion	9,2E-09	240	80	0,17	1,00	-	-	-	-	5	2,2E-09	
2.1	6,8E-06	Jet	1,1E-06	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	4	1,8E-07	
		Gasbrand M	8,5E-08	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	28	1,6E-08	
		Gasbrand KT	8,4E-08	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,4E-08	
		Gasbrand KL	3,3E-08	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	5,7E-09	
		Gasexplosion M	5,7E-08	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	52	1,4E-08	
		Gasexplosion KT	5,6E-08	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	4	9,5E-09	
		Gasexplosion KL	2,2E-08	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	3,8E-09	
		Bleve	5,7E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	9,7E-08	
2.3	4,4E-08	Giftig gasmoln M	4,6E-09	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	0	7,8E-10	
		Giftig gasmoln KT	4,5E-09	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	3	7,6E-10	
		Giftig gasmoln KL	1,8E-09	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	3,0E-10	
3.	1,7E-04	Stor pölbrand	3,3E-06	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	5,6E-07	
		Liten pölbrand	1,3E-05	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	2,2E-06	
5.1	4,6E-06	Stor explosion	2,3E-08	104	72	0,17	1,00	-	-	-	-	3	3,9E-09	
		Liten explosion	9,2E-08	55	57	0,17	1,00	-	-	-	-	2	1,6E-08	

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid												Riskutredning Sund och Hindsberg		2018-09-27
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F _{scen} /år	
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}			
1.	7,2E-07	Massexpllosion	3,9E-09	240	80	0,17	1,00	-	-	-	-	1	9,5E-10	
2.1	2,9E-06	Jet	4,5E-07	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	1	7,7E-08	
		Gasbrand M	3,7E-08	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	8	6,8E-09	
		Gasbrand KT	3,6E-08	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	6,1E-09	
		Gasbrand KL	1,4E-08	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,4E-09	
		Gasexplosion M	2,4E-08	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	15	6,1E-09	
		Gasexplosion KT	2,4E-08	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	1	4,1E-09	
		Gasexplosion KL	9,5E-09	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,6E-09	
		Bleve	2,4E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	4,1E-08	
2.3	1,9E-08	Giftig gasmoln M	2,0E-09	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	0	3,3E-10	
		Giftig gasmoln KT	1,9E-09	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	1	3,3E-10	
		Giftig gasmoln KL	7,7E-10	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	1,3E-10	
3.	7,2E-05	Stor pölbrand	1,4E-06	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,4E-07	
		Liten pölbrand	5,6E-06	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	9,6E-07	
5.1	2,0E-06	Stor explosion	9,9E-09	104	72	0,17	1,00	-	-	-	-	1	1,7E-09	
		Liten explosion	4,0E-08	55	57	0,17	1,00	-	-	-	-	0	6,7E-09	

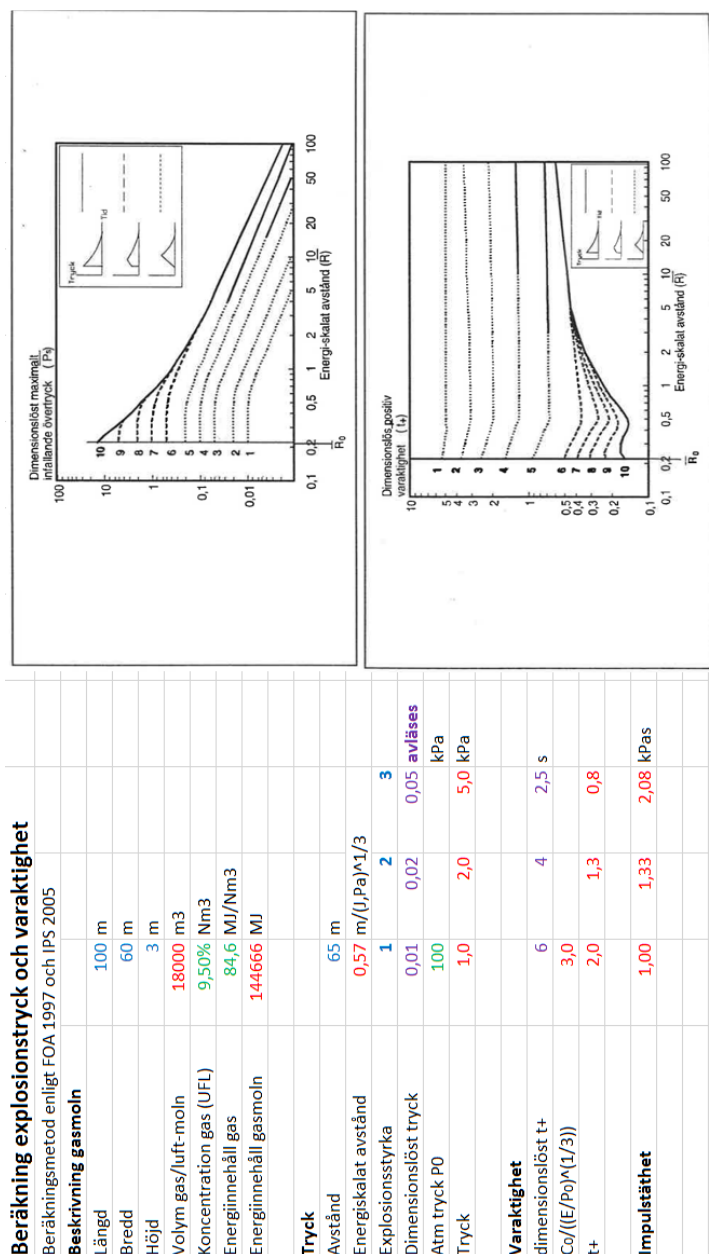
Tabell 2d. Riskberäkningar för område C i förhållande till Göteborgsvägen.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid												Riskutredning Sund och Hindsberg		2018-09-28
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F _{scen} /år	
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}			
1.	2,9E-06	Massexpllosion	1,6E-08	244	75	0,17	1,00	-	-	-	-	3	6,4E-09	
2.1	4,3E-08	Jet	6,7E-09	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	5	2,7E-09	
		Gasbrand M	5,4E-10	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	33	2,2E-10	
		Gasbrand KT	3,4E-10	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,4E-10	
		Gasbrand KL	2,3E-10	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	9,2E-11	
		Gasexplosion M	3,6E-10	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	80	1,4E-10	
		Gasexplosion KT	2,3E-10	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	5	9,2E-11	
		Gasexplosion KL	1,5E-10	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	6,1E-11	
		Bleve	3,6E-09	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	1,4E-09	
2.3	6,6E-09	Giftig gasmoln M	6,9E-10	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	1	2,8E-10	
		Giftig gasmoln KT	4,4E-10	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	3	1,8E-10	
		Giftig gasmoln KL	2,9E-10	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	1,2E-10	
3.	1,6E-05	Stor pölbrand	3,1E-07	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,2E-07	
		Liten pölbrand	1,2E-06	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	4,9E-07	
5.1	8,8E-08	Stor explosion	4,5E-10	112	72	0,17	1,00	-	-	-	-	1	1,8E-10	
		Liten explosion	1,8E-09	70	57	0,17	1,00	-	-	-	-	1	7,1E-10	

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid												Riskutredning Sund och Hindsberg		2018-09-28
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F _{scen} /år	
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}			
1.	1,3E-06	Massexpllosion	6,9E-09	244	75	0,17	1,00	-	-	-	-	1	2,8E-09	
2.1	1,8E-08	Jet	2,9E-09	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	1	1,1E-09	
		Gasbrand M	2,3E-10	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	10	9,2E-11	
		Gasbrand KT	1,5E-10	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	5,9E-11	
		Gasbrand KL	9,8E-11	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	3,9E-11	
		Gasexplosion M	1,5E-10	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	23	6,2E-11	
		Gasexplosion KT	9,8E-11	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	2	3,9E-11	
		Gasexplosion KL	6,5E-11	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,6E-11	
		Bleve	1,5E-09	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	6,2E-10	
2.3	2,8E-09	Giftig gasmoln M	3,0E-10	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	0	1,2E-10	
		Giftig gasmoln KT	1,9E-10	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	1	7,6E-11	
		Giftig gasmoln KL	1,3E-10	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	5,0E-11	
3.	6,7E-06	Stor pölbrand	1,3E-07	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	5,3E-08	
		Liten pölbrand	5,3E-07	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	2,1E-07	
5.1	3,8E-08	Stor explosion	1,9E-10	112	72	0,17	1,00	-	-	-	-	0	7,7E-11	
		Liten explosion	7,7E-10	70	57	0,17	1,00	-	-	-	-	0	3,1E-10	

4. Beräkning för gasexplosion

Beräkning av tryck, varaktighet och impulstäthet vid gasexplosion har genomförts enligt FOA (1997) och IPS (2005). ”Explosionsstyrkan ” som används i metoden har uppskattats till högst 2 utifrån IPS 2005 men för att inte underskatta risknivåerna utgås från explosionsstyrka 3. Detta ger ett infallande tryck på högst 5 kPa på bebyggelsen. Beräkningar och indata redovisas i *figur 16*.



Figur 16

Beräkning av tryck, varaktighet och impulstäthet vid gasexplosion

Enligt FOA (1997) är det reflekterande trycket för låga infallande tryck på under 10 kPa cirka dubbelt så stort.

5. Referenser

- EAI 1997 High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
- ERM 2008 SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects in a quantitative risk analysis for the road transport of cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
- FEMA 2008 Highway Vehicle Fires, Topic Fire Report Series Volume 9, Issue 1, FEMA September 2008
- FOA 1997 Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
- FOA 2000 Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
- NFPA 2010 National Fire Protection Association, US Vehicle Fire Trends and Patterns, June 2010
- PGS2 2005 Methods for the calculation of Physical Effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Committee for the Prevention of Disasters, 2005.
- PGS3 2005 Guidelines for quantitative risk assessment, Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Advisory Council in Dangerous Substances, 2005
- SRV 1996 Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Statens Räddningsverk, Risk- och miljöavdelningen 1996
- SRV 2005 Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005

- SRV 2007 Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstötståg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007
- USCB 2012 United States Census Bureau, Statistical Abstract of the United States: 2012
- Vägverket 2008 Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog Kap 6 Trafiksäkerhet, Vägverket publikation 2008:11

Bilaga 2 Riskberäkningar för transport av farligt gods på järnväg

Innehåll

1. Inledning	2
1.1 Beräkningsmetod	2
1.1.1 Inledning	2
1.1.2 Sannolikhetsberäkning.....	2
1.1.3 Konsekvenser	4
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar	5
2. Aktuella scenarierna	9
2.1 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1	9
2.1.1 Scenario Jetflamma	9
2.1.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp, Gasbrand M ...	12
2.1.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp, Gasbrand KT och KL	12
2.1.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, Gasexplosion M	13
2.1.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerlig utsläpp, Gasexplosion KT och KL	14
2.1.6 Scenario BLEVE	15
2.2 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3.....	15
2.2.1 Scenario Gasmoln M	17
2.2.2 Scenario Gasmoln K.....	17
2.3. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1.....	18
2.3.1 Scenarier Pölbrand S och M	20
3. Beräkningsresultat	22

1. Inledning

1.1 Beräkningsmetod

1.1.1 Inledning

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg.

1. Beräkning av sannolikhet för olyckor med olika ämnen
2. Beräkning av sannolikhet av olika scenarier utifrån händelseträäd
3. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
4. Sammanräkning av resultaten som individrisk och samhällsrisk

Alla beräkningar genomförs i excelblad. Dessa excelblad finns för insyn för myndigheterna och endast vissa utdrag publiceras här.

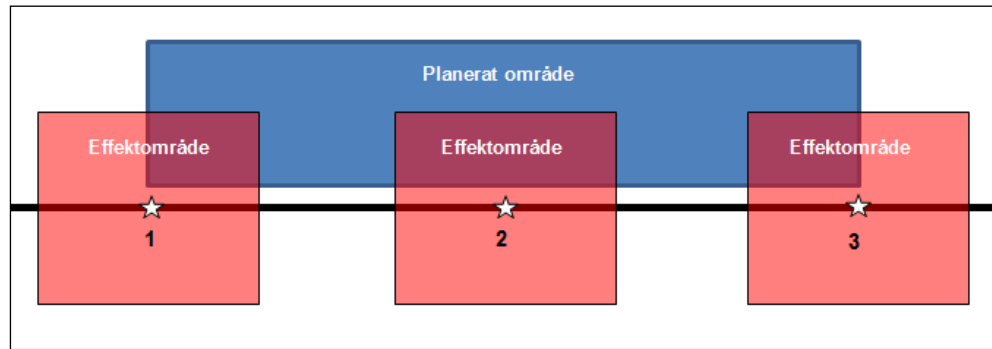
Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken (PGS2 2005) och Lila Boken (PGS3 2005). För klass 1.1 och klass 5.1 anges mera i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats.

1.1.2 Sannolikhetsberäkning

Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor på vägsträckan med antagandet en viss andel av olyckorna är singelolyckor och resten olyckor har två fordon inblandade. Uppgifterna om hur stor andel av olyckorna är singelolyckor fås från rapporten Farligt gods – Riskbedömning vid transport (SRV 1996).

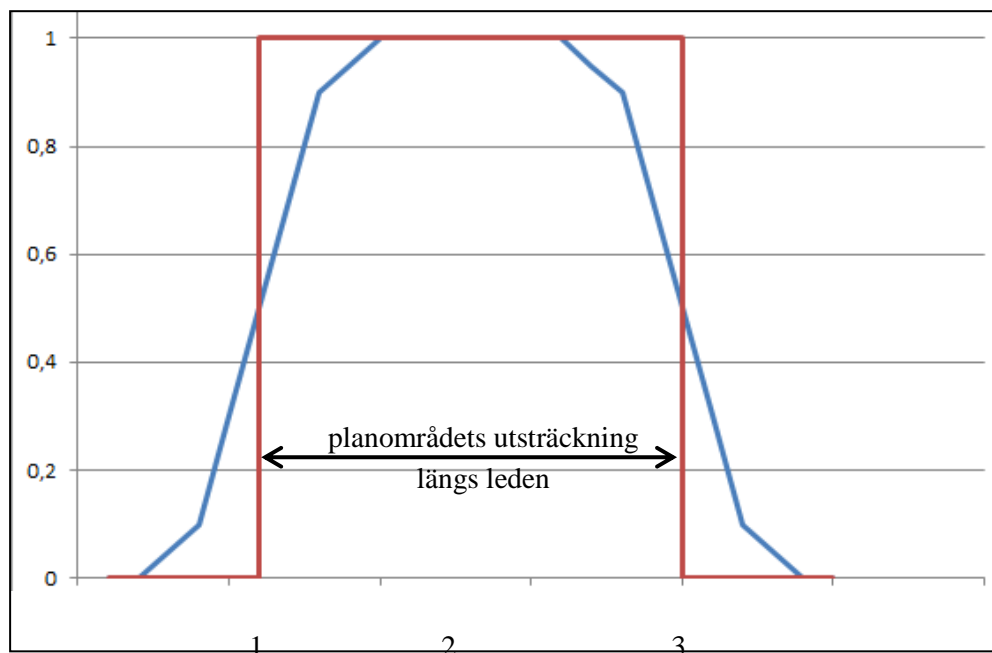
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 4*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

För samhällsrisk förklaras detta i *figur 1 till 3* nedan.



Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området..

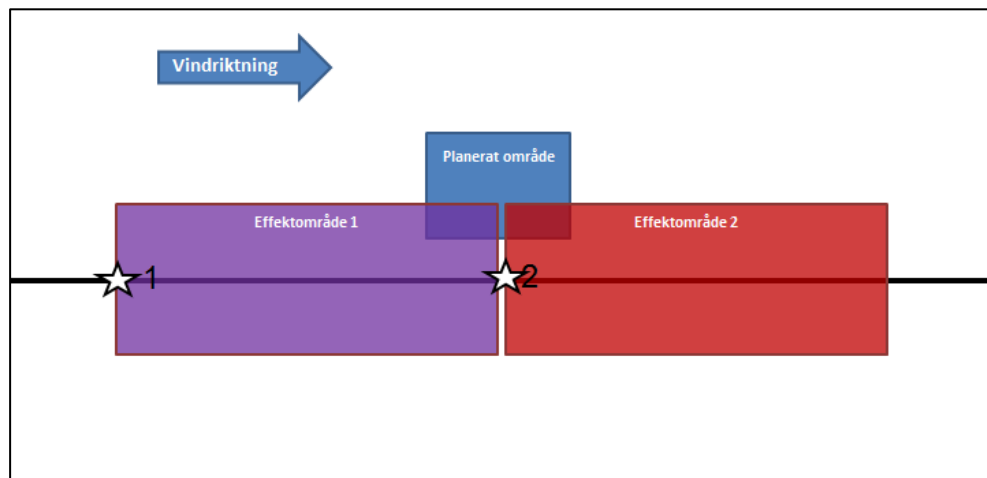
Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 2) för alla olyckslägen mellan 1 och 3. Olyckor utanför denna sträcka tas däremot inte med i beräkningen. Approximationen förtydligas i *figur 2* nedan.



Figur 2. Förenkling av effekten av olyckor med farligt gods.

Om effektområdets längd utmed leden är större än planområdets längd utmed leden så är det effektområdets längd som är utgångspunkten. Detta visas i *figur 3* som visar effektområdet för exempelvis ett gasmoln som blåses av vinden längs med

vägen. Om olyckan sker mellan läge 1 och läge 2 så antas området drabbas av effekten. Avståndet är lika med effektområdets utsträckning längs leden.



Figur 3. Två olika lägen (lila resp röda effektområdet) för en olycka med farligt gods (gas i detta fall) med effektområde större än det planerade området.

Vid individriskberäkningar bestäms sannolikheten för olyckor alltid av effektområdenas utsträckning längs leden.

Sannolikheten att en olycka leder till ett utsläpp av betydelse (>100 kg) för klass 2.1, 2.3, 3 och 5.1 har tagits från RBMII.

Händelseträden för klass 1.1 och klass 5.1 förklaras i nästa kapitel vid aktuella scenarier

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har tagits från RBMII. Programmet skiljer på sannolikheten för olika händelseförlopp beroende på om tågets hastighet är större eller mindre än 40 km/h. Därför presenteras två händelseträdd för var och en av klasserna 2.1, 2.3 och 3. Även i händelseträden för klass 1.1 och 5.1 används uppgifter från RBMII så även där presenteras händelseträdd för hastigheter större och mindre än 40 km/h.

1.1.3 Konsekvenser

Konsekvenserna beräknas med hjälp av effektområden för scenarier för ämnen i klass 2.2, 2.3 och 3. För ämnen i klass 1.1 och 5.1 används en något annorlunda metod som förklaras vid dessa scenarier.

Effektområden har tagits från den nederländska metoden RBMII som är föreskriven metod i Nederländerna vid denna sorts beräkningar. Effektområden har förenklats till att vara rektangulära. Storleken på dessa effektområden är generellt något större än på de effektområden som används i RBMII vilket leder till mera konservativa beräkningar.

I vissa fall finns det skäl att använda två effektområden i ett scenario. Detta är fallet då effekten av olyckan endast avklingar långsamt som exempelvis för olyckor med giftiga gaser i klass 2.3. För många scenarier avklingar effekten ganska snabbt från att alla omkommer till att nästan inga omkommer. I dessa fall används endast ett effektområde vars storlek har utökats för att även täcka de delar där endast en del av de närvarande omkommer.

Vindens påverkan tas med för de effekter som beror på vindriktningen. Alla vindriktningar mot området samlas till en vindriktning lodrätt från leden mot området. Vindriktningar längs leden beaktas också då vissa scenarier ger plymer längs leden som påverkar närmast leden.

Antalet omkomna i ett scenario beräknas utifrån ytan på området där scenariot påverkar, antal personer som befinner sig ute och inne inom detta område samt andelen av dessa som omkommer.

1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar

Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001). Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer och år för de olika klasser farligt gods framgår av *figur 4 och 5*. Transporter av gods på järnvägen sker i stor utsträckning på natten då det finns bättre utrymme på banan pga. färre persontransporter. Utifrån en undersökning av fördelningen av godstransporter på Västra Stambanan antas att 25 % av godset transporteras dagtid och 75 % nattetid.

I *figur 4 och 5* framgår också beräkningarna av persontäthet inom området och i husen närmast vägen.

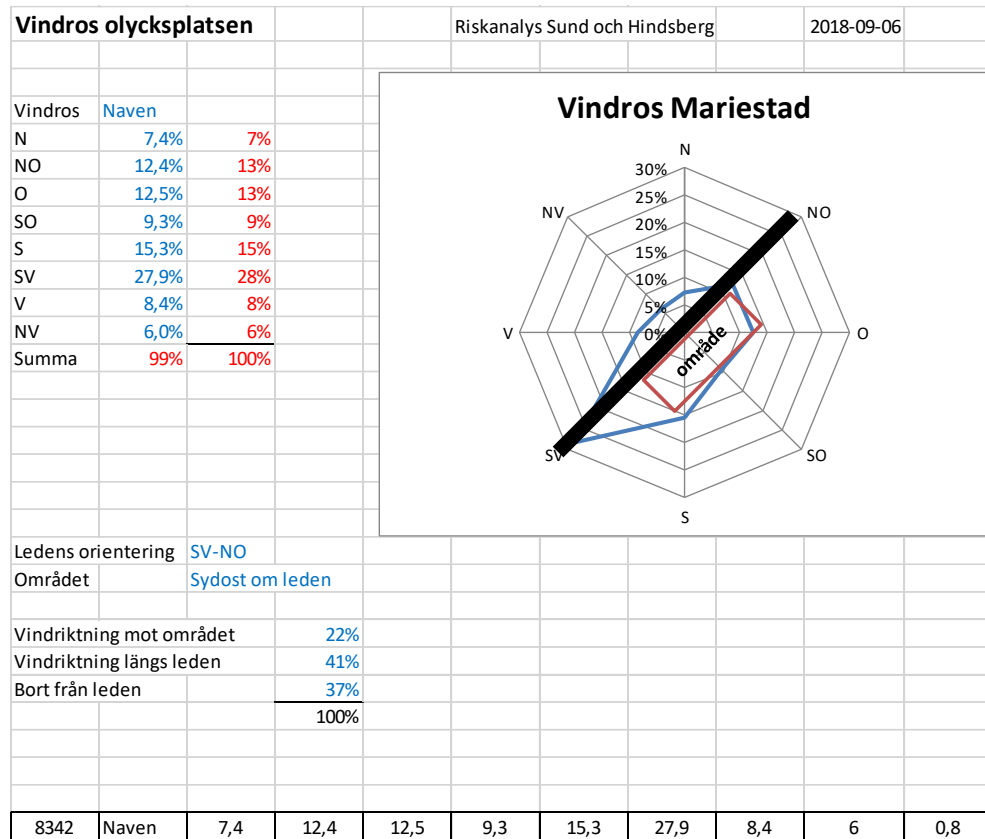
Ingångsdata 1(2)		Uppdragsnamn:	Riskanalys Sund och Hindsberg	2018-09-06	
Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5					
Ingångsdata					
Sträcka	1	km	Färgernas betydelse: Fylls i		
Vagnaxel/vagn	2,75		Standard		
Tåglängd	94	m	Beräknas		
Vagnlängd	20	m			
Godståg/dag	8				
Persontåg/dag	2				
Pendeltåg/dag	65				
Antal vagnar/tåg	4,7				
Antal tåg/dag	75				
Antal tåg/år	27375				
Antal tåg/v	526				
Antal växlar	0				
Plankorsn. bommar	2				
Plankorsn. ljus	0				
Plankorsn. Kryss	1				
Vagnaxelkm/år	3,5E+05				
Vagnkm	1,3E+05				
Beräkning olycksrisken					
		Intensitet		Frekvens	
Orsak	Parameter	Spårklass A	Spårkl. B o C	Spårklass A	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	1,0E-10	1,8E-05	3,5E-05
Solkurva	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	1,4E-04	1,4E-04
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09	0,0E+00	0,0E+00
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09	1,1E-03	1,1E-03
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	1,4E-04	1,4E-04
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager	5,0E-08	5,0E-08	2,7E-03	2,7E-03
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager	1,5E-08	1,5E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager	2,0E-08	2,0E-08	5,5E-04	5,5E-04
Annan/okänd	Tågkm	2,0E-07	2,0E-07	5,4E-03	5,4E-03
Summa	Olyckor per år/km			1,0E-02	1,0E-02
Antal tågkm/år				2,7E+04	2,7E+04
Olyckor per tågkm, år				3,7E-07	3,8E-07
Antal vagnkm/år				1,3E+05	1,3E+05
Olyckor per vagnkm, år				7,9E-08	8,0E-08

Figur 4. Ingångsvärden för riskberäkningarna del 1.

Ingångsdata 2(2)		Riskanalys Sund och Hindsberg		2018-09-06	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid					
	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km ,år	antal vagnar natt/år	olycksrisk natt/km,år
Klass 1, massexplisiv	0,0	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
Klass 2.1	40	10,0	7,9E-07	30,0	2,4E-06
Klass 2.3	20	5,0	3,9E-07	15,0	1,2E-06
Klass 3, bensen	40	10,0	7,9E-07	30,0	2,4E-06
Klass 5.1, explosionsrisk	20	5,0	3,9E-07	15,0	1,2E-06
Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg					
antal godståg	2920				
andel m bensinvagnar	1%				
Områdesinfo					
Områdets storlek					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd le	75	75	m		
Planområdets bredd	400	520	m		
Planområdets längd	170	280	m		
Befolkningstäthet					
	Dag				
	Inne	Ute			
Befolkning inne +ute			personer		
Andel inne/ute	93%	7%			
Befolkning	241,0	21,0	personer		
Befolkningstäthet	3,5E-03	1,4E-04	pers/m2		
	Natt				
	Inne	Ute			
Befolkning inne +ute			personer		
Andel inne/ute	99%	1%			
Befolkning	68,0	8,0	personer		
Befolkningstäthet	1,0E-03	5,5E-05	pers/m2		
	Dag	Natt			
Antal personer första raden totalt	24	7			
	Dag				
	Inne	Ute			
Andel i %	93%	7%			
Antal personer 1:a rad	22,4	1,7			
	Natt				
	Inne	Ute			
Andel i %	99%	1%			
Antal personer 1:a rad	6,7	0,1			

Figur 5. Ingångsvärden för riskberäkningarna del 2.

I figur 6 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår.



Figur 6. Vindros för Mariestad.

2. Aktuella scenarierna

Här ges en generell beskrivning av scenarierna som kan leda till betydande konsekvenser för området utifrån de klasser farligt gods som kan komma att transporteras, *se rapporten*.

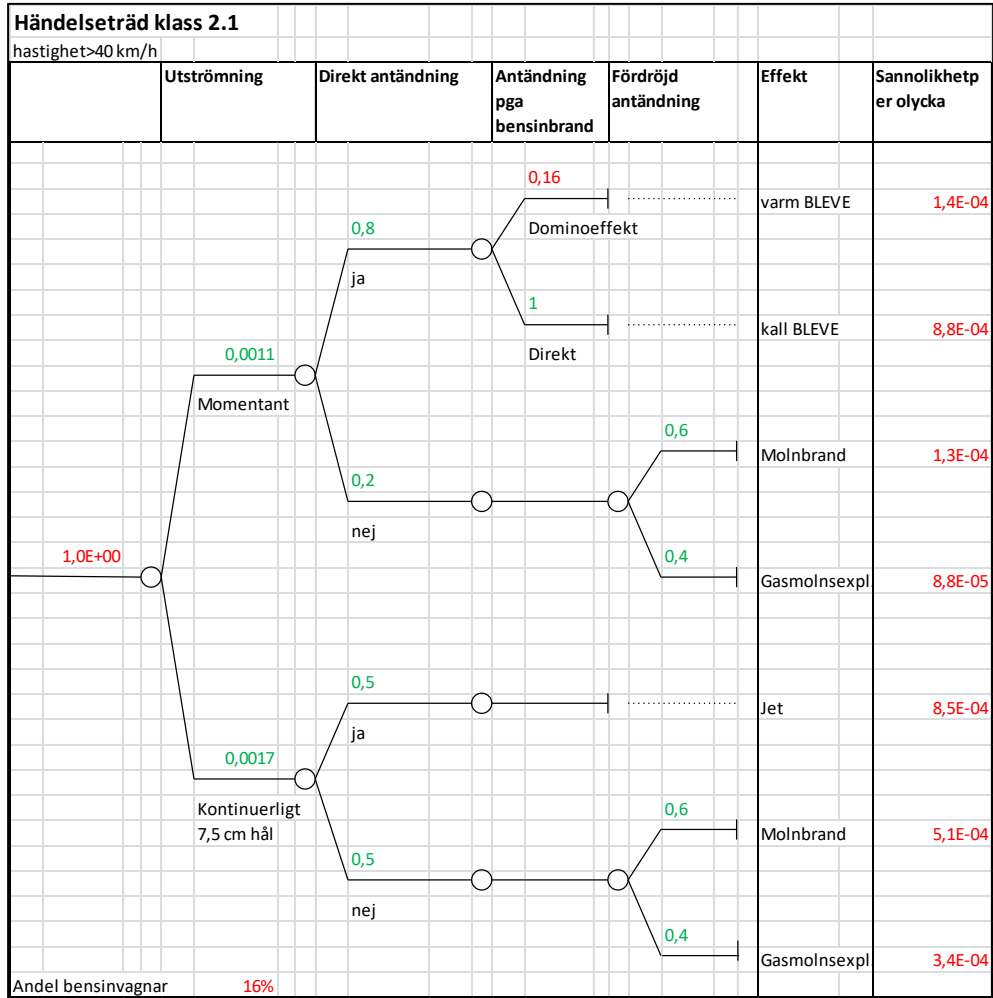
2.1 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med brandfarliga gaser per kilometer järnväg har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 4*.

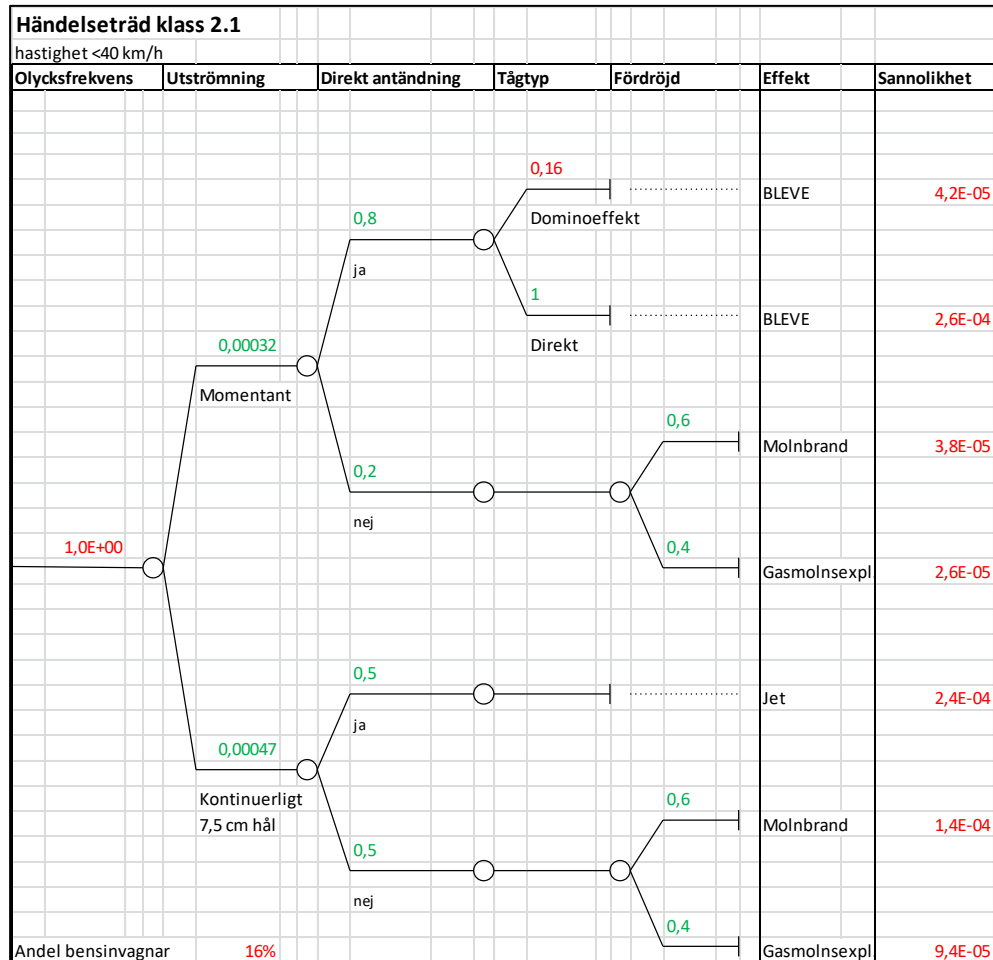
2.1.1 Scenario Jetflamma

I detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken på tankvagnen med komprimerad brandfarlig gas. Gasen sprutar ut och antänds vilket leder till en låga som sträcker sig från olycksplatsen in mot området. Inom ett område av 70x90 m (längs vägen x in mot området) förväntas alla omkomma. Utomhus på grund av att människorna hamnar i eller nära lågan, inomhus då byggnaden fattar eld och brinner ner.

Av händelseträden för brandfarliga gaser, *figur 7 och 8*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med $8,5 \times 10^{-4}$ vid tåghastigheter över 40 km/h och $2,4 \times 10^{-4}$ vid lägre hastigheter.



Figur 7. Händelseträäd olycka med brandfarlig gas, tåghastighet över 40 km/h



Figur 8. Händelseträäd olycka med brandfarlig gas, tåghastighet under 40 km/h

Individrisk

En individ omkommer om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 90 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inom ett område på 70 m längs vägen och 90 m in från vägen antas omkomma, såväl inomhus som utomhus. Sannolikheten är enligt händelseträdet i figur 8 lika med 0,16 per olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

2.1.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp, Gasbrand M

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, eller som en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion. Detta är scenario Gasbrand M respektive Gasexplosion M. För dessa scenarier spelar vindriktningen en mindre roll på grund av den stora mängden gas som expanderar och antänds snabbt. För scenario Gasbrand M antas gasmolnet ha sitt centrum på olycksplatsen och en storlek av 260x260 m. Inom ett område av 260x130 m (längs vägen x in mot området) omkommer alla ute och inne. Effektområdet har valt med marginal så att det även tas hänsyn till att gasmolnet förflyttar sig i viss mån med vinden innan det antänds.

Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 7 och 8* och är lika med $1,3 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $3,8 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Individrisk

En individ omkommer vid detta scenario om han/hon befinner sig inom det brinnande molnet, dvs om olyckan händer inom 260 m från personen och om personen står på ett avstånd av mindre än 130 m från järnvägen.

Samhällsrisk

Personer som vistas inne i det brinnande gasmolnet antas omkomma, inne såväl som ute.

2.1.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp, Gasbrand KT och KL

I detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken på samma sätt som i scenario Jetflamma. Den brandfarliga gasen antänds inte direkt men sprids med vinden från olycksplatsen. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Molnets utsträckning är då 70x10 m i vindriktningen. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, scenario Gasbrand K, eller till en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion, detta är scenario Gasexplosion K.

Vid Scenario Gasbrand K antas alla som vistas i det brinnande molnet omkomma, såväl inomhus som utomhus.

Sannolikheten för Scenario Gasbrand K vid en olycka framgår av händelseträdet i *figur 7 och 8* och är lika med $5,1 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $1,4 \times 10^{-4}$ en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området, detta är scenario Gasbrand KT. Blåser vinden i banans riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasbrand KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individerisk

I scenario Gasbrand KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 10 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 70 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 5 m från leden

Samhällsrisk

I scenario Gasbrand KT antas personer omkomma inom ett område med längd 10 m längs leden och bredd 70 m in från vägen.

I scenario Gasbrand KL antas personer omkomma inom ett område med längd 70 m längs leden och bredd 5 m in från vägen.

2.1.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, Gasexplosion M

Detta är samma som scenario Gasbrand M, med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns explosionsartat. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar vid en gasexplosion inom ett område på 330 x 330 m, centrum för explosionen antas ligga på leden.

Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med en tågagn med brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 7 och 8* och är lika med $8,8 \times 10^{-5}$ för tågastigheter över 40 km/h och $2,6 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Individerisk

I scenario Gasexplosion M omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 330 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 165 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inomhus eller utomhus inom ett område med längd 330 m längs leden och bredd 165 m från vägen antas omkomma. Inom ett område utanför detta område med längd 650 m och bredd 325 m antas 3 % av de som befinner sig inomhus omkomma.

2.1.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerlig utsläpp, Gasexplosion KT och KL

Dessa scenarier är detsamma som scenario Gasbrand KT och KL med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns snabbare vilket leder till en gasexplosion. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar i ett område av 95x95 m. Sannolikheten för detta per olycka med en tankvagn med brandfarlig gas är enligt händelseträden i *figur 7 och 8* lika med $3,4 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $9,4 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området detta är scenario Gasexplosion KT. Centrum för explosionen antas då ligga 48 m från järnvägen så att hela effektområdet a ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i banans riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas då ligga på banan men mitt framför området. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individerisk

I scenario Gasexplosion KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 95 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 95 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 98 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 48 m från leden

Samhällsrisk

I scenario Gasexplosion KT antas personer inomhus och utomhus omkomma inom ett område med längd 95 m längs leden och bredd 95 m in från vägen.

I scenario Gasexplosion KL antas personer omkomma inom ett område med längd 95 m längs leden och bredd 48 m in från vägen inomhus och utomhus.

2.1.6 Scenario BLEVE

Vid en BLEVE havererar tanken brandfarligt gas vilket leder till ett momentant utsläpp som antänds direkt. Detta kallas en BLEVE. Orsaken kan vara krafterna vid själva olyckan eller att en brand har uppstått som leder till att tanken hettas upp tills trycket blir så stort att den exploderar. En BLEVE leder till att personer omkommer inom ett område av 140x140 m. BLEVE:ns centrum ligger på olycksplatsen. Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med en tankvagn för brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 7 och 8* och är lika med $(1,4+8,8) \times 10^{-4} = 1,0 \times 10^{-3}$ vid tåghastigheter över 40 km/h. vid hastigheter under 40 km/h är sannolikheten lika med $3,0 \times 10^{-4}$.

Individrisk

En person omkomma inom ett område med längd 140 m längs leden och bredd 70 m in från vägen.

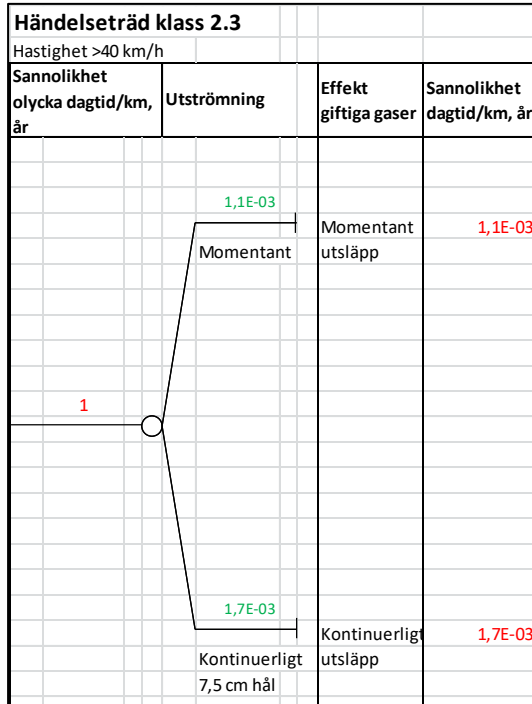
Samhällsrisk

I scenario BLEVE antas personer omkomma inom ett område med längd 140m längs leden och bredd 70 m in från vägen inomhus och utomhus.

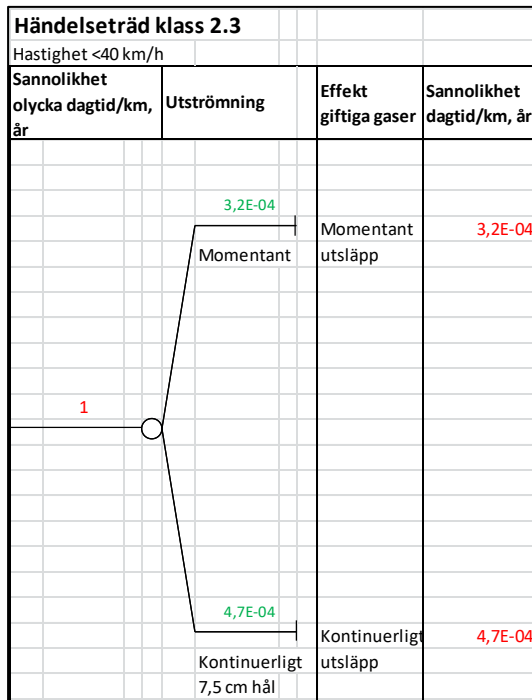
2.2 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med giftiga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *tidigare avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 5*.

Händelseträden för scenarier med giftiga gaser framgår i *figur 9 och 10* nedan.



Figur 9. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser, tåghastigheter över 40 km/h



Figur 10. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser, tåghastigheter under 40 km/h

2.2.1 Scenario Gasmoln M

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. På grund av det snabba händelseförloppet bedöms vindriktningens spela mindre roll. Effektområdena har dock anpassat för att ta hänsyn till spridning med vinden i olika riktningar. Storleken av effektområde 1 bedöms vara 100x100 m med centrum på olycksplatsen. Effektområde 2 har storlek 114x114 m.

Sannolikhet för scenariot per olycka framgår av händelseträdet i *figur 9 och 10* och är lika med $1,1 \times 10^{-3}$ vid tågastigheter över 40 km/h och $3,2 \times 10^{-4}$ vid lägre hastigheter.

Individrisk

En person har 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 100 m av järnvägen från där personen står och 50 m in från banan. En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 114 m av järnvägen från där personen står och 57 m in från banan.

Samhällsrisk

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.

2.2.2 Scenario Gasmoln K

Vid detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken med giftig gas. En gasplym uppstår som rör sig i vindriktningen. Sannolikheten per olycka för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 9 och 10* och är lika med $1,7 \times 10^{-3}$ vid hastigheter över 40 km/h och $4,7 \times 10^{-4}$ vid lägre hastigheter.

Effektområde 1 har bredd 36 m och längd 240 m i vindriktningen. Effektområde 2 har bredd 121 m och längd 374 m i vindriktningen. Båda effektområden börjar vid olycksplatsen.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen till området, detta är scenario Gasmoln KT. Blåser vinden i järnvägens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasmoln KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individrisk

I scenario Gasmoln KT har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 36 m av leden från där personen står och 240 m in från vägen.

En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 121 m av leden från där personen står och 374 m in från vägen.

I scenario Gasmoln KL har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 240 m av leden från där personen står och 18 m in från vägen.

En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 374 m av leden från där personen står och 61 m in från banan.

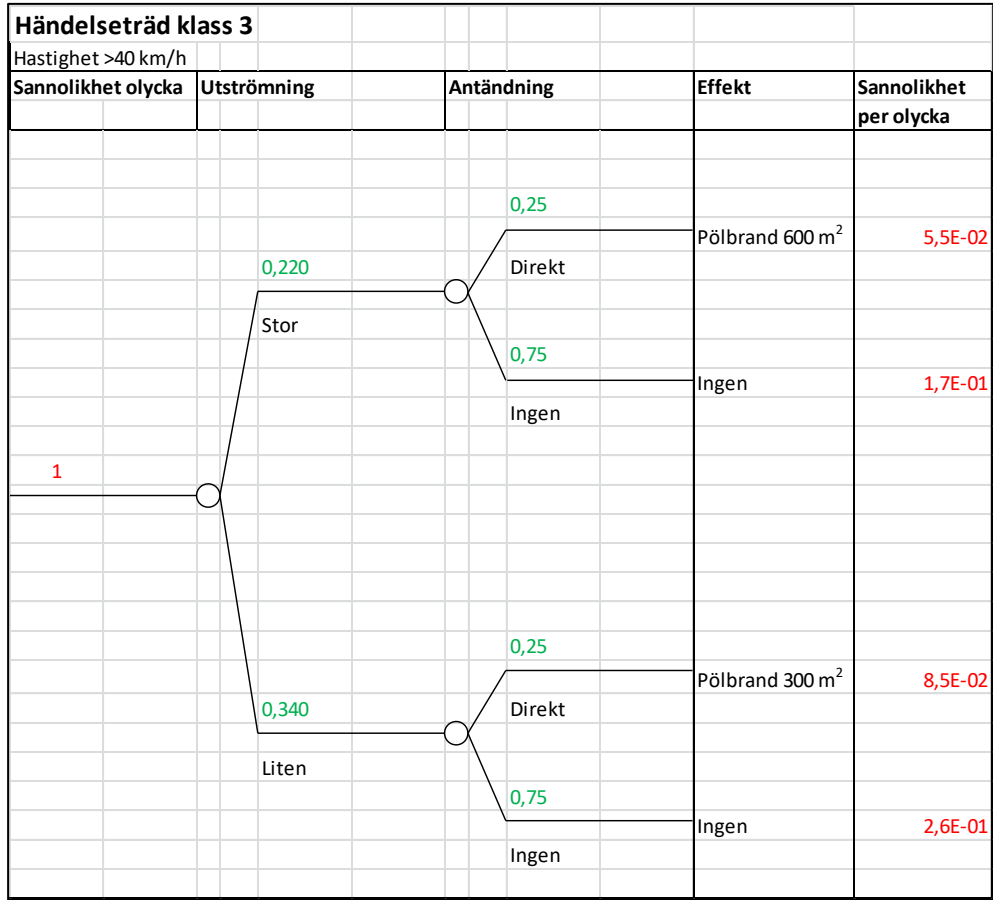
Samhällsrisk

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.

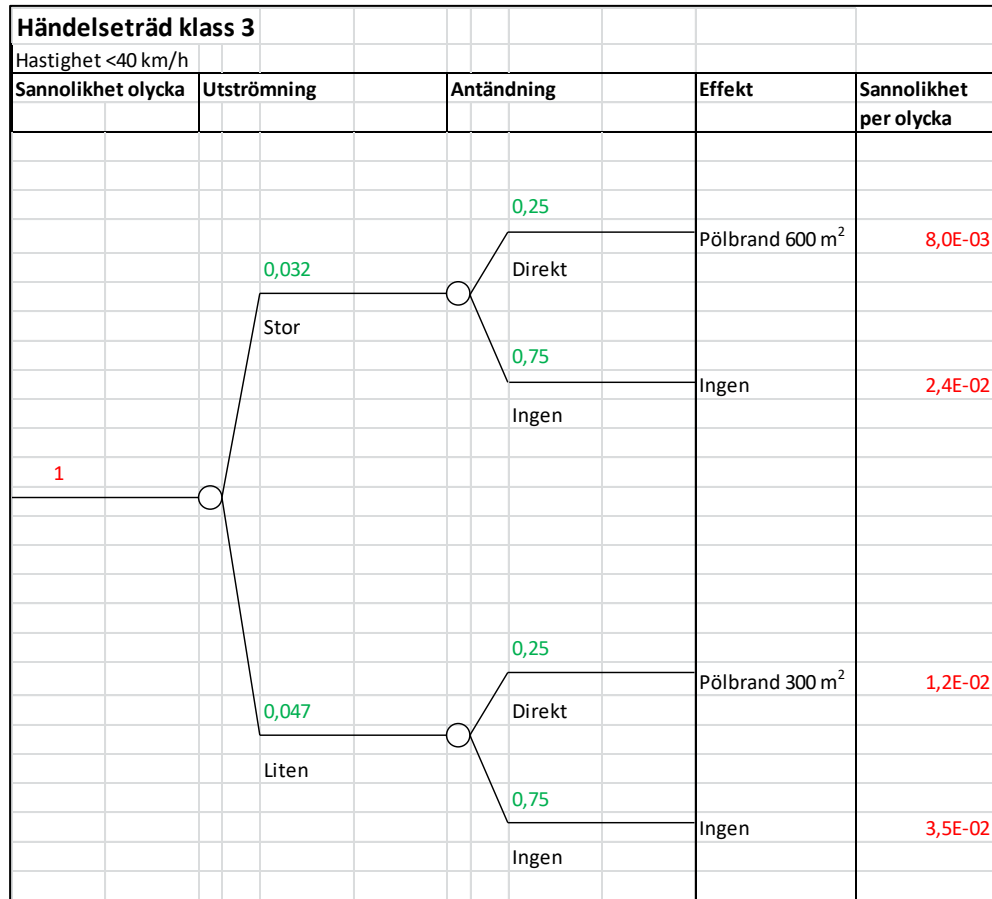
2.3. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med mycket brandfarliga vätskor på har beräknats på samma sätt som i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 5*.

Händelseträden för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 11 och 12* nedan.



Figur 11 Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3. Tåghastighet > 40 km/h



Figur 12 Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.
Tåghastighet < 40 km/h

2.3.1 Scenarier Pölbrand S och M

I scenario Pölbrand sker en olycka där tanken skadas och ett utsläpp sker av mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) som rinner ut till en pöl som sedan antänds. Värmestrålningen kan leda till att människor omkommer. Vid en stor pölbrand med en yta på 600 m² (Pölbrand S) antas personer inom ett område på 30x30m omkomma, såväl inne som ute. Vid en mindre pölbrand (Pölbrand M) antas personer inom ett område på 26x26 m omkomma såväl inne som ute. Områdena antas centrerade kring olycksplatsen.

Sannolikhet

Sannolikheten för scenario Pölbrand S vid en olycka med en tankvagn med mycket brandfarlig vätska är lika med $5,5 \times 10^{-2}$ vid hastigheter över 40 km/h och $8,5 \times 10^{-2}$ vid hastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för scenario Pölbrand M vid en olycka med en tankvagn med mycket brandfarlig vätska är lika med $8,5 \times 10^{-2}$ vid hastigheter över 40 km/h och $1,2 \times 10^{-2}$ vid hastigheter under 40 km/h.

Individrisk

I scenario Pölbrand S har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 30 m av järnvägen från där personen står och 15 m in från banan.

I scenario Pölbrand M har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 26 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom ett område med längd 30 m längs vägen och bredd 15 m in från vägen antas alla omkomma såväl inomhus som utomhus i scenarion Pölbrand S.

I scenario Pölbrand M antas alla utomhus och inomhus omkomma inom ett område med längd 26 m längs vägen och bredd 13 m in från vägen.

3. Beräkningsresultat

Här presenteras beräkningsresultaten som även presenteras i figurerna i rapporten.

Tabell 1 visar beräkningsresultatet för figur 19 i rapporten.

Tabell 1 Beräkningsresultat för område C, Kinnekullebanan.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid								Riskanalys Sund och Hindsberg				2018-09-06	
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				F _{scen} /år	Om-komna
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}		
1.	0,0E+00	Massexplosion	0,0E+00	264	105	0,17	1,00	-	-	-	-	0	5,3
2.1	7,9E-07	Jet	6,7E-10	70	90	1,00	1,00	70	90	0,00	0,10	1,1E-10	3,9
		Gasbrand M	1,0E-10	260	130	1,00	1,00	-	-	-	-	2,7E-11	35,2
		Gasbrand KT	1,5E-11	10	70	1,00	1,00	-	-	-	-	1,5E-11	0,0
		Gasbrand KL	2,8E-11	70	5	1,00	1,00	-	-	-	-	2,8E-11	0,0
		Gasexplosion M	1,0E-10	330	165	1,00	1,00	-	-	-	-	2,3E-11	60,3
		Gasexplosion KT	1,0E-11	95	95	1,00	1,00	-	-	-	-	1,0E-11	8,4
		Gasexplosion KL	1,8E-11	95	47	1,00	1,00	-	-	-	-	1,8E-11	0,3
		Bleve	7,0E-10	140	70	1,00	1,00	210	105	0,00	0,07	1,2E-10	0,1
2.3	3,9E-07	Giftig gasmoln M	4,3E-10	100	50	0,10	1,00	114	57	0,03	0,30	7,4E-11	0,0
		Giftig gasmoln KT	2,5E-11	36	240	0,10	1,00	121	374	0,03	0,30	2,5E-11	7,5
		Giftig gasmoln KL	6,5E-11	240	18	0,10	1,00	374	61	0,03	0,30	6,5E-11	0,0
3.	7,9E-07	Stor pölbrand	4,3E-08	30	15	1,00	1,00	-	-	-	-	7,4E-09	0,0
		Liten pölbrand	6,7E-08	26	13	1,00	1,00	30	15	0,00	0,04	1,1E-08	0,0
5.1	3,9E-07	Stor explosion	2,8E-12	264	105	0,17	1,00	-	-	-	-	7,5E-13	5,3
		Liten explosion	4,4E-12	190	105	0,17	1,00	-	-	-	-	8,3E-13	4,9

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid								Riskanalys Sund och Hindsberg				2018-09-06	
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				F _{scen} /år	Om-komna
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}		
1.	0,0E+00	Massexplosion	0,0E+00	264	105	0,17	1,00	-	-	-	-	0	1,2
2.1	2,4E-06	Jet	2,0E-09	70	90	1,00	1,00	70	90	0,00	0,10	3,4E-10	1,1
		Gasbrand M	3,1E-10	260	130	1,00	1,00	-	-	-	-	8,1E-11	10,1
		Gasbrand KT	4,5E-11	10	70	1,00	1,00	-	-	-	-	4,5E-11	0,0
		Gasbrand KL	8,3E-11	70	5	1,00	1,00	-	-	-	-	8,3E-11	0,0
		Gasexplosion M	2,1E-10	330	165	1,00	1,00	-	-	-	-	6,9E-11	17,4
		Gasexplosion KT	3,0E-11	95	95	1,00	1,00	-	-	-	-	3,0E-11	2,4
		Gasexplosion KL	5,5E-11	95	47	1,00	1,00	-	-	-	-	5,5E-11	0,1
		Bleve	2,1E-09	140	70	1,00	1,00	210	105	0,00	0,07	3,6E-10	0,0
2.3	1,2E-06	Giftig gasmoln M	1,3E-09	100	50	0,10	1,00	114	57	0,03	0,30	2,2E-10	0,0
		Giftig gasmoln KT	7,5E-11	36	240	0,10	1,00	121	374	0,03	0,30	7,5E-11	2,3
		Giftig gasmoln KL	2E-10	240	18	0,10	1,00	374	61	0,03	0,30	2,0E-10	0,0
3.	2,4E-06	Stor pölbrand	1,3E-07	30	15	1,00	1,00	-	-	-	-	7,4E-09	0,0
		Liten pölbrand	2,0E-07	26	13	1,00	1,00	30	15	0,00	0,04	3,4E-08	0,0
5.1	1,2E-06	Stor explosion	8,5E-12	264	105	0,17	1,00	-	-	-	-	2,2E-12	1,2
		Liten explosion	1,3E-11	190	105	0,17	1,00	-	-	-	-	2,5E-12	1,2

4. Referenser

- Banverket 2001 Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5m 2001-10-22
- EAI 1997 High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
- ERM 2008 SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
- FOA 1997 Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
- FOA 2000 Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
- PGS2 2005 Methods for the calculation of Physical Effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Committee for the Prevention of Disasters, 2005.
- PGS3 2005 Guidelines for quantitative risk assessment, Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Advisory Council in Dangerous Substances, 2005
- SRV 2005 Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005
- SRV 2007 Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstötståg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007