

SKÖVDE KOMMUN

Riskutredning Västra kv Tegelbruket

Uppdragsnr: 108 08 65 Version: 4 Datum: 2022-03-02



Uppdragsgivare: SKÖVDE KOMMUN
Uppdragsgivarens kontaktperson: Ingemar Linusson
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Johan Hultman

4	2022-03-02	Justerad efter samråd	Johan Hultman	Robert Kallin	Johan Hultman
3	2021-12-16	Justerad efter synpunkter från Skövde kommun	Johan Hultman	Robert Kallin	Johan Hultman
2	2021-12-15	Färdig handling	Johan Hultman	Robert Kallin	Johan Hultman
1	2021-12-13	Interngranskning	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

Skövdes kommun avser att ta fram en detaljplan för området Västra kv Tegelbruket. Detaljplanen syftar till att möjliggöra för en utbyggnad av verksamheter, kontor och utbildningslokaler. Planområdet ingår som en del i strukturplanen kring planprogrammet för Mariesjö. Tidigare riskutredning för planprogrammet för Mariesjö har gjorts av Norconsult (2019).

Norconsult AB har av Skövde kommun fått i uppdrag att ta fram en kvantitativ riskutredning som behandlar riskerna med transporter av farligt gods på Västra stambanan och dess konsekvenser för planområdet Västra kv Tegelbruket. Riskutredningen är en fördjupning av den tidigare riskutredningen som gjorts för planprogrammet för Mariesjö. Riskutredningen ska också behandla den förvaring av brandfarliga och explosiva ämnen som förvaras i bussdepån norr om planområdet.

Beräkningarna av risknivåer utifrån transporter av farligt gods visar på att individrisken är acceptabel på cirka 18 meters avstånd (33 meter från nuvarande spår) från Västra stambanan. Individrisken för urspårningsrisk vid Västra stambanan ligger dock i området "ej tolererbara" fram till 30 meter från järnvägen vilket blir dimensionerande. Vid bebyggelse inom 30 meter (45 meter från nuvarande spår) ska skyddsåtgärder genomföras ovillkorligen och deras skyddseffekt ska verifieras. Området bör heller inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

De dimensionerande olyckorna för planområdet är gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand. Dessa olyckor är dimensionerande eftersom planområdet ligger på ett relativt långt avstånd från Västra stambanan och gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand har ett stort konsekvensområde, 165 respektive 130 meter. Inom 165 respektive 130 meter från framtida spår av Västra stambanan finns till största del befintlig bebyggelse vilket ger utslag i riskberäkningarna. Det bedöms inte vara ekonomiskt rimligt att genomföra skyddsåtgärder på befintlig bebyggelse. För ny bebyggelse föreslås följande skyddsåtgärder:

- Fasader inklusive tak på byggnader inom 130 meter från framtida spår (145 meter från nuvarande spår) på Västra stambanan ska utformas med ett ytskikt i obrännbart material.
- Utrymning ska vara möjlig bort från Västra stambanan på byggnader inom 150 meter (165 meter från nuvarande spår) från Västra stambanan.
- Ventilation ska placeras högt och vänd bort från Västra stambanan på byggnader inom 150 meter (165 meter från nuvarande spår) från Västra stambanan.
- Områden inom 30 meter från framtida spår (45 meter från nuvarande spår) på Västra stambanan ska inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

Tidplanen för flytt av bussdepån är satt till sommaren 2024 då nuvarande hyreskontrakt löper ut. Det finns ett avtal om uppsägning med Nobina för avflyttning den 14 juni år 2024 från lokalen. Färdigställande av byggnationen på Tegelbruket 5 sker enligt tidplan våren 2025. Gällande förvaring av brandfarliga och explosiva gaser på bussdepån så är det högst sannolikt att den är avvecklad på fastigheten norr om aktuellt planområde då planområdet exploateras. Om gasförvaringen fortfarande är kvar bör ett skyddsavstånd enligt gällande riktlinjer på minst 12 meter från den västliga förvaringen och minst 6 meter från den östliga förvaringen upprätthållas. Om detta inte är möjligt bör fasaderna inom skyddsavståndet från gasförvaringen och som vetter mot densamma uppföras i brandklassat material minst EI 60.

Om föreslagna skyddsåtgärder genomförs bedöms risknivån för planområdet vara tolerabel enligt använda riskvärderingskriterier och regelverk.

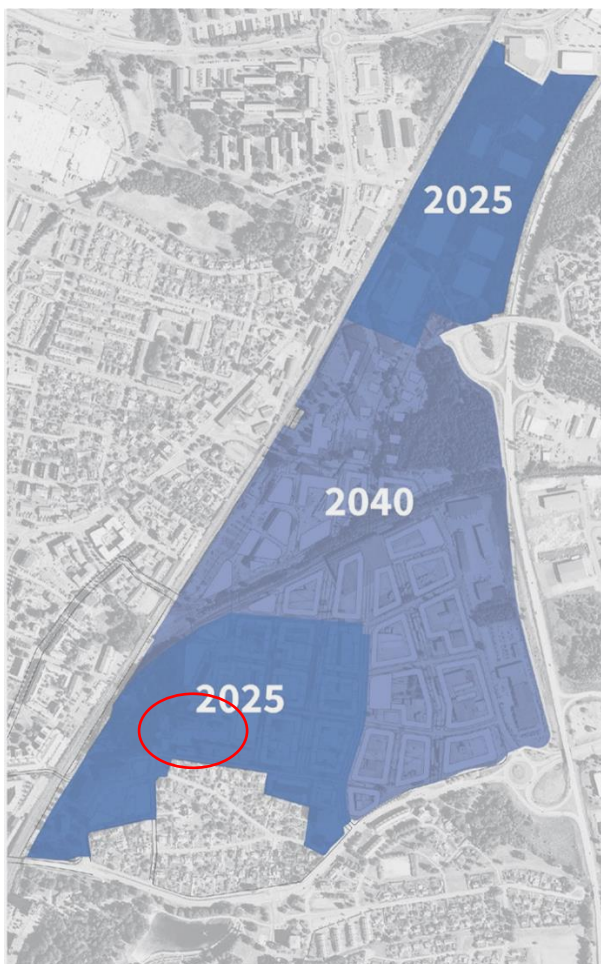
► Innehåll

1	Inledning och syfte	5
2	Lagar och regelverk för verksamheter	6
2.1	Hantering av brandfarliga vätskor och gaser	6
2.2	Tankstation	7
2.3	Sammanfattning lagar och regelverk	10
3	Riskbedömning i den fysiska planeringen för transport av farligt gods	11
3.1	Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen	11
3.2	Definitioner	12
4	Risker med transport av farligt gods	16
4.1	Typer av farligt gods	16
4.2	Konsekvenser av olycka med farligt gods	16
5	Platsspecifika förutsättningar	18
5.1	Planområdet	18
5.2	Riskfyllda verksamheter	18
5.3	Persontäthet	20
5.4	Västra stambanan	20
6	Beräkningsresultat farligt gods	21
6.1	Urspårningsrisk	21
6.2	Individrisk	24
6.3	Samhällsrisk	25
6.4	Skyddsåtgärder	26
7	Slutsats	27
8	Referenser	28
	BILAGA 1 Beräkning av risker transporter av farligt gods på järnväg	

1 Inledning och syfte

Skövdes kommun avser att ta fram en detaljplan för området Västra kv Tegelbruket. Detaljplanen syftar till att möjliggöra för en utbyggnad av verksamheter, kontor och utbildningslokaler. Planområdet ingår som en del i strukturplanen kring planprogrammet för Mariesjö. Tidigare riskutredning för planprogrammet för Mariesjö har gjorts av Norconsult (2019). Figur 1 visas området för den tidigare riskutredningen och i samma figur visas området som behandlas i denna riskutredning.

Norconsult AB har av Skövde kommun fått i uppdrag att ta fram en kvantitativ riskutredning som behandlar riskerna med transporter av farligt gods på Västra stambanan och dess konsekvenser för planområdet Västra kv Tegelbruket. Riskutredningen är en fördjupning av den tidigare riskutredningen som gjorts för planprogrammet för Mariesjö (Norconsult 2019). Riskutredningen ska också behandla den förvaring av brandfarliga och explosiva ämnen som förvaras i bussdepån norr om planområdet.



Figur 1 Område för riskanalys för planprogrammet för Mariesjö markerat med blått. Röd ring visar ungefärlig placering av aktuell detaljplan för Västra kv Tegelbruket.

2 Lagar och regelverk för verksamheter

Föreskrifter och rekommendationer avseende hantering av brandfarliga gaser och vätskor finns utgivna av MSB enligt Lagen om skydd för olyckor. Även Boverket har tagit fram rekommendationer för tankstationer baserade på PBL.

2.1 Hantering av brandfarliga vätskor och gaser

Två relevanta myndighetsföreskrifter finns: Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor och Sprängämnesinspektionens föreskrifter (MSBFS 2020:1) om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler.

I de allmänna råd som hur till dessa författningssamlingar anges riktvärden på avstånd som vanligen anses betryggande utan särskild utredning. Riktvärden för brandfarliga vätskor respektive gaser ges i Figur 2 och Figur 3.

Kringliggande skyddsobjekt	Klass 1 och 2a			Klass 2b och 3		
	V≤3	3<V≤100	V>100	V≤12	12<V≤100	V>100
Byggnader av obrännbart material, icke brandfarlig verksamhet	9 m	12 m	25 m	6 m	9 m	12 m
Materiel med stor brandbelastning	12 m	25 m	50 m	9 m	12 m	25 m
Byggnad av brännbart material, brandfarlig verksamhet, A-byggnad	25 m	50 m	50 m	9 m	12 m	25 m
Svårutrymda lokaler, sjukhus, skolor m.m., annan verksamhet med farliga ämnen	25 m	50 m	100 m	12 m	25 m	50 m

Figur 2 Rekommenderade avstånd förförvaring av brandfarliga vätskor. V är volymen i m³ i behållaren/cisternen med brandfarlig vätska (SÄIFS 2000:2).

Avstånd i meter mellan	Byggnad i allmänhet, brännbart material el. brandfarlig verksamhet	Stor mängd brännbart material	Utrymningsväg från svårutrymda lokaler	Pump och förångare	Parkerade fordon (personbilar/tyngre fordon)	Tankfordonets slanganslutningspunkt	Cisternens slanganslutningspunkt
Cisternvolym högst 13 m ³	6*	12*	100*	3*	6/8*	12*	0
Cisternvolym >13 m ³ ≤100 m ³	12*	25*	100*	3*	6/8*	12*	6*
Tankfordonets slanganslutningspunkt	12*	25*	100*	3**	6	-	-
Cisternens slanganslutningspunkt	12***	12*	100*	3*	6	-	-
Pump och förångare	3**	12*	-	3**	6*	3**	3*

- ej tillämpligt.

* Med brandteknisk avskiljning motsvarande EI 60 eller högre kan avståndet minskas till hälften.

** Med brandteknisk avskiljning motsvarande EI 60 eller högre behövs inget avstånd.

*** För slanganslutningspunkt på gascistern med volym högst 13 m³ gäller minsta tillåtna avstånd 6 meter. Med brandteknisk avskiljning motsvarande EI 60 eller högre får avstånden minskas till hälften för cisterner med volym högst 100 m³.

Figur 3 Minsta avstånd vid placering av en eller två gascisterner med gasol ovan mark (MSBFS 2020:1)

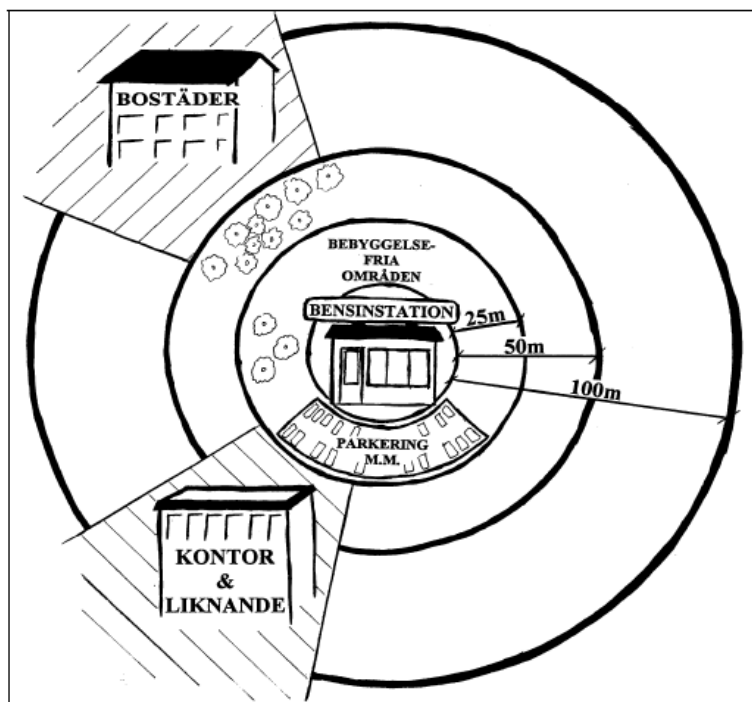
Med svårutrymda lokaler avses bl.a. samlingslokal, skola, sjukhus och daghem.

2.2 Tankstation

2.2.1 Plan- och bygglagen

Enligt Boverkets handbok "Bättre plats för arbete" (Boverket 1995) anger att ett riktvärde för skyddsavstånd på 100 m till bostäder ska beaktas från bensinstationer. Avståndet motiveras dels av riskhänsyn och dels av störningar som buller, lukt, ljussken och luftföroreningar.

Länsstyrelsen i Stockholms län har behandlat riskfrågan kring bensinstationer i rapporten: "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer" (Lst ABC-län 2000). Där fastslås att risksituationen och olägenheterna för människor och miljö alltid skall analyseras och bedömas inom 100 meter från en bensinstation med medelstor försäljningsvolym. Ett minimumavstånd på 50 m bör hållas från bensinstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus samt samlingsplatser utomhus där oskyddade människor uppehåller sig (t.ex. uteservering, lekplats m.m.). Till kontor och liknande verksamheter skall ett minsta avstånd på 25 meter upprätthållas, se Figur 4.



Figur 4 Rekommenderade skyddsavstånd till bensinstationer (Lst ABC-län 2000)

2.2.2 Regelverk hantering brandfarliga vätskor och gaser

När det gäller risker för explosion och brand på tankstationer har de regelverk som gäller samlats i en handbok från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB): "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer" (MSB 2015).

En sammanställning över riktvärden på avstånd mellan olika delar av bensinstationen och verksamheter i närheten enligt handboken ges i Figur 5.

OBJEKT / RISKKÄLLA	PÅFYLNINGSA ANSLUTNING TILL CISTERN	MÄTAR- SKÅP	PEJL- FÖRSKRUVNING	CISTERN- AVLUFTNINGENS MYNNING
Plats där människor vanligen vistas (t.ex. bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats), verksamheter och objekt med stor brandbelastning, verkstad eller annan lokal där gnistbildande verksamhet eller öppen eld förekommer	25 ^{1,2}	18 ¹	6	12
Stationsbyggnad (se 1.6.1)	12	6 ³	3	6
Minst en utrymningsväg från stationsbyggnad	18	9	6	12
Byggnad där människor vanligen inte vistas (t.ex. fristående förråd, garage) eller objekt med låg brandbelastning	9	3	3	3
Förrådsbyggnad med stor brandbelastning ⁴	12	3	3	6
Cistern ovan mark för brandfarlig vätska ⁵	3	3	–	–
Starkt trafikerad väg eller gata	3	3	3	3
Parkeringsplatser	6	3	3	6
Miljöstation	12	12	3	12

¹ Busshållplats och gatukök utan gäster inomhus kan placeras minst 18 m från påfyllningsanslutning till cistern förutsatt att gästbord placeras minst 25 m från påfyllningsanslutning.

² Avståndet kan halveras om vägg mot spillzon är av obrännbart material och lägst i brandteknisk klass EI 60 utan ventilationsöppningar och brandtekniskt oklassade fönster. Hela avståndet gäller dock för in- och utgångar.

³ Avståndet förut sätter att mark mellan t.ex. byggnad och pumpö är doserad med fall mot pumpön samt att doseringen omfattar hela spillzonen.

⁴ Avser t.ex. förråd för lösa behållare med brandfarlig vara.

⁵ För s.k. containerstationer gäller särskilda rekommendationer.

Figur 5 Riktvärden på avstånd enligt "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer (MSB, 2015).

Dessa avstånd är kortare än de som tagits fram utifrån PBL och syftar till stor del till att skydda tankstationen från yttre påverkan.

2.2.3 Vägledning och regelverk för tankstationer för metandrivna fordon

MSB har tagit fram en vägledning för tillståndsmyndigheter gällande tankstationer för metangas (MSB 2011), se Figur 6.

Del av stationen	Byggnad i allmänhet, antändbart material eller brandfarlig verksamhet	Material med stor brandbelastning ^(c)	Utgång från svårutrymd lokal ^(d)
Gaslager (liter)	<i>Meter</i>	<i>Meter</i>	<i>meter</i>
60 < V ≤ 1000	3 ^(b)	25 ^(b)	100
1000 < V ≤ 4000	6 ^(a)	25 ^(a)	100
V > 4000	25 ^(a)	50 ^(a)	100
Dispenser^(e)	6 ^(a)	25 ^(a)	100

Tabell 1: Avstånd mellan gaslager och byggnad/verksamhet utanför anläggningen

- Får halveras med brandteknisk avskiljning EI 60.
- Inget avstånd krävs med brandteknisk avskiljning EI 60.
- Material med stor brandbelastning: T.ex. brädgård, däckupplag, cistern för brandfarlig vätska eller gas ovan mark.
- Svårutrymd lokal: T.ex. skola, sjukhus, daghem, lokal avsedd att inrymma en publik (t.ex. teater, biograf).

Figur 6 Avstånd mellan gaslager och byggnad/verksamhet utanför anläggningen (MSB 2011).

Energigas Sverige ger med jämna mellanrum ut TSA som innehåller anvisningar och normer för tankstationer för metangasdrivna fordon. Den senaste versionen utkom år 2020. Avstånden är till vissa markanvändningar kortare än de som presenteras i vägledningen som MSB har tagit fram. I denna utredning är endast avstånden till byggnad i allmänhet intressant varför endast avstånd för denna markanvändning redovisas i Tabell 1.

Tabell 1 Avstånd mellan anläggningsdelar och annan verksamhet (Energigas 2020).

Anläggningsdel	Byggnad i allmänhet, kompressor, annat gaslager, brännbart material eller brandfarlig verksamhet [meter]
Gaslager 60 l < V ≤ 1 000 l	3 ^a
Gaslager 1 000 l < V ≤ 4 000 l	6 ^b
Gaslager V > 4 000 l	12 ^b
Dispenser	6 ^b

a) Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 behövs inget minsta avstånd

b) Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 får avståndet minskas till hälften. Används avskiljning av högre brandteknisk klass än EI 60 kan avståndet reduceras om godtagbar utredning presenteras för myndigheterna

2.3 Sammanfattning lagar och regelverk

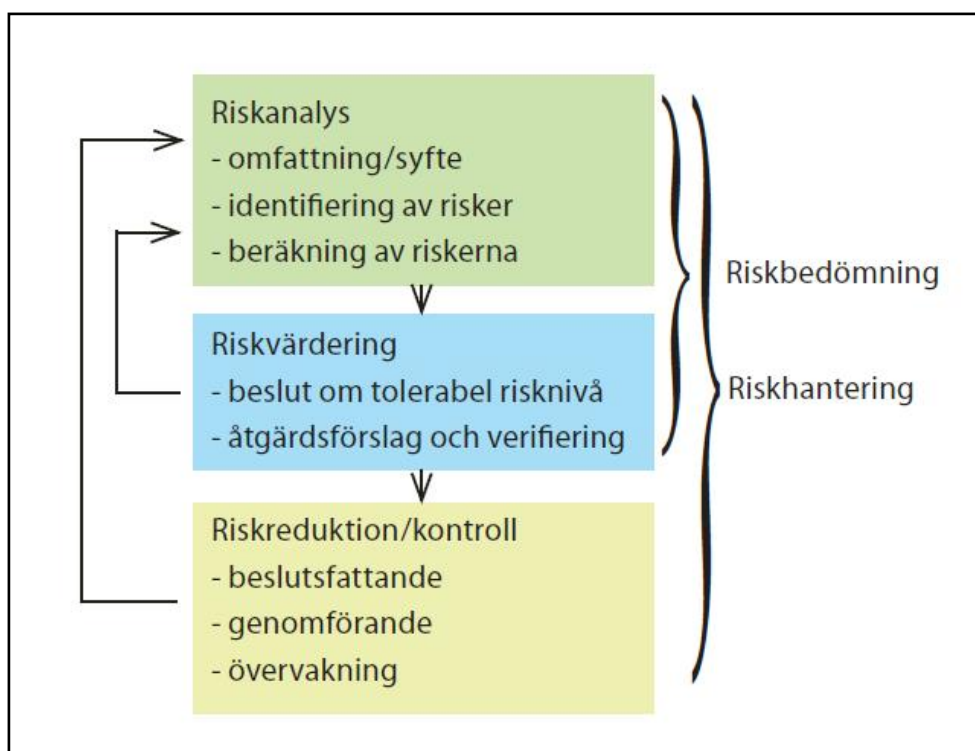
Den mest relevanta vägledningen och regelverket i aktuellt fall bedöms vara TSA 2020 eftersom studerad anläggning är byggd efter dessa normer. Bedömningarna gällande skyddsavstånd till ny bebyggelse utgår därför från dessa avstånd.

3 Riskbedömning i den fysiska planeringen för transport av farligt gods

3.1 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 programsamrådet för detaljplanen för att sedan bli mera detaljerat i plansamrådet. 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 tolerabel 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. 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 7 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 risknivåerna underskrider gränsen för det tolerabla.

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 när riskerna hamnar i detta område.

ALARP-området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Intervallet 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 hög som en faktor 10, beroende på alla okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på visst hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över den tolerabla nivån släpps igenom utan vidare.

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

3.2 Definitioner

Risk definieras mestadels som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser. De konsekvenser som studeras i första hand är att människor omkommer.

Sannolikheten uttrycks som antalet gånger som en oönskad händelse förväntas förekomma under ett år. Resultatet blir en frekvens, oftast ett väldigt litet tal som exempelvis 10^{-6} per år (0,000 001 gånger per år). Det kan också tolkas som att händelsen förväntas inträffa en gång under en miljon år.

En annan tolkning av en sannolikhet på 10^{-6} per år för en händelse är om det antas att det finns en miljon platser där en sådan händelse kan förekomma i Sverige. Då förväntas händelsen förekomma en gång per år ($0,000\ 001 \times 1\ 000\ 000 = 1$) någonstans i Sverige.

I risksammanhang skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisk är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en riskkälla. Det utgår 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.

Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskskällans farlighet men även på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Vid en beräkning beaktas det totala antalet människor som kan drabbas vid olika olycksförlopp.

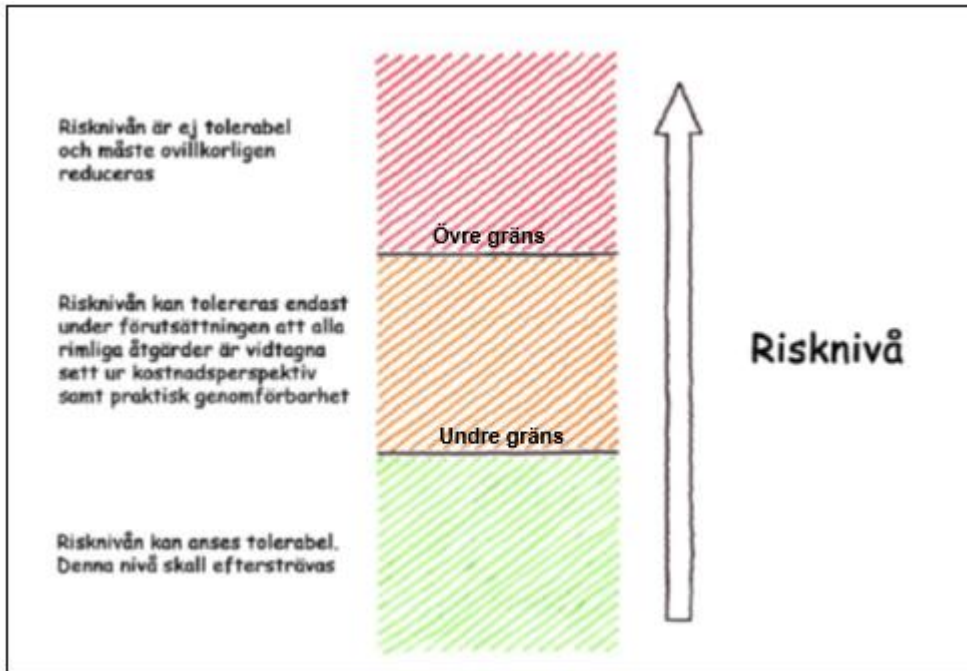
Det är förstås inte känt i förväg när och hur en olycka kommer att inträffa. Därför analyseras ett stort antal tänkbara olyckor när det gäller såväl sannolikhet som konsekvens. För dessa olycksscenarioer beräknar man dels sannolikheten att de kan inträffa och dels antalet personer som kan drabbas. Resultaten uttrycks då som en s.k. FN-kurva där man sätter ut sannolikheten (F) för olika antal omkomna (N) vid de olyckstyper som kan orsakas av riskkällan.

I en riskutredning för den fysiska planeringen bör hänsyn tas till både individrisken och samhällsrisk. Syftet med denna utredning är att beräkna dessa risknivåer och att sedan - om så krävs - föreslå åtgärder för att uppnå en situation med acceptabla risker. Dessa åtgärdsförslag skall i sin tur säkerställas genom detaljplanen.

3.2.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall – främst när det inte finns 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 8. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



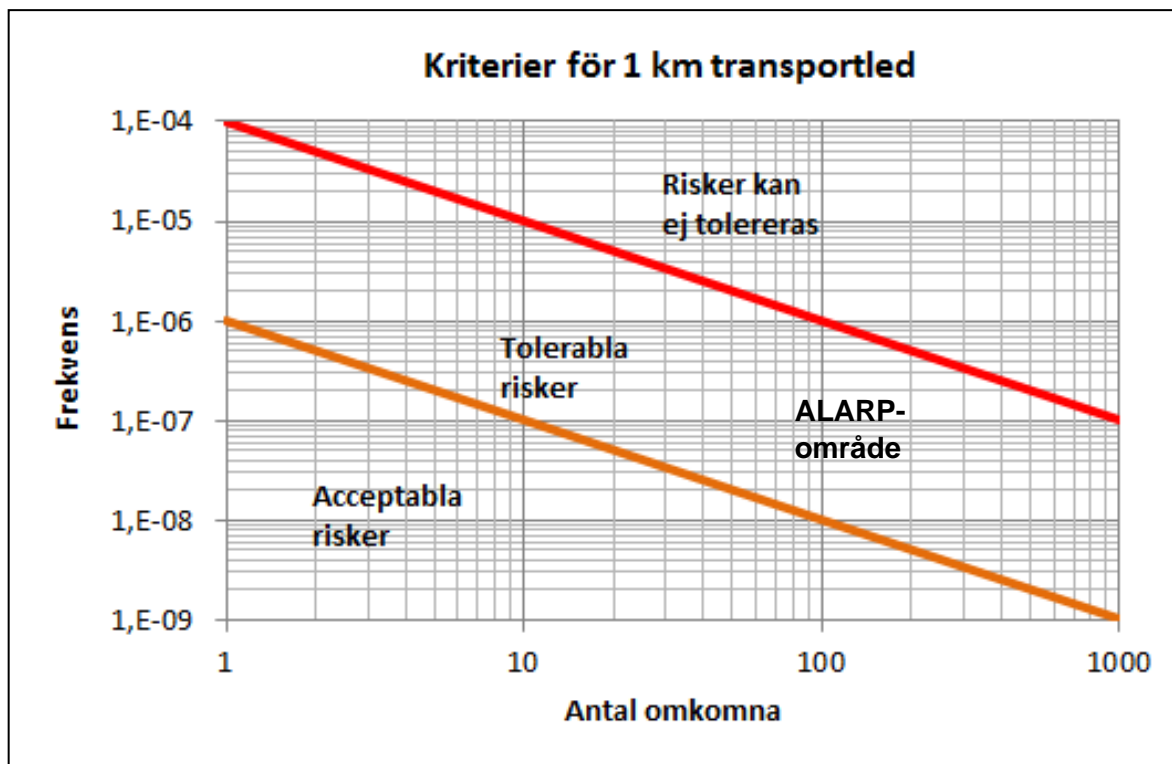
Figur 8 Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg, 2004).

Om risknivån ligger mellan den undre och den övre gränsen så skall alla rimliga åtgärder vidtas för att minska risknivån. Efter detta betraktas risknivån som tolerabel. Om risknivån ligger under den undre gränsen så kan den anses vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per 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. Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisken för olika grupper i samhället.

3.2.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Även för samhällsrisk finns det kriterier i ovan nämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods, se Figur 9.

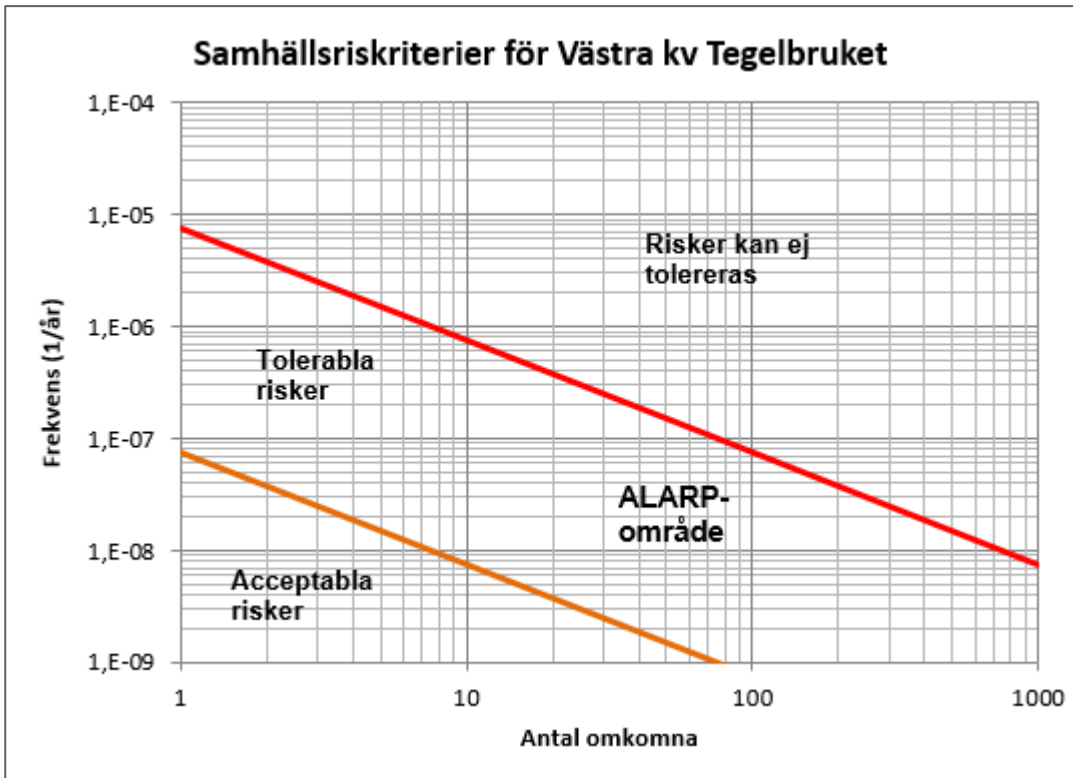


Figur 9 Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i ovanstående figur 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 mer 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. Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området, kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om risknivåerna underskrider gränsen för det tolerabla.

Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden och med bebyggelse på båda sidor om transportleden. Kriterier för det aktuella planområdet beräknas utifrån områdets längd längs transportleden och att planområdet endast ligger på ena sidan av leden. I detta fall är planområdets längd utmed leden cirka 150 meter vilket ger de omräknade kriterierna som visas i Figur 10.



Figur 10 Riskkriterier omräknade till 150 meter och enkelsidig bebyggelse.

4 Risker med transport av farligt gods

4.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR/RID) delas farligt gods in i nio klasser, se Tabell 2.

Tabell 2 Indelning av farligt gods.

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

4.2 Konsekvenser av olycka med farligt gods

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

Konsekvenserna för aktuella klasser beskriv mera utförligt i *bilaga 1*.

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 gasmolnsexplosion (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.

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.

Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor, 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 var 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, svavelsyra.

Risk för skador inom ca 20 m från olycksplatsen eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

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

5 Platsspecifika förutsättningar

5.1 Planområdet

Planområdet ligger cirka 120 meter från genomgående befintligt spår på Västra stambanan. Närmaste bebyggelse ligger på cirka 140 meters avstånd och ett torg planeras cirka 150 meter från närmaste räls på Västra stambanan. En översikt över området kan ses i Figur 11 med avstånd till Västra stambanans nuvarande spår och eventuella framtida spår är markerade.



Figur 11 Översiktsskarta över ny bebyggelse på kv Västra Tegelbruket (Skövde kommun 2021).

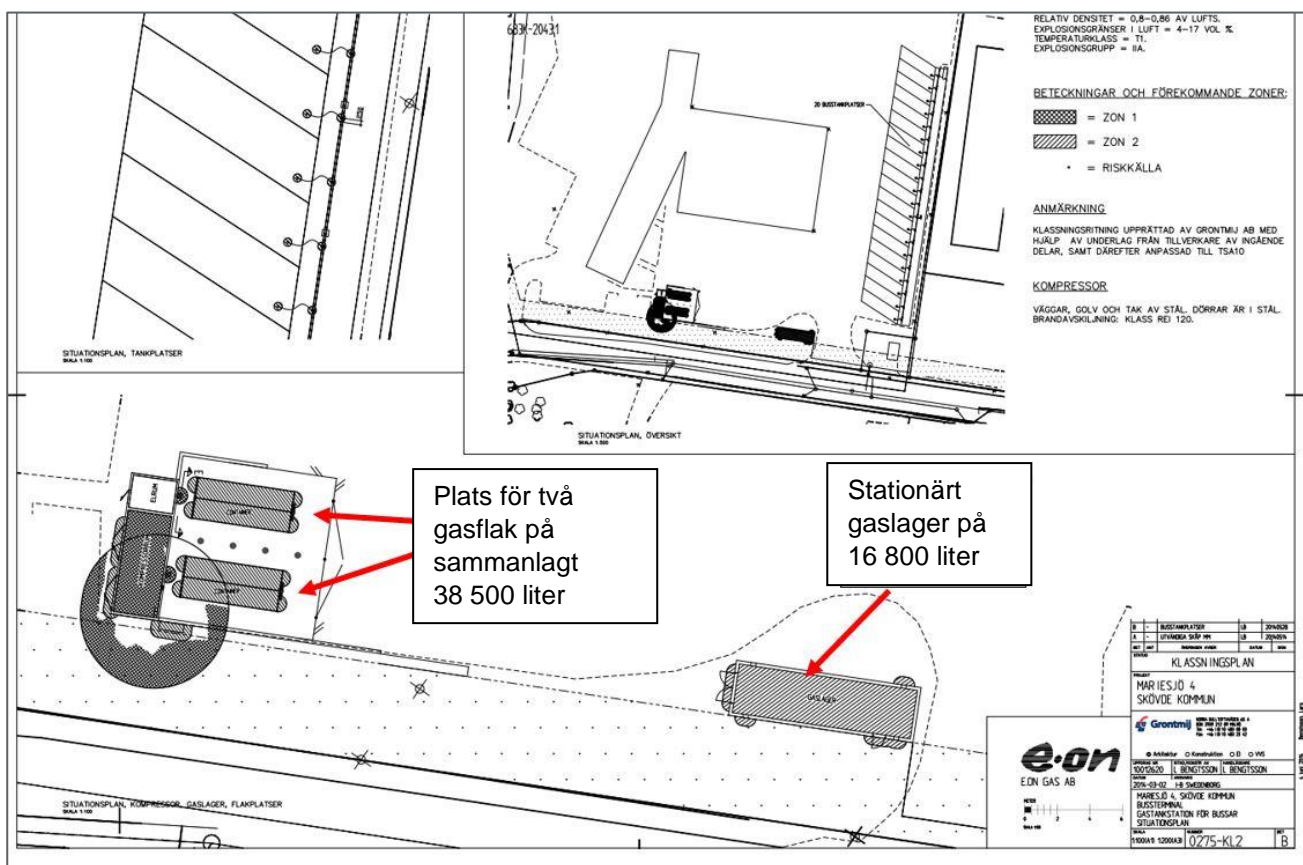
Västra stambanan ligger på samma eller en högre nivå än planområdet. Avståndet mellan Västra stambanan och planområdet kan inte helt läggas fast då utrymme för ett möjligt framtida tredje spår på Västra stambanan bedömts behöva beaktas. Enligt Trafikverkets riktlinjer ska ett 30 meter brett bebyggelsefritt område finnas utmed stambanan. Enligt Skövde kommuns ÖP2025 ska kommunen även beakta det eventuella behovet av att reservera mark för ett tredje spår utmed Västra stambanan, vilket innebär att ett eventuellt framtida spår skulle hamna cirka 15 meter närmare än befintliga genomgående spår. (Skövde kommun 2018).

5.2 Riskfyllda verksamheter

I riskutredningen för planprogrammet Mariesjö gjordes en inventering av riskkällor inom utvecklingsområdet (Norconsult 2019). Norr om planområdet Västra kv Tegelbruket identifierades en bussdepå som hanterade

diesel, spolarvätska, acetylen, gasol samt metangas. Det gjordes en översiktlig bedömning att ett skyddsavstånd på 50 meter behövdes om närliggande kvarter bebyggs innan bussdepån är flyttad.

I denna rapport har en fördjupad riskbedömning gjorts där kontakt har tagits med verksamheten för att reda ut de verksamhetsspecifika förutsättningarna. I södra delen närmast det nu aktuella planområdet förvaras metangas, se Figur 12. Vid platsen där gasolflaken lagras är kompressorbyggnaden väster om lagringen försedd med brandklassat material EI 120. För själva lagringsplatsen finns inget brandklassat material. Byggnaden i öster där gas förvaras stationärt är utförd i brandklassat material EI 60.



Figur 12 Förvaring av metangas på fastigheten norr om aktuellt planområde (ST1 2021).

Tidplanen för flytt av bussdepån är satt till sommaren 2024 då nuvarande hyreskontrakt löper ut. Det finns ett avtal om uppsägning med Nobina för avflyttning den 14 juni år 2024 från lokalen. Färdigställande av byggnationen på Tegelbruket 5 sker enligt tidplan våren 2025. Eventuella skyddsåtgärder som krävs bör endast genomföras om bussdepån med tillhörande lagring av brandfarliga och explosiva ämne är kvar i bruk när byggnation påbörjas för Västra kv Tegelbruket. Enligt föreslagen illustration ska gatan i norra delen av planområdet justeras och hamna längre norrut vilket innebär att gasförvaringen sannolikt kommer försvinna i samband med byggnationen av gatan.

Som framgår av beskrivningen ovan så är det högst sannolikt att gasförvaringen är borta på fastigheten norr om aktuellt planområde då den exploateras. Om gasförvaringen fortfarande är kvar bör ett skyddsavstånd på minst 12 meter från den västliga förvaringen och minst 6 meter från den östliga förvaringen upprätthållas. Om detta inte är möjligt bör fasaderna inom skyddsavståndet från gasförvaringen och som vetter mot densamma uppföras i brandklassat material minst EI 60.

5.3 Persontäthet

För att kunna bedöma konsekvenser i utvecklingsområdet av eventuella olyckor med farligt gods görs en uppskattning av antalet människor som i genomsnitt förväntas befinna sig i området. Underlag gällande markanvändning och exploateringsgrad för området tillhandahölls av Skövde kommun i arbetet med miljökonsekvensbeskrivningen (Skövde kommun 2019). Samma genomsnittliga persontäthet för verksamheter, kontor och utbildningslokaler som antogs i arbetet med miljökonsekvensbeskrivningen bedöms vara aktuellt för denna detaljplan. Det innebär att det i aktuellt planområdet i genomsnitt kommer befinna sig cirka 1 350 personer på dagtid (kl 06-18) i området. På kvälls- och nattetid (kl 18-06) kommer färre människor befinna sig i området. Antal personer på kvälls- och nattetid bedöms vara cirka 50 personer. Andelen inomhus på dagen antas schablonmässigt vara 93 % och andelen inomhus på natten antas vara 99 %. Resterande personer befinner sig utomhus.

5.4 Västra stambanan

5.4.1 Antal transporter av farligt gods

Antal transporter av farligt gods hämtas från en tidigare genomförd utredning (COWI 2016). I denna utredning antas transporter av farligt gods på Västra stambanan vara enligt Tabell 3.

Tabell 3 Uppskattat antal transporter av farligt gods på Västra stambanan år 2030.

RID-klass	Uppskattat antal vagnar på Västra stambanan intill programområdet år 2030
1.1 Massexplosiva ämnen	4
2.1 Brandfarliga gaser	5 300
2.3 Giftiga gaser	400
3. Brandfarlig vätska	15 000
5. Oxiderande ämnen	6 100

5.4.2 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på järnvägen förbi aktuellt område har beräknats med den av Trafikverket angivna metoden (Banverket, 2001). Beräkningarna visas i Bilaga 1. Sannolikheten för en olycka har beräknats till $2,8 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år. I beräkningar har hänsyn tagits till att det är 3 växlar på ena spåret och 2 växlar på det andra.

Enligt nationell järnvägsdatabas (Trafikverket 2021) är högsta tillåtna hastighet för tåg på sträckan 160 km/h för A-tåg (majoriteten av godstågen är A-tåg).

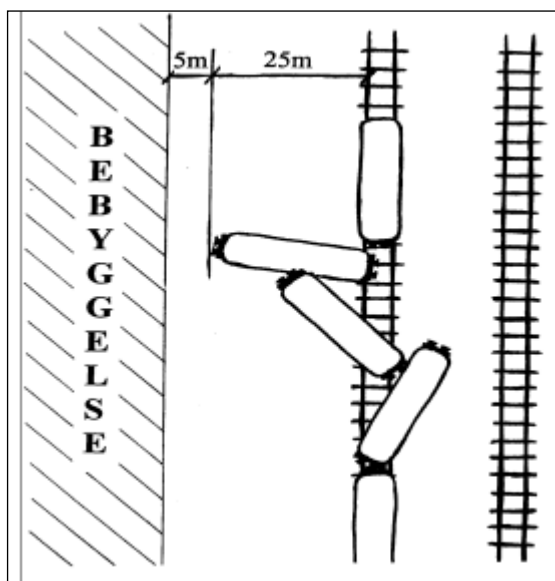
Sannolikheten är mycket liten för varje enskild vagn som transporteras men på järnvägar med mycket transporter av farligt gods kan det transporteras flera tusen vagnar årligen, vilket gör att riskerna inte är försumbara.

6 Beräkningsresultat farligt gods

6.1 Urspårningsrisk

Vid en urspårning är det två olika händelseförlopp som kan inträffa. I det första förloppet spårar tåget ut utan att några tågagnar viker sig på ett betydande sätt. Hastigheten som tåget har när det spårar ur har betydelse för hur långt tåget förflyttar sig och huvudsakligen rör sig tåget i den färdriktning som tåget har vid urspårning. För denna typ av urspårning finns teoretiska modeller. Längsta sträckan som det urspårade tåget förväntas gå längs med spåret är lika med $v^2/80$ där v är tågastigheten. Längsta avståndet som tågdelar förväntas hamna från spåret är lika med $v^{0,55}$ (IUR 2003). Den maximalt tillåtna tågastigheten förbi området är 160 km/h. Detta innebär att tåget kan spåra ur över ett avstånd på cirka 320 meter och nå som längst cirka 16 meter från spåret. Beräkningarna tar inte hänsyn till eventuell nivåskillnad mellan järnväg och närliggande område.

Det andra händelseförlopp som kan inträffa vid urspårning är att tågets främre del bromsas upp snabbare än dess bakre del så att tågagnarna viker sig som ett dragspel, se Figur 13.



Figur 13 Urspårning av tåg där tågdelar viker sig (Lst, ABC-län 2000).

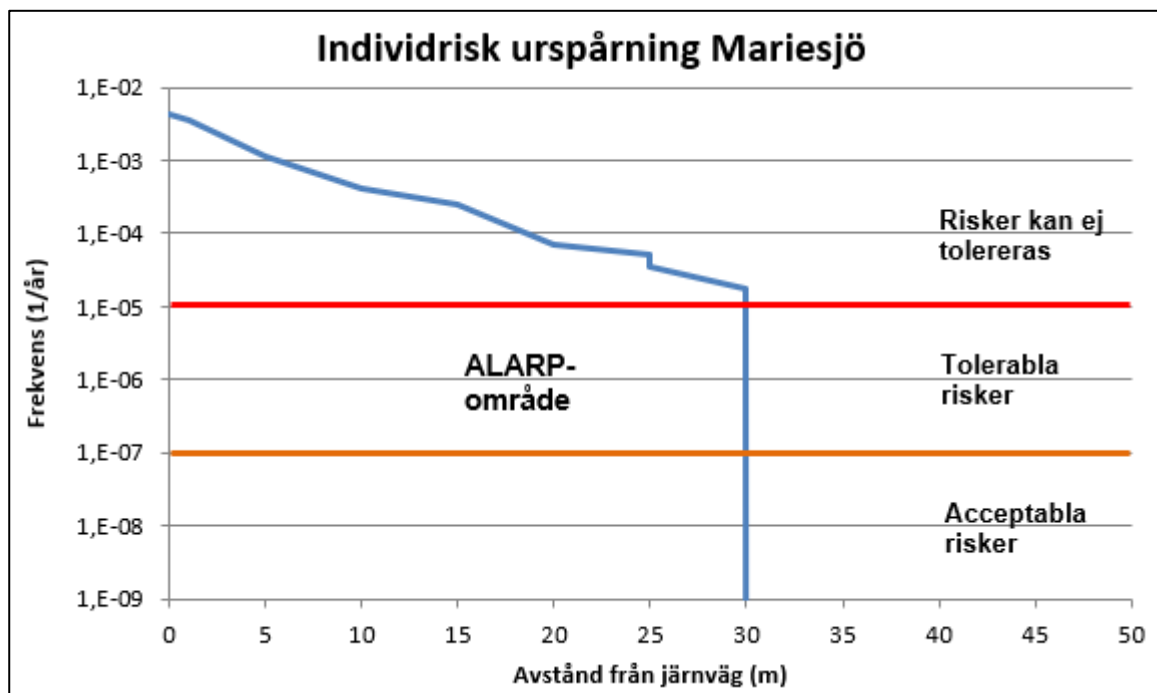
Delar av tåget kan hamna på större avstånd från spåret beroende på att tågets främre del bromsas in snabbare än bakomliggande vagnar. Delar av tåget trycks åt sidan och hamnar på tvären. Friktionskrafterna på dessa vagnar är då större och avståndet som dessa vagnar färdas blir mindre.

Enligt statistik över urspårningsolyckor i Sverige (Banverket 2001) är fördelningen mellan avståndet från spåret som tågdelar kan hamna enligt Tabell 4.

Tabell 4 Sannolikhet att någon del av tåget hamnar utanför spåret (Banverket 2001).

Avstånd från spår	0 - 1 m	1 - 5 m	5 - 15 m	15 - 25 m	> 25 m
Persontåg	78%	18%	2%	2%	0%
Godståg	70%	20%	5%	2%	2%

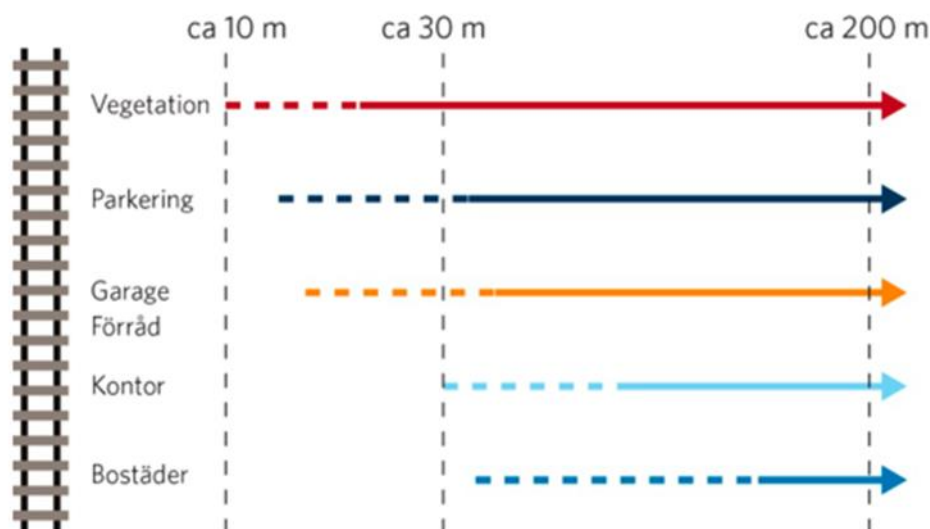
Utifrån Tabell 4 samt antalet tåg som transporteras utmed sträckan så kan en individrisk för urspårning av tåg beräknas. Resultaten redovisas i Figur 14. Sannolikhet för urspårning av tågen beräknas enligt den av Trafikverket angivna metoden (Banverket 2001).



Figur 14 Beräknad individrisk för urspårning på Västra stambanan förbi utvecklingsområdet.

Ur Figur 14 kan utläsas att individrisken upp till 30 meter från Västra stambanan är inom området där risker ej kan tolereras och vid bebyggelse inom 30 meter ska skyddsåtgärder genomföras ovillkorligen och deras skyddseffekt ska verifieras. Området inom 30 meter bör heller inte inbjuda till stadigvarande vistelse. Från 30 meter är individrisken acceptabel och således krävs inga skyddsåtgärder avseende urspårning av tåg.

Bedömningen att ett säkerhetsavstånd på 30 meter från spårmittpunkt för ny bebyggelse bör hållas. Detta är dessutom något som Trafikverket i normala fall förespråkar (Trafikverket 2017), se Figur 15. Figuren tolkas som att den skarpa linjen är minimiavstånd och att de streckade delarna av linjerna kan vara acceptabla under vissa omständigheter och med skyddsåtgärder.



Figur 15 Generella råd om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamheter (Trafikverket 2017).

Ett sådant avstånd ger utrymme för räddningsinsatser om det skulle ske en olycka, ökade möjligheter att underhålla järnvägen och bebyggelsen samt möjliggör en viss utveckling av järnvägsanläggningen.

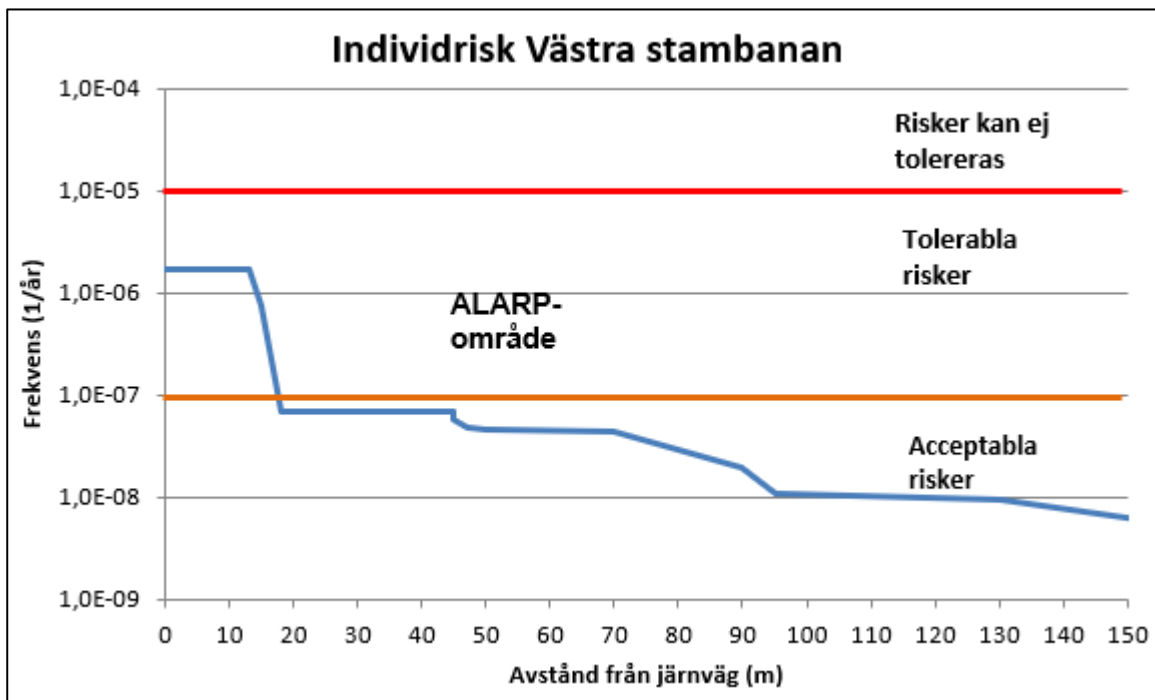
Ytparkering på ett avstånd av 15 meter från spårmittpunkt på Västra stambanan bör kunna tillåtas då människor endast vistas där tillfälligt. Om parkering anläggs närmare bör parkerade bilar eventuellt skyddas från stensprut från förbipasserande tåg. En sådan skydds konstruktion bör vara utformad för att inte skada ett avåkande tåg.

Sammanfattningsvis visar individrisken och Trafikverkets rekommendationer att ny bebyggelse inte bör anläggas närmare än 30 meter från spårmittpunkt på Västra stambanan. Ytparkering bedöms vara möjlig 15 meter från spårmittpunkt utan ytterligare åtgärder. Lokalväg är möjlig på 10 eller 15 meters avstånd från spårmittpunkt på Västra stambanan beroende på vägens höjd i förhållande till järnvägen.

6.2 Individrisk

6.2.1 Västra stambanan

I Figur 16 visas individrisken på grund av transporter av farligt gods utmed Västra stambanan.



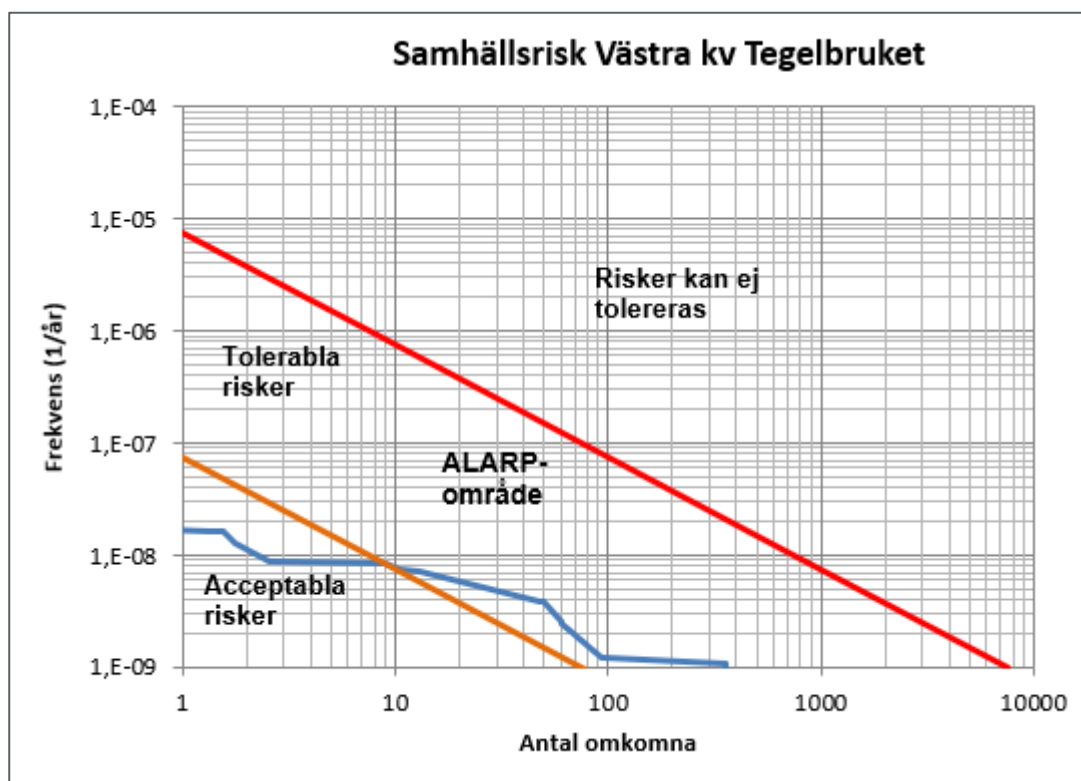
Figur 16 Individrisk för transporter av farligt gods utmed Västra stambanan förbi området.

Individrisken till följd av transporter av farligt gods bedöms vara acceptabla på ett avstånd av cirka 18 meter från Västra stambanan. Områden inom 18 meter från Västra stambanans närmaste räls bör därför inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

6.3 Samhällsrisk

6.3.1 Västra stambanan

I Figur 17 redovisas samhällsrisken för transporter av farligt gods på Västra stambanan. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser (gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion). I figuren framgår det att samhällsrisken ligger inom lägre halvan av ALARP-området vilket innebär att skyddsåtgärder som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga ska genomföras, se *avsnitt 3.1*.

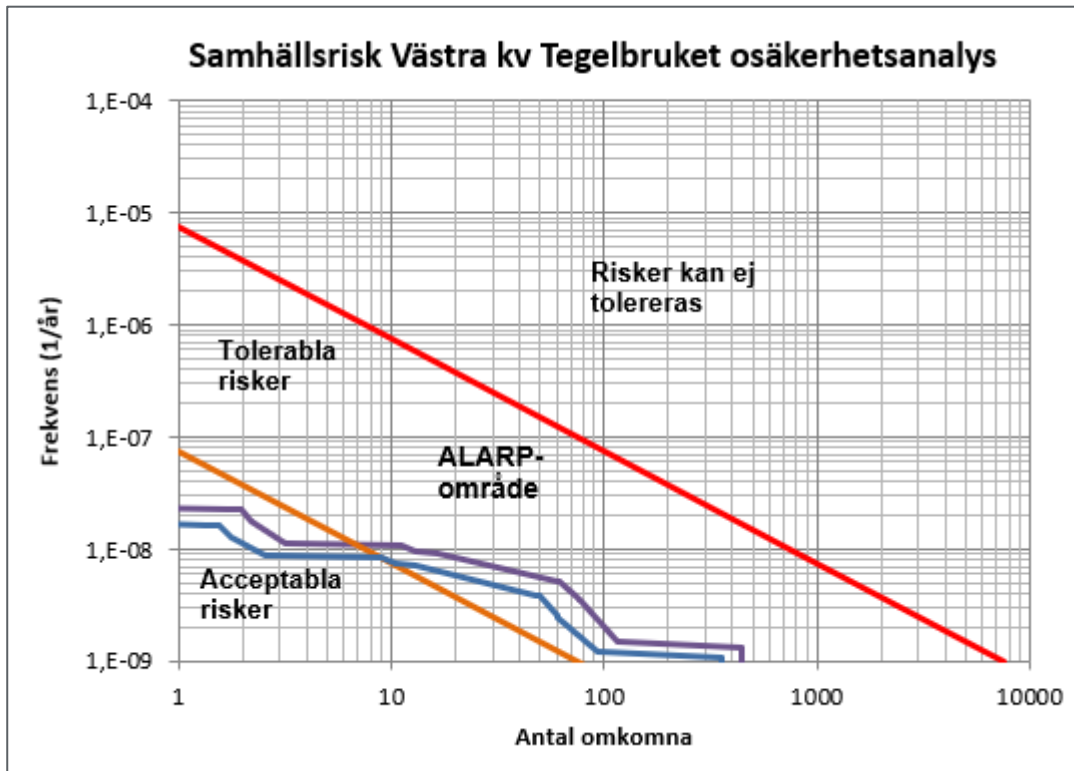


Figur 17 Samhällsrisik för transporter av farligt gods på Västra stambanan.

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. För att behandla osäkerheten i antalet personer i området kan bli fler än med den uppskattade fördelningen av markanvändning räknas antalet personer upp med 25 % i osäkerhetsanalysen.

För att hantera dessa båda osäkerheter görs en osäkerhetsanalys där transportererna av farligt gods ökas med 25 % samt antal personer på plats ökas med 25 %, se Figur 18.



Figur 18 Samhällsrisik för transporter av farligt gods på Västra stambanan, osäkerhetsanalys. Blå linje visar ursprungsberäkning och lila linje är osäkerhetsanalysen.

Samhällsrisiken ökar vid osäkerhetsanalysen men överskrider inte riskkriteriet för risker som ej kan tolereras utan ligger kvar i nedre halvan av ALARP-området.

6.4 Skyddsåtgärder

De dimensionerande olyckorna för planområdet är gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand. Dessa olyckor är dimensionerande eftersom planområdet ligger på ett relativt långt avstånd från Västra stambanan och gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand har ett stort konsekvensområde, 165 respektive 130 meter. Inom 165 respektive 130 meter från framtida spår av Västra stambanan finns till största del befintlig bebyggelse vilket ger utslag i riskberäkningarna. Det bedöms inte vara ekonomiskt rimligt att genomföra skyddsåtgärder på befintlig bebyggelse. För ny bebyggelse föreslås följande skyddsåtgärder:

- Fasader inklusive tak på byggnader inom 130 meter från framtida spår (145 meter från nuvarande spår) på Västra stambanan ska utformas med ett ytskikt i obrännbart material.
- Utrymning ska vara möjlig bort från Västra stambanan på byggnader inom 150 meter (165 meter från nuvarande spår) från Västra stambanan.
- Ventilation ska placeras högt och vänd bort från Västra stambanan på byggnader inom 150 meter (165 meter från nuvarande spår) från Västra stambanan.
- Områden inom 30 meter från framtida spår (45 meter från nuvarande spår) på Västra stambanan ska inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

7 Slutsats

Beräkningarna av risknivåer utifrån transporter av farligt gods visar på att individrisken är acceptabel på cirka 18 meters avstånd (33 meter från nuvarande spår) från Västra stambanan. Individrisken för urspårningsrisk vid Västra stambanan ligger dock i området "ej tolererbara" fram till 30 meter från järnvägen vilket därmed blir dimensionerande. Vid bebyggelse inom 30 meter (45 meter från nuvarande spår) ska skyddsåtgärder genomföras ovillkorligen och deras skyddseffekt ska verifieras. Området bör heller inte inbjuda till stadigvarande vistelse. Från 30 meter (45 meter från nuvarande spår) är individrisken acceptabel och således krävs inga skyddsåtgärder avseende urspårning av tåg eller olyckor med transporter av farligt gods. Planområdet är beläget på cirka 105 meters avstånd från eventuella framtida spår på Västra stambanan.

Riskenivåerna avseende samhällsrisik för transporter av farlig gods på Västra stambanan ligger inom lägre halvan av ALARP-området vilket innebär att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras. De dimensionerande olyckorna för planområdet är gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand. Dessa olyckor är dimensionerande eftersom planområdet ligger på ett relativt långt avstånd från Västra stambanan och gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand har ett stort konsekvensområde, 165 respektive 130 meter. Inom 165 respektive 130 meter från framtida spår av Västra stambanan finns till största del befintlig bebyggelse vilket ger utslag i riskberäkningarna. Det bedöms inte vara ekonomiskt rimligt att genomföra skyddsåtgärder på befintlig bebyggelse. För ny bebyggelse föreslås följande skyddsåtgärder:

- Fasader inklusive tak på byggnader inom 130 meter från framtida spår (145 meter från nuvarande spår) på Västra stambanan ska utformas med ett ytskikt i obrännbart material.
- Utrymning ska vara möjlig bort från Västra stambanan på byggnader inom 150 meter (165 meter från nuvarande spår) från Västra stambanan.
- Ventilation ska placeras högt och vänd bort från Västra stambanan på byggnader inom 150 meter (165 meter från nuvarande spår) från Västra stambanan.
- Områden inom 30 meter från framtida spår (45 meter från nuvarande spår) på Västra stambanan ska inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

Tidplanen för flytt av bussdepån är satt till sommaren 2024 då nuvarande hyreskontrakt löper ut. Det finns ett avtal om uppsägning med Nobina för avflyttning den 14 juni år 2024 från lokalen. Färdigställande av byggnationen på Tegelbruket 5 sker enligt tidplan våren 2025. Gällande förvaring av brandfarliga och explosiva gaser på bussdepån så är det högst sannolikt att den är avvecklad på fastigheten norr om aktuellt planområde då planområdet exploateras. Om gasförvaringen fortfarande är kvar bör ett skyddsavstånd enligt TSA 2020 på minst 12 meter från den västliga förvaringen och minst 6 meter från den östliga förvaringen upprätthållas. Om detta inte är möjligt bör fasaderna inom skyddsavståndet från gasförvaringen och som vetter mot densamma uppföras i brandklassat material minst EI 60.

Om föreslagna skyddsåtgärder genomförs bedöms risknivån för planområdet vara tolerabel enligt använda riskvärderingskriterier och regelverk.

8 Referenser

Banverket 2001	Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22.
Boverket 1995	Bättre plats för arbete. Boverket 1995.
COWI 2016	Kvantitativ riskutredning för detaljplan kv. Mode, Skövde. COWI, April 2016.
Energigas 2020	Tankstationer för metangasdrivna fordon, TSA 2020 Energigas Sverige 2020.
IUR 2003	International Union of Railways, (2002). Structures Built over Railway Lines – Construction Requirements in the Track Zone (UIC Code 777-2 R), 2nd edition. International Union of Railways.
Lst ABC-län 2000	Risikanalyser vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, rapport 2000:1, 2000
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skånelän, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
MSB 2011	Tankstationer för metangasdrivna fordon – Vägledning vid tillståndsprovning, MSB juli 2011.
MSB 2015	Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 2015.
MSBFS 2020:1	Föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler MSB 2020
Norconsult 2019	Riskutredning inför planprogram, Mariesjö. Version 4, 2019-03-13.
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
Skövde kommun 2018	Planeringsförutsättningar Mariesjö tillhandahållen av Skövde kommun 2018-05-23.
Skövde kommun 2019	Mail från planarkitekt på Skövde kommun Hanna Asp 2019-09-12.
Skövde kommun 2021	Mail från planarkitekt Ingemar Frid på Skövde kommun 2021-12-14.
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997.
SÄIFS 1998:7	Föreskrifter och allmänna råd om brandfarlig gas i lös behållare. Sprängämnesinspektionen (numera del av MSB) 1998
ST1 2021	Kontakt via mail och telefon i december 2021 med gasföreståndare Daniel Ekdahl
Trafikverket 2017	Transportsystemet i samhällsplaneringen. Trafikverkets underlag för tillämpning av 3-5 kap. miljöbalken och av plan- och bygglagen. Publ. 2016:148
Trafikverket 2021	Uppgifter från Nationell Järnvägs databas NJDB. www.njdbwebb.trafikverket.se/ , Hämtat 2021-12-02

Bilaga 1 Beräkning av risker transporter av farligt gods på järnväg

Innehåll

1. Inledning	2
1.1 Beräkningsmetod	2
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar	5
2. Scenarierna.....	9
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.	9
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1	18
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3.....	24
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1	27
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1.....	30
3. Beräkningsresultat.....	35
4. Referenser	37

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 2.3 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: Methods for the calculation of Physical Effect due to releases of hazardous materials (liquids and gases) (PGS2 2005) och Lila Boken: Guidelines for Quantitative Risk Assessment (PGS3 2005). En bra beskrivning av utgångspunkter och parameterar hittas i del 2 av PGS3 som behandlar riskanalys för transport av farligt gods.

För klass 1.1 och klass 5.1 anges mera i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats.

1.1.2 Sannolikhetsberäkning

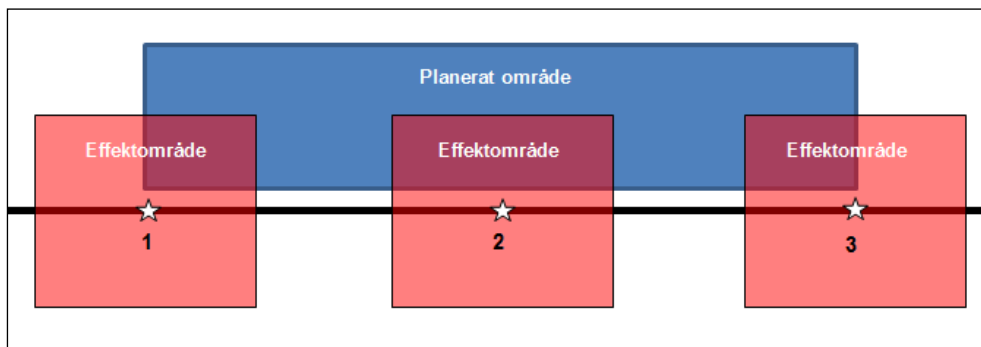
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001).

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

Antal transporter med olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 5*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att

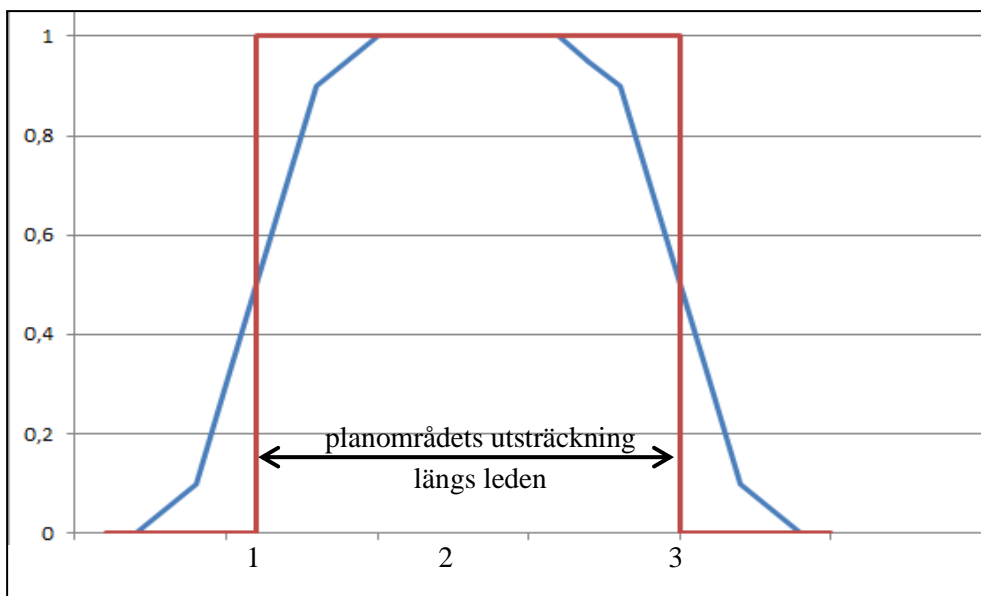
vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

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



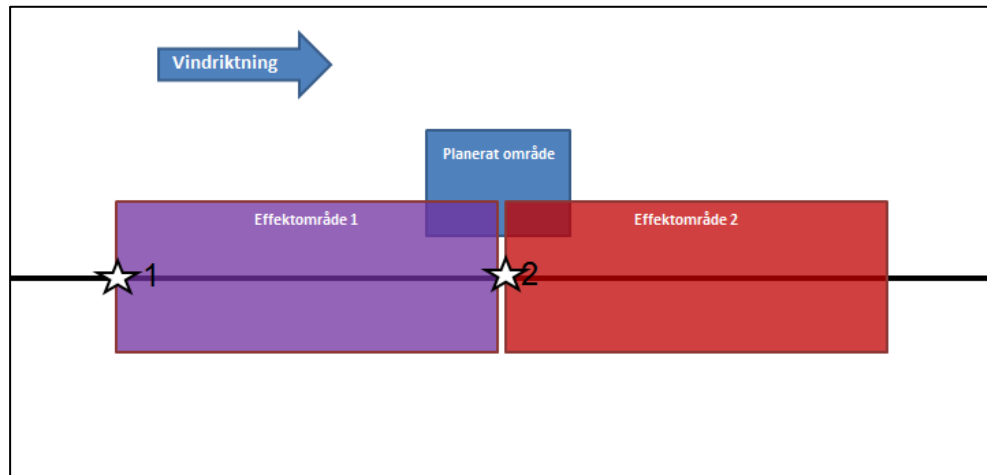
Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området..

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 händelseträder 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 händelseträder 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 tidigare undersökning av fördelningen av godstransporter på Västra Stambanan antas att 25 % av godset transporteras dagtid och 75 % nattetid.

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

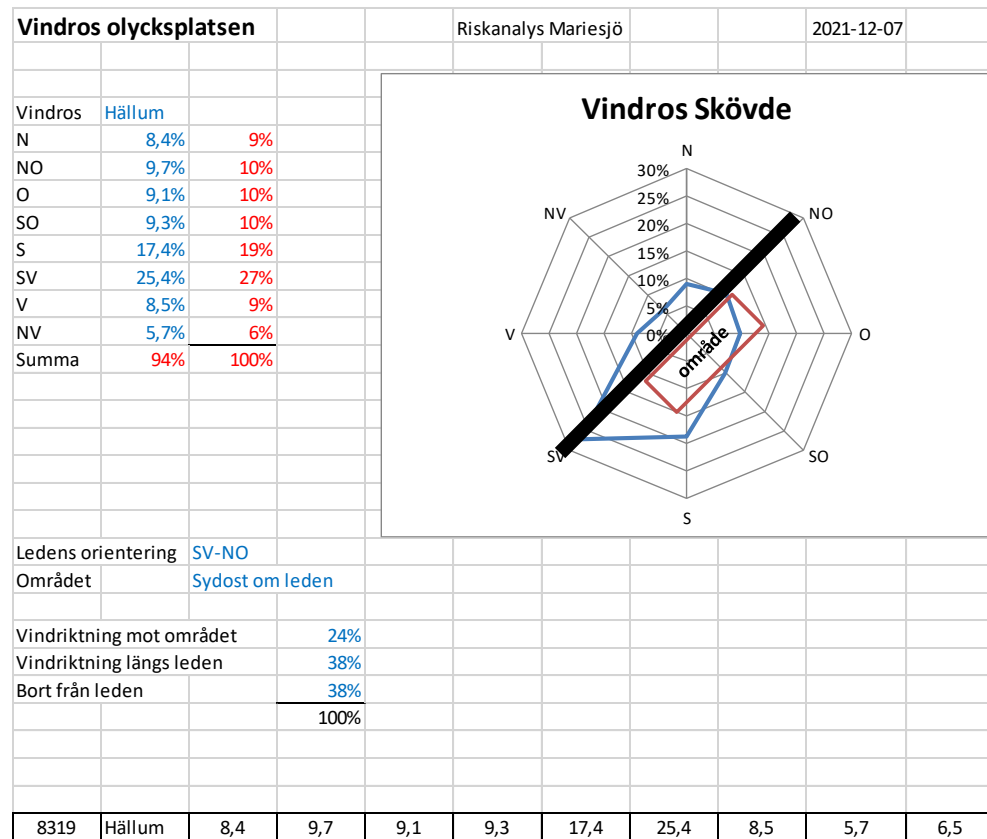
Ingångsdata 1(2)		Uppdragsnamn:	Riskanlys Västra kv Tegelbruket	2021-12-16		
Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5						
Ingångsdata						
Sträcka	1	km	Färgernas betydelse: Fylls i			
Vagnaxel/vagn	2,75		Standard			
Tåglängd	447	m	Beräknas			
Vagnlängd	20	m				
Godståg/dag	122					
Persontåg/dag	45					
Pendeltåg/dag	0					
Antal vagnar/tåg	22,4					
Antal tåg/dag	167					
Antal tåg/år	60955					
Antal tåg/v	1172					
Antal växlar	2,5					
Plankorsn. bommar	0					
Plankorsn. ljus	0					
Plankorsn. Kryss	0					
Vagnaxelkm/år	3,7E+06					
Vagnkm	1,4E+06					
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	1,9E-04	3,7E-04
Solkurva	Spårkm		1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm		4,0E-10	4,0E-10	1,5E-03	1,5E-03
Växel sliten	Antal tågpassager		5,0E-09	5,0E-09	7,6E-04	7,6E-04
Växel ur kontroll	Antal tågpassager		7,0E-08	7,0E-08	1,1E-02	1,1E-02
Vagnfel	Vagnaxelkm		3,1E-09	3,1E-09	1,2E-02	1,2E-02
Lastförskjutning	Vagnaxelkm		4,0E-10	4,0E-10	1,5E-03	1,5E-03
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager		5,0E-08	5,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
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	0,0E+00	0,0E+00
Annan/okänd	Tågkm		2,0E-07	2,0E-07	1,2E-02	1,2E-02
Summa	Olyckor per år/km				3,8E-02	3,9E-02
Antal tågkm/år					6,1E+04	6,1E+04
Olyckor per tågkm, år					6,3E-07	6,3E-07
Antal vagnkm/år					1,4E+06	1,4E+06
Olyckor per vagnkm, år					2,8E-08	2,8E-08

Figur 4. Ingångsvärden för riskberäkningarna.

Ingångsdata 2(2)		Riskanalys Västra kv Tegelbruket		2021-12-16	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid					
	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km ,år	antal vagnar natt/år	olycksrisk natt/km,år
Klass 1, massexplosiv	4,0	1,0	2,8E-08	3,0	8,4E-08
Klass 2.1	5300	1325,0	3,7E-05	3975,0	1,1E-04
Klass 2.3	400	100,0	2,8E-06	300,0	8,4E-06
Klass 3, bensin	15000	3750,0	1,1E-04	11250,0	3,2E-04
Klass 5.1, explosionsrisk	6100	1525,0	4,3E-05	4575,0	1,3E-04
Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg					
antal godståg	44530				
andel m bensinvagnar	34%				
Områdesinfo					
Områdets storlek					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd le	125	105	m		
Planområdets bredd	165	200	m		
Planområdets längd	100	150	m		
Befolkningstäthet					
	Dag				
	Inne	Ute			
Befolkning inne +ute	1350		personer		
Andel inne/ute	93%	7%			
Befolkning	1255,5	94,5	personer		
Befolkningstäthet	7,6E-02	3,2E-03	pers/m2		
	Natt				
	Inne	Ute			
Befolkning inne +ute	50		personer		
Andel inne/ute	99%	1%			
Befolkning	49,5	0,5	personer		
Befolkningstäthet	3,0E-03	1,7E-05	pers/m2		
	Dag	Natt			
Antal personer första raden totalt	270	10			
	Dag				
	Inne	Ute			
Andel i %	93%	7%			
Antal personer 1:a rad	251,1	18,9			
	Natt				
	Inne	Ute			
Andel i %	99%	1%			
Antal personer 1:a rad	9,9	0,1			

Figur 5. Ingångsvärden för riskberäkningarna, fortsättning.

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 aktuell plats.

2. 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.

2.1.1 Sannolikheter

Sannolikheten per vagnkilometer för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 5*.

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 fordon 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.

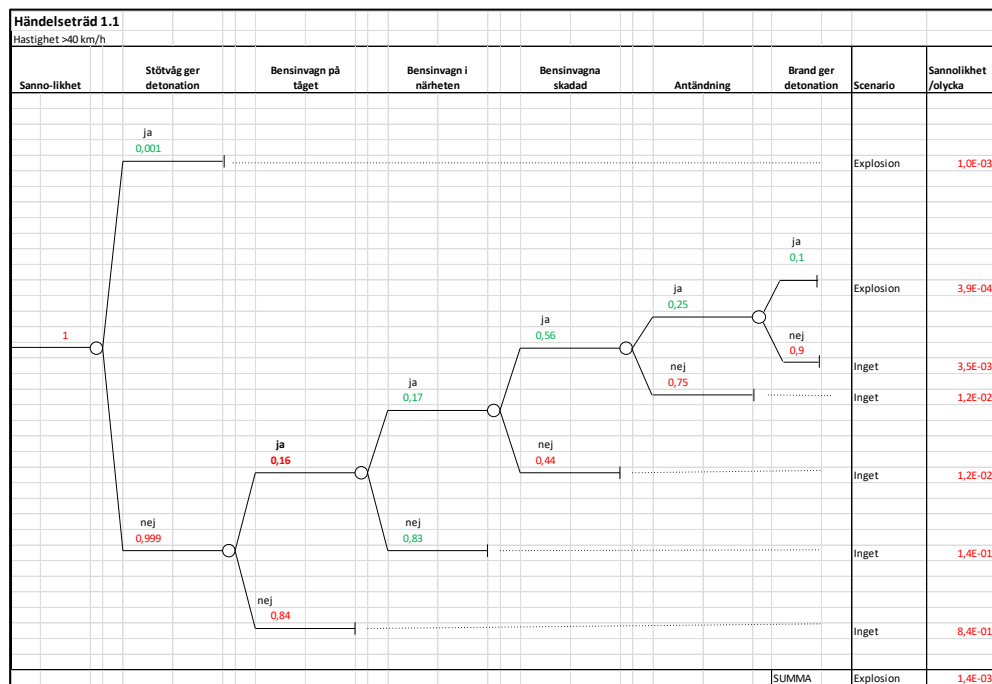
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

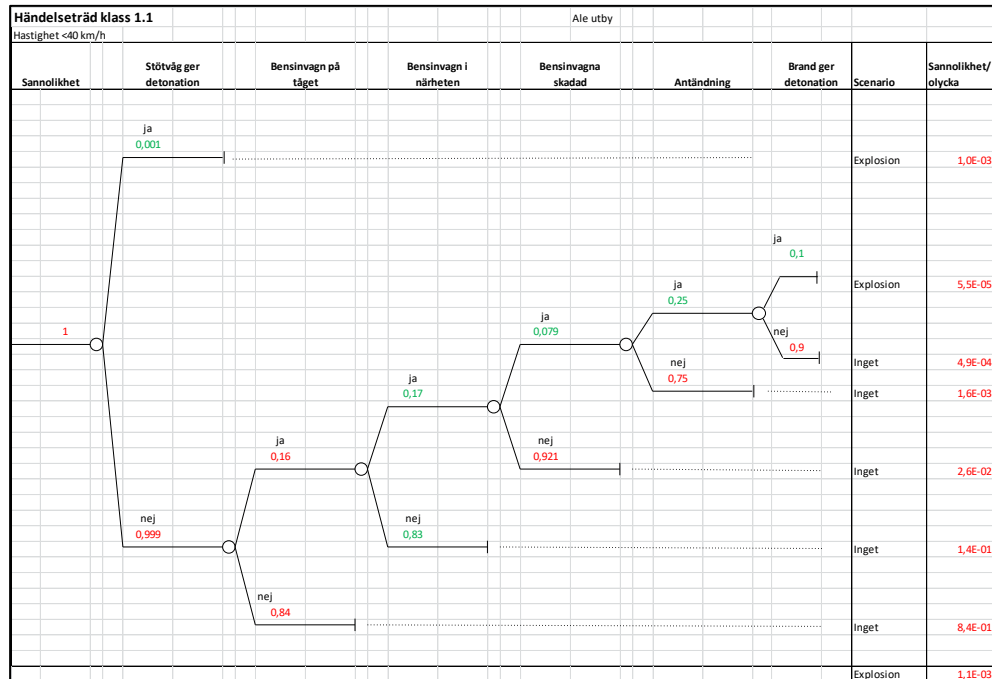
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

Sannolikheten för detta framgår av händelseträden i *figur 7 och 8* nedan.
Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankvagnar i RBMII.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i *figur 7* för tåghastigheter över 40 km/h och i *figur 8* för tåghastigheter under 40 km/h.



Figur 7. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tåghastigheter över 40 km/h.



Figur 8. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tågastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för att en vagn med mycket brandfarliga vätskor skall vara med på tåget tas från ingångsdaten i figur 5. (I figur 7 och 8 anges ett värde från ett tidigare projekt, det aktuella värdet har dock använts i beräkningarna.)

Resultaten av sannolikhetsberäkningar för fallet en masseexplosion 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 25 ton TNT.

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. 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 9 som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

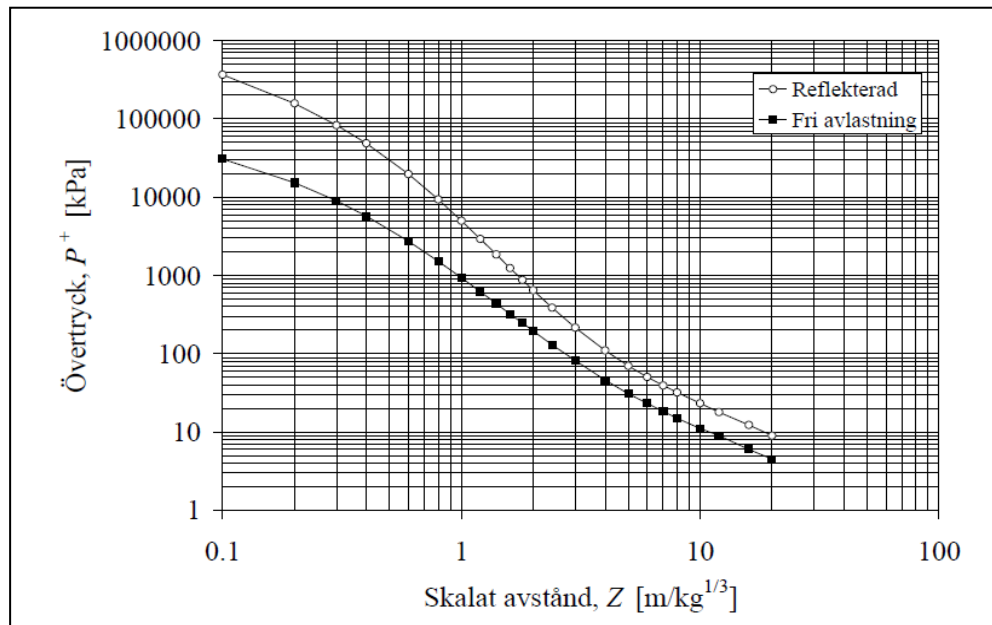
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket p_+



Figur 9 Reflekerat och oreflekerat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

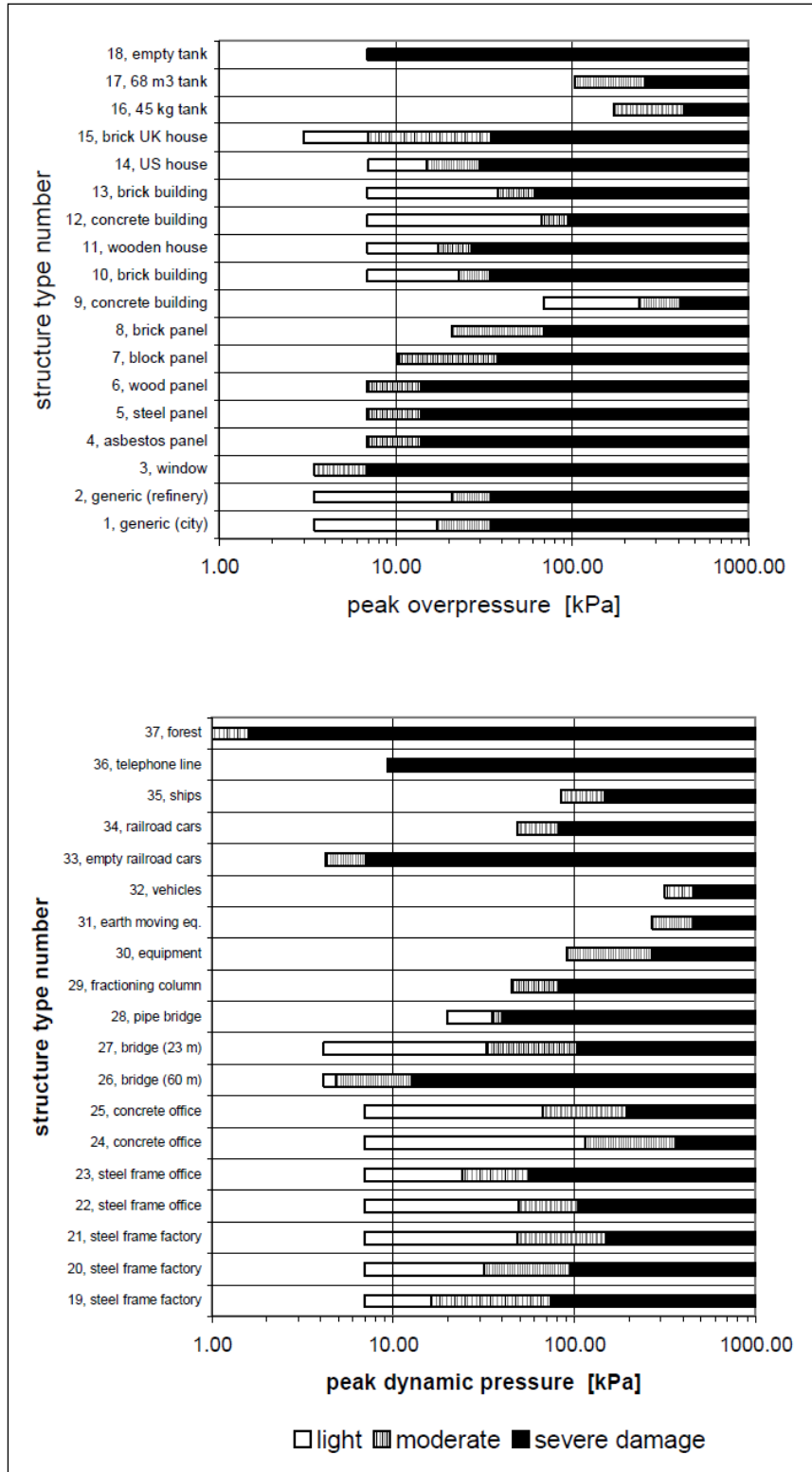
Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Explosionstryck som funktion av avståndet till explosionscentrum.

M (kg)		12500	25000
$M^{1/3}$ ($\text{kg}^{1/3}$)		23,2	29,2
Z	p^+		
$\text{m}/\text{kg}^{1/3}$	kPa	avstånd (m)	avstånd (m)
1	900	23	29
2	200	46	58
2,5	120	58	73
3	80	70	88
4	45	93	117
5	33	116	146
5,2	30	121	152
6	23	139	175
6,9	20	160	202
7,9	15	183	231

Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar vanliga hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck, se *figur 10 och 11*. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 146 m från platsen för explosionen vid en explosion av 25 ton TNT. (För en explosion med 12,5 ton TNT, se avsnitt 2.5 Scenarier med oxiderande ämnen, ämnen, är detta avstånd ca 116 m.)



Figur 10 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 11. Beskrivning av byggnadstyper mm i figur 10.

Sammantaget antas att byggnader närmast järnvägen får allvarliga skador inom 160 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

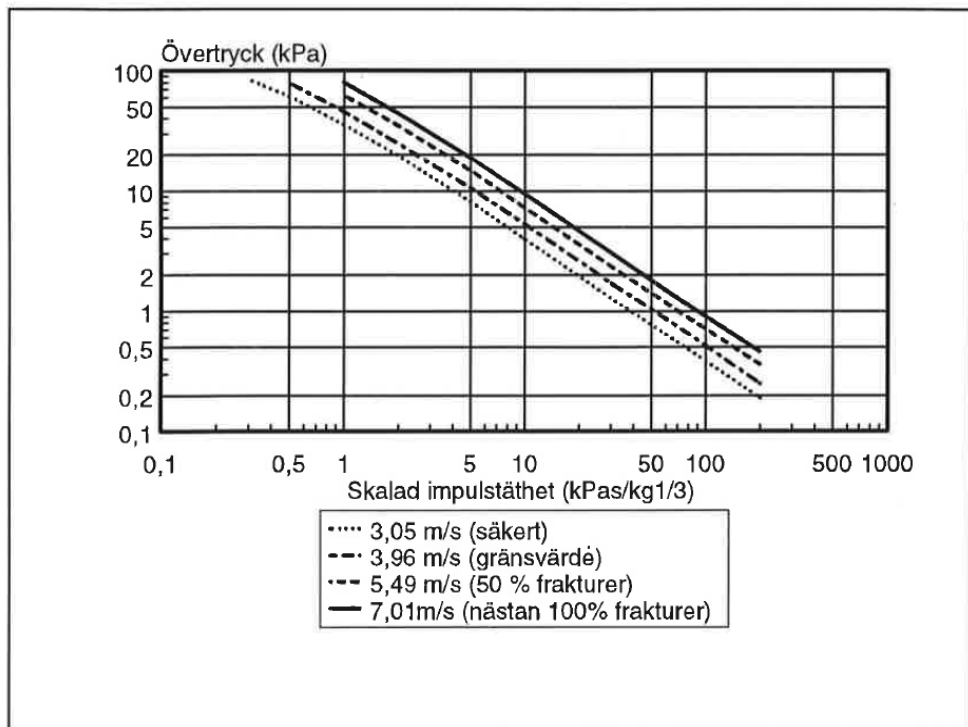
Direkta skador pga. tryck

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 12* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 12. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag mot huvudet (från FOA 1997).

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller splitter 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.

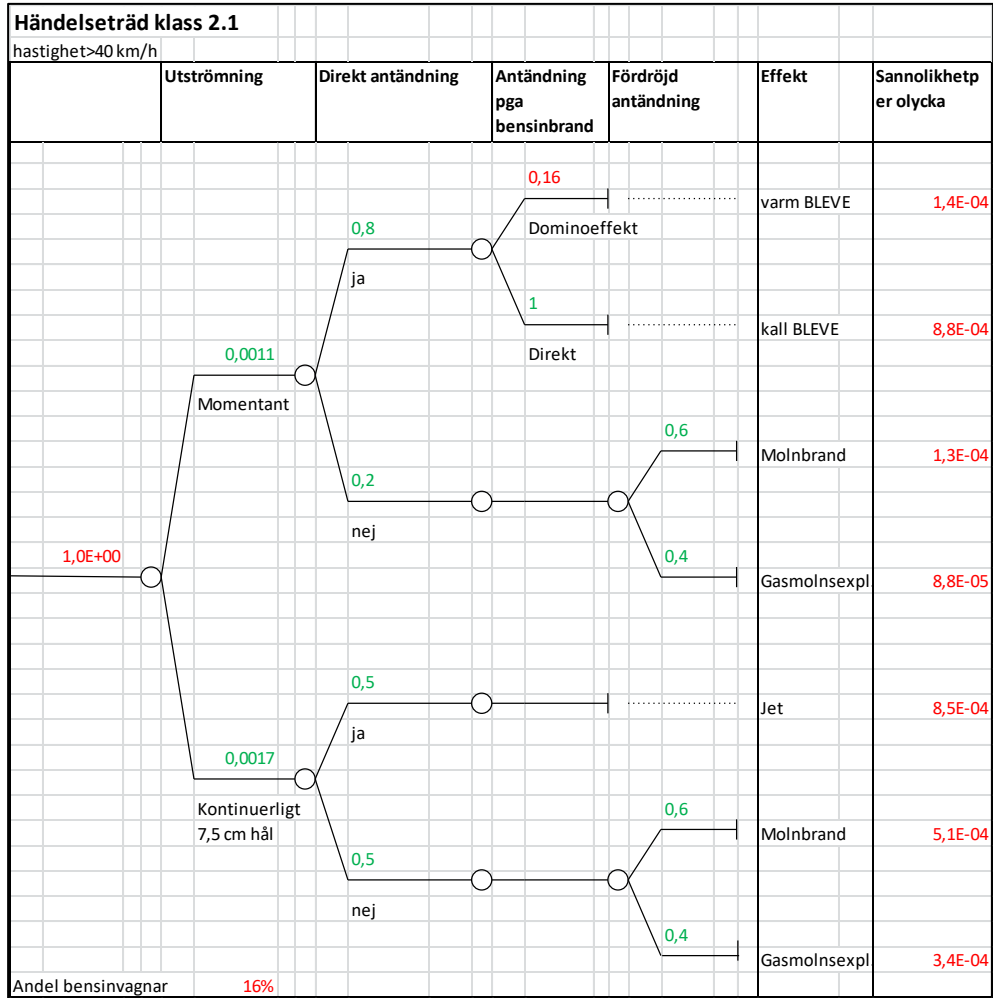
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

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

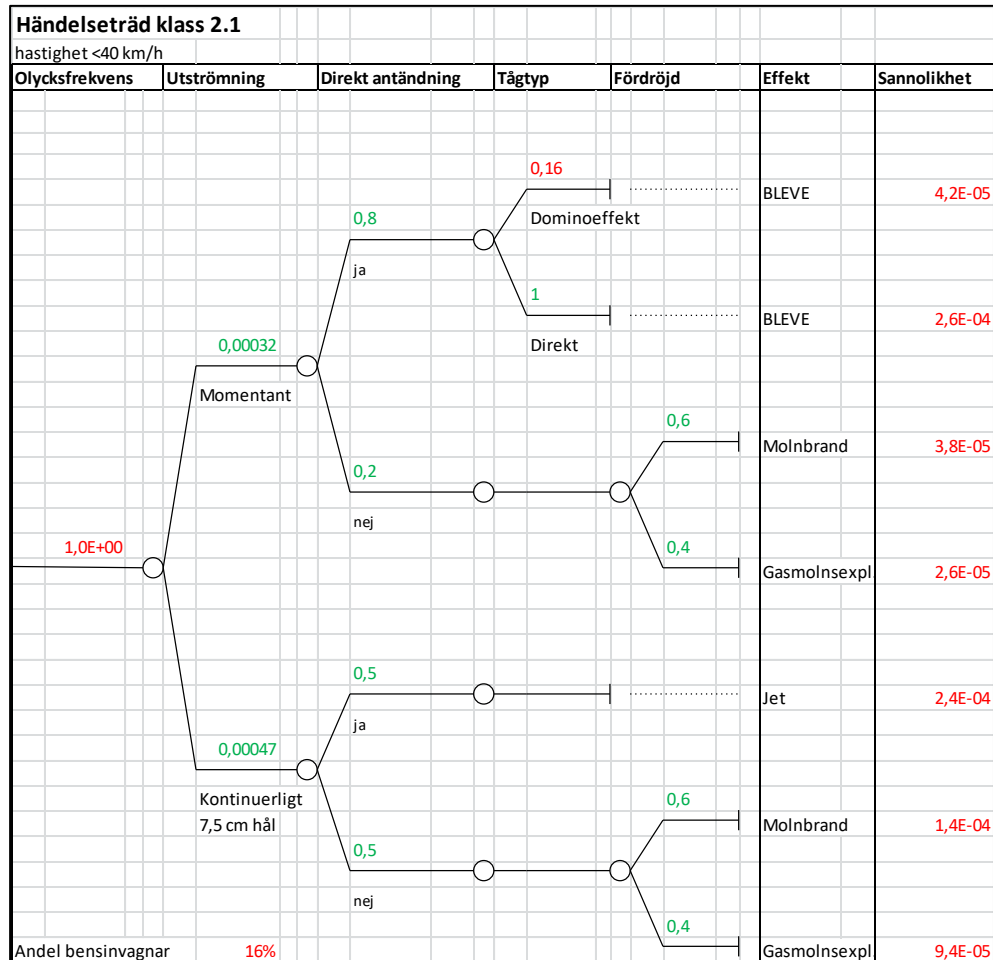
2.2.1 Scenario Jetflamma

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 14 och 15*, 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 14. Händelseträäd olycka med brandfarlig gas, tåghastighet över 40 km/h



Figur 15. Händelseträd 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.

2.2.2 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 valts 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 14 och 15* 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 mindre än 130 m från järnvägen.

Samhällsrisk

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

2.2.3 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 70 x10 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 14 och 15* och är lika med $5,1 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $1,4 \times 10^{-4}$ vid hastigheter under 40 km/h när en olycka sker 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.

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 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.

2.2.4 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 14 och 15* och är lika med $8,8 \times 10^{-5}$ för tågastigheter över 40 km/h och $2,6 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Individrisk

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.

2.2.5 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 14 och 15* 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 ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i banans riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas ligga på banan 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 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.

2.2.6 Scenario BLEVE

Vid en BLEVE havererar tanken brandfarlig 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 till 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 14 och 15* 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 förväntas omkomma inom ett område med längd 140 m längs leden och bredd 70 m in från vägen.

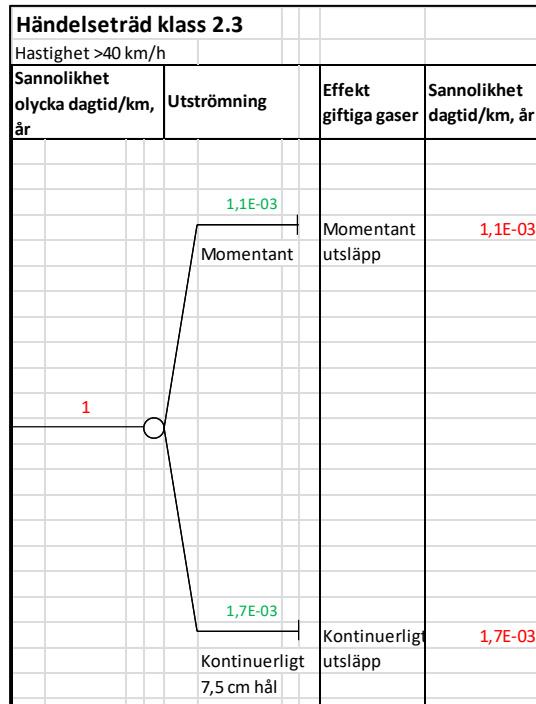
Samhällsrisk

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

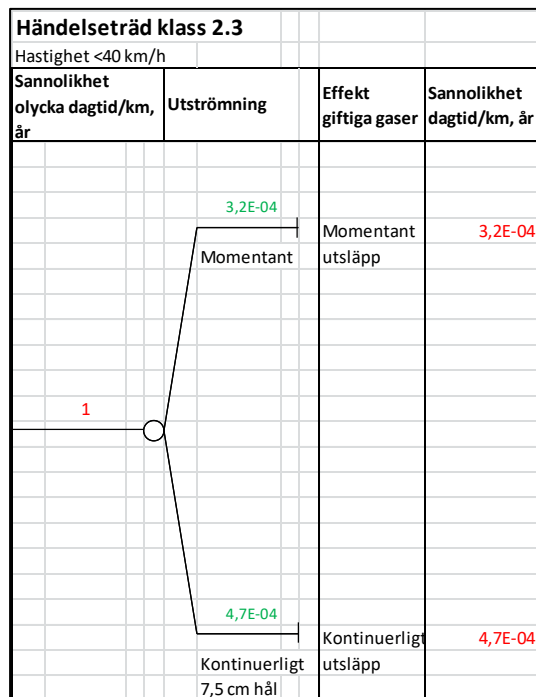
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3

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

Händelseträden för scenarier med giftiga gaser framgår i *figur 16 och 17* nedan.



Figur 16. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser, tåghastigheter över 40 km/h



Figur 17. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser, tåghastigheter under 40 km/h

2.3.1 Scenario Gasmoln M

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

Effektområdena har dock anpassats 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 16 och 17* och är lika med $1,1 \times 10^{-3}$ vid tåghastigheter 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.

2.3.2 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 16 och 17* 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.

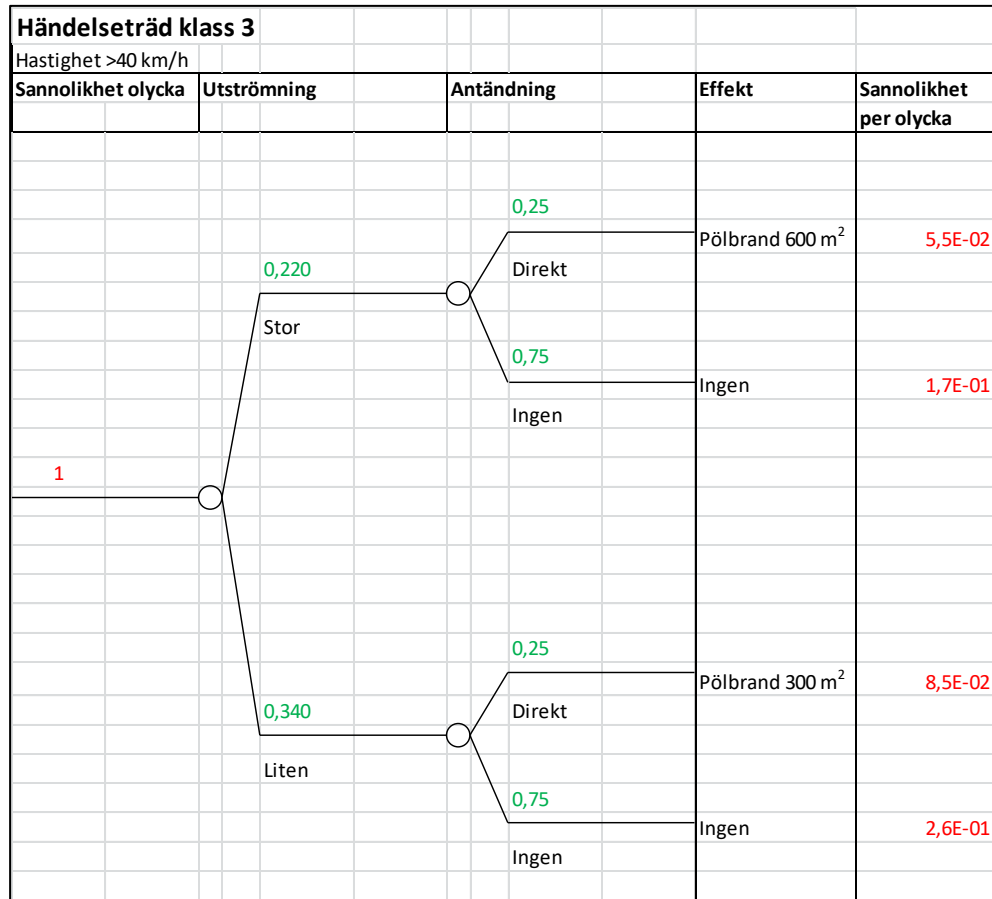
Samhällsrisk

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.

2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med mycket brandfarliga vätskor 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 18 och 19* nedan.



Figur 18 Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.
Tåghastighet > 40 km/h

Händelseträäd klass 3				
Hastighet <40 km/h				
Sannolikhet olycka	Utströmning	Antändning	Effekt	Sannolikhet per olycka
1	Stor	Direkt	Pölbrand 600 m ²	8,0E-03
		Ingen	Ingen	2,4E-02
	Liten	Direkt	Pölbrand 300 m ²	1,2E-02
		Ingen	Ingen	3,5E-02

Figur 19 Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.
Tåghastighet < 40 km/h

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 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 $8,0 \times 10^{-2}$ 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.

2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1

Sannolikheten för en olycka med en järnvägsvagn med oxiderande ämnen med risk för massexplosion per kilometer järnväg har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

Händelseträdet för scenarier med oxiderande ämnen framgår i *figur 19 och 20* nedan.

2.5.1 Scenario Explosion S och M

I dessa scenarior har vi utgått från att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 25 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

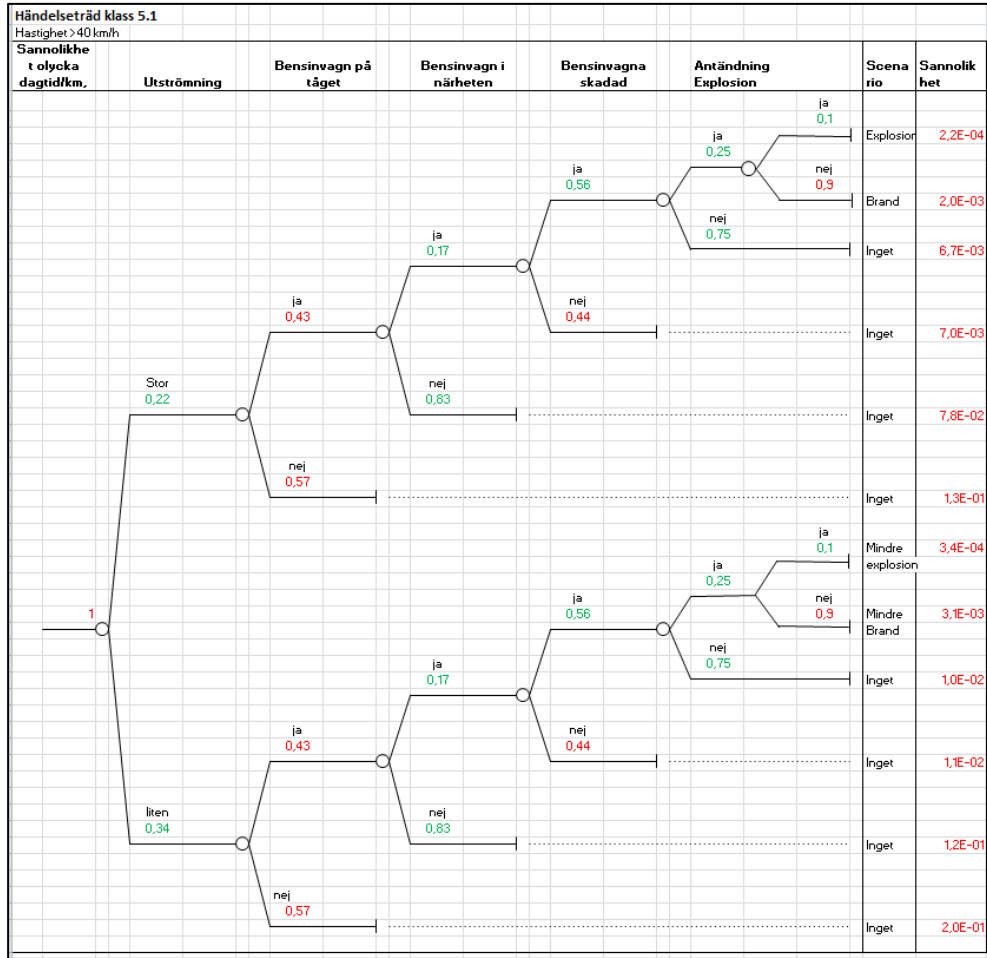
Konsekvenserna av dessa explosioner härleds på samma sätt som för massexplosiva ämnen i klass 1.

Sannolikhet

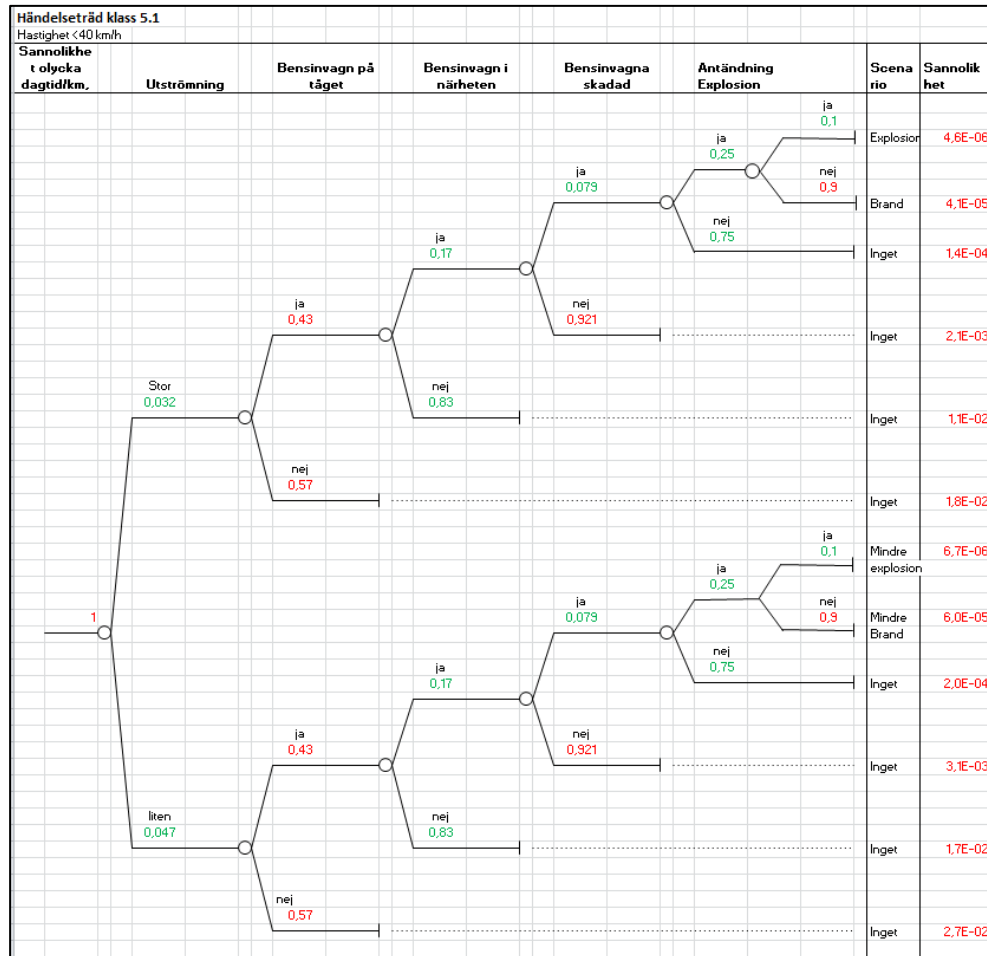
För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med bensin och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med oxiderande ämnen för att en blandning skall kunna ske, högst en vagn emellan.
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp.
4. Vätskan måste antändas.
5. Blandningen oxiderande ämne/brandfarlig vätska kan antingen brinna som en pölbrand eller explodera.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i *figur 19 och 20* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar. I de visade händelseträden utgås från att en vagn med mycket brandfarlig vätska finns med på 16 % av tågen. Denna siffra är tagen från ett äldre projekt och används här endast som exempel. I beräkningarna har den rätta siffran används som finns i *figur 5*.



Figur 19. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter över 40 km/h



Figur 20. Händelsesträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter under 40 km/h

Konsekvenser

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt eftersom 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 densamma som för en explosion av 25 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns beskriven i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara densamma som för en explosion av 12,5 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns också beskriven i scenariot för klass 1.1.

De scenarier där ingen explosion sker men det oxiderande ämnen deltar i branden av den brandfarliga vätskan ingår i beräkningarna för konsekvenserna av olyckor med klass 3.

3. Beräkningsresultat

I tabell 2 och 3 presenteras resultaten av riskberäkningarna som presenteras i kapitel 6 i rapporten.

Tabell 2. Resultaten av riskberäkningarna för normala tågastigheter.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid											Riskanalys Västra kv Tegelbruken			2021-12-16
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1			Effektområde 2			F _{scen} /år	Omkomna			
				längd	bredd	F _{omk} , inne	F _{omk} , ute	längd	bredd			F _{omk} , inne	F _{omk} , ute	
1.	2,8E-08	Massexplosion	5,1E-11	173	152	0,17	1,00	-	-	-	8,74E-12	60,8		
2.1	3,7E-05	Jet	3,2E-08	70	90	1,00	1,00	0,00	0,10	0,10	3,2E-09	0,0		
		Gasbrand M	4,9E-09	260	130	1,00	1,00	-	-	-	1,3E-09	49,9		
		Gasbrand KT	4,6E-10	10	70	1,00	1,00	-	-	-	4,6E-10	0,0		
		Gasbrand KL	7,1E-10	70	5	1,00	1,00	-	-	-	7,1E-10	0,0		
		Gasexplosion M	4,9E-09	330	165	1,00	1,00	-	-	-	1,1E-09	356,5		
		Gasexplosion KT	3,1E-10	95	95	1,00	1,00	-	-	-	3,1E-10	10,5		
		Gasexplosion KL	4,7E-10	95	47	1,00	1,00	-	-	-	4,7E-10	0,0		
		Bleve	4,4E-08	140	70	1,00	1,00	105	0,00	0,07	6,1E-09	0,0		
2.3	2,8E-06	Giftig gasmoln M	3,1E-09	100	50	0,10	1,00	114	0,03	0,30	3,1E-10	0,0		
		Giftig gasmoln KT	1,2E-10	36	240	0,10	1,00	121	0,03	0,30	1,2E-10	93,3		
		Giftig gasmoln KL	4,3E-10	240	18	0,10	1,00	374	0,03	0,30	4,3E-10	0,0		
3.	1,1E-04	Stor pölbrand	5,8E-06	30	15	1,00	1,00	-	-	-	5,8E-07	0,0		
		Liten pölbrand	8,9E-06	26	13	1,00	1,00	30	0,00	0,04	8,9E-07	0,0		
5.1	4,3E-05	Stor explosion	7,5E-09	173	152	0,17	1,00	-	-	-	1,3E-09	60,8		
		Liten explosion	1,2E-08	0	121	0,17	1,00	-	-	-	1,2E-09	0,0		

Tabell 3. Resultaten av riskberäkningarna för normala tåg hastigheter, fortsättning.

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid										Riskanalys Västra kv Tegelbruk/ 2021-12-16				
Natt	Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1			Effektområde 2			Omkomna			
					längd	bredd	F _{omk.} inne	F _{omk.} ute	längd	bredd		F _{omk.} inne	F _{omk.} ute	F _{scen} /år
1.	8,4E-08	Masseexplosion	1,5E-10	173	152	0,17	1,00	1,00	-	-	-	2,62E-11	1,8	
2.1	1,1E-04	Jet	9,5E-08	70	90	1,00	1,00	1,00	70	90	0,00	0,10	9,5E-09	0,0
		Gasbrand M	1,5E-08	260	130	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	3,8E-09	1,6
		Gasbrand KT	1,4E-09	10	70	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	1,4E-09	0,0
		Gasbrand KL	2,1E-09	70	5	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	2,1E-09	0,0
		Gasexplosion M	9,8E-09	330	165	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	3,2E-09	13,1
		Gasexplosion KT	9,2E-10	95	95	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	9,2E-10	0,4
		Gasexplosion KL	1,4E-09	95	47	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	1,4E-09	0,0
		Bleve	1,3E-07	140	70	1,00	1,00	1,00	210	105	0,00	0,07	1,8E-08	0,0
2.3	8,4E-06	Giftig gasmoln M	9,3E-09	100	50	0,10	1,00	1,00	114	57	0,03	0,30	9,3E-10	0,0
		Giftig gasmoln KT	3,5E-10	36	240	0,10	1,00	1,00	121	374	0,03	0,30	3,5E-10	2,5
		Giftig gasmoln KL	1,3E-09	240	18	0,10	1,00	1,00	374	61	0,03	0,30	1,3E-09	0,0
3.	3,2E-04	Stor pölbrand	1,7E-05	30	15	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	5,8E-07	0,0
		Liten pölbrand	2,7E-05	26	13	1,00	1,00	1,00	30	15	0,00	0,04	2,7E-06	0,0
5.1	1,3E-04	Stor explosion	2,3E-08	173	152	0,17	1,00	1,00	-	-	-	-	3,9E-09	1,8
		Liten explosion	3,5E-08	0	121	0,17	1,00	1,00	-	-	-	-	3,5E-09	0,0

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 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
- 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 luftstötväg, Statens

Räddningsverk, Avdelningen för stöd till
räddningsinsatser, 2007