

Risicanalys

Upprättad 2020-06-18



Hamnen, Tornet m.fl.,
Mönsterås kommun

Etablering av bostäder i anslutning till järnväg för
transport av farligt gods

Uppdragsnummer 20113

Kalmar | Norra Långgatan 1 | Tel: 0480-100 92

Karlskrona | Norra Smedjegatan 4 | Tel: 0455-107 92

Växjö | Kronobergsgatan 4 | Tel: 0470-777 992

Postadress: Box 144 | 391 21 Kalmar

BRAND & RISKANALYS

Certifierade enligt ISO 9001 & 14001

Fastighet:	Hamnen, Tornet m.fl., Mönsterås kommun
Projekt:	Etablering av bostäder i anslutning till järnväg för transport av farligt gods
Uppdragsgivare:	Mönsterås kommun Plan- och byggavdelningen Box 54 383 22 Mönsterås
Upprättad av:	Brand & Riskanalys AB Box 144 391 21 Kalmar
Uppdragsansvarig och handläggare:	 Björn Eveborn Brandingenjör Civilingenjör Riskhantering bjorn@brandrisk.se
Kontrollerad av:	 Tobias Gustafsson Brandingenjör Civilingenjör Riskhantering

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
1 Inledning	4
1.1 Problembeskrivning	4
1.2 Syfte och mål	4
1.3 Avgränsningar	4
1.4 Metod	5
1.5 Underlag	5
2 Områdesbeskrivning	6
3 Riskhantering	7
3.1 Acceptabel risk	7
4 Riskidentifiering	9
4.1 Urspårning på järnväg	9
4.2 Olycka med farligt gods	9
4.3 Konsekvensscenarion	10
5 Risknivå och riskvärdering	12
5.1 Samhällsrisk	12
5.2 Individrisk	13
6 Känslighetsanalys	13
7 Slutsats	14
8 Källförteckning	16
Bilaga A - Övergripande riskhantering	17
Bilaga B - Frekvensberäkning	20
Bilaga C - Beräkning av infallande strålning	21

1 Inledning

Brand & Riskanalys har på uppdrag av Mönsterås kommun utfört en riskanalys med avseende på industrijärnväg som löper genom Mönsterås och dess påverkan på personsäkerheten i samband med framtagande av ny detaljplan avseende ändrad användning av hamnområdet (Inre hamnen) för bostäder (inklusive vårdbostäder) och centrumbebyggelse.

1.1 Problembeskrivning

På aktuell industrijärnväg transporteras farligt gods. I samband med framtagande av ny detaljplan för berörd fastighet ska risker förknippade med transport på järnväg beaktas. Länsstyrelsen i Skåne Län har utgivit *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen* (2007), RIKTSAM, där ett avstånd om 150 m från farligt godsled rekommenderas för flerbostadshusbebyggelse. Därutöver rekommenderas ett bebyggelsefritt område om 30 m närmast farligt godsled vilket i aktuellt fall uppfylls då ingen bebyggelse tillåts närmare än 30 m från järnväg enligt planförslaget.

Med hänsyn till ovanstående behöver risker med avseende på järnväg och transport av farligt gods utredas.

1.2 Syfte och mål

Syftet med riskanalysen är att klargöra riskbilden, med avseende på personsäkerhet, på berörda fastigheter i samband med etablering av nya bostäder och centrumbebyggelse i närhet av järnväg.

Målet är att kvantitativt utvärdera riskbilden mot rekommenderade kriterier för individ- och samhällsrisk, samt vid behov föreslå eventuella riskreducerande åtgärder.

1.3 Avgränsningar

Riskanalysen omfattar endast aktuella fastigheter som omfattas av planförslaget och de personsäkerhetsrelaterade risker närliggande järnväg medför. Analysen förutsätter att området planeras för bostäder och centrumbebyggelse och därtill vedertagen persontäthet.

Riskbedömningen beaktar risker förknippade med urspårning samt transport av farligt gods på aktuellt järnvägsavsnitt.

Endast oförutsedda händelser som kan leda till fara för människors liv och hälsa (tredje man) kommer att beaktas. Ingen hänsyn tas till påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö.

1.4 Metod

Den riskanalysmetodik som används innehåller följande moment:

Definiera och avgränsa systemet

Definiera vad som innefattas i det system som ska analyseras. Inledningsvis ges en beskrivning av området med geografiskt läge, intilliggande verksamheter och områdets övriga förutsättningar.

Riskidentifiering

Vad kan inträffa? Sammanställning av dimensionerande scenarier för vidare analys.

Frekvensberäkningar

Hur ofta kan det inträffa? Beräkning av frekvens/sannolikhet för de identifierade riskscenarierna.

Konsekvensberäkningar

Vad är konsekvensen av det inträffade? Beräkning av konsekvensen av de identifierade riskscenarierna.

Riskuppskattning

Hur stor är risken? Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för riskområdet. Redovisas i form av samhälls- och individrisk.

Riskvärdering

Är risken acceptabel? Redovisad risknivå ställs mot samhällets uppsatta kriterier för vad som är en acceptabel risknivå.

Riskreduktion

Behövs åtgärder? Förslag till riskreducerande åtgärder redovisas vid behov.

1.5 Underlag

Underlag för aktuell handling utgörs av följande:

- Planbeskrivning med tillhörande plankarta (samrådshandling), upprättad av Mönsterås kommun, Dnr 2019/509.
- Befintlig riskanalys för Del av Mönsterås 6:1 (planområde längs samma järnväg), upprättad av PS Group, daterad 2014-03-06.
- Befintlig riskanalys för Mönsterås 7:1 (planområde längs samma järnväg), upprättad av Brand & Riskanalys, daterad 2019-10-30, rev. 20-03-31.
- Muntlig information kring transporter av farligt gods från Lars Lunden, Södra Cell.
- Generella trafikuppgifter (statistik) för aktuell järnvägssträcka, Trafikverket.
- Platsbesök 2020-05-28.

2 Områdesbeskrivning

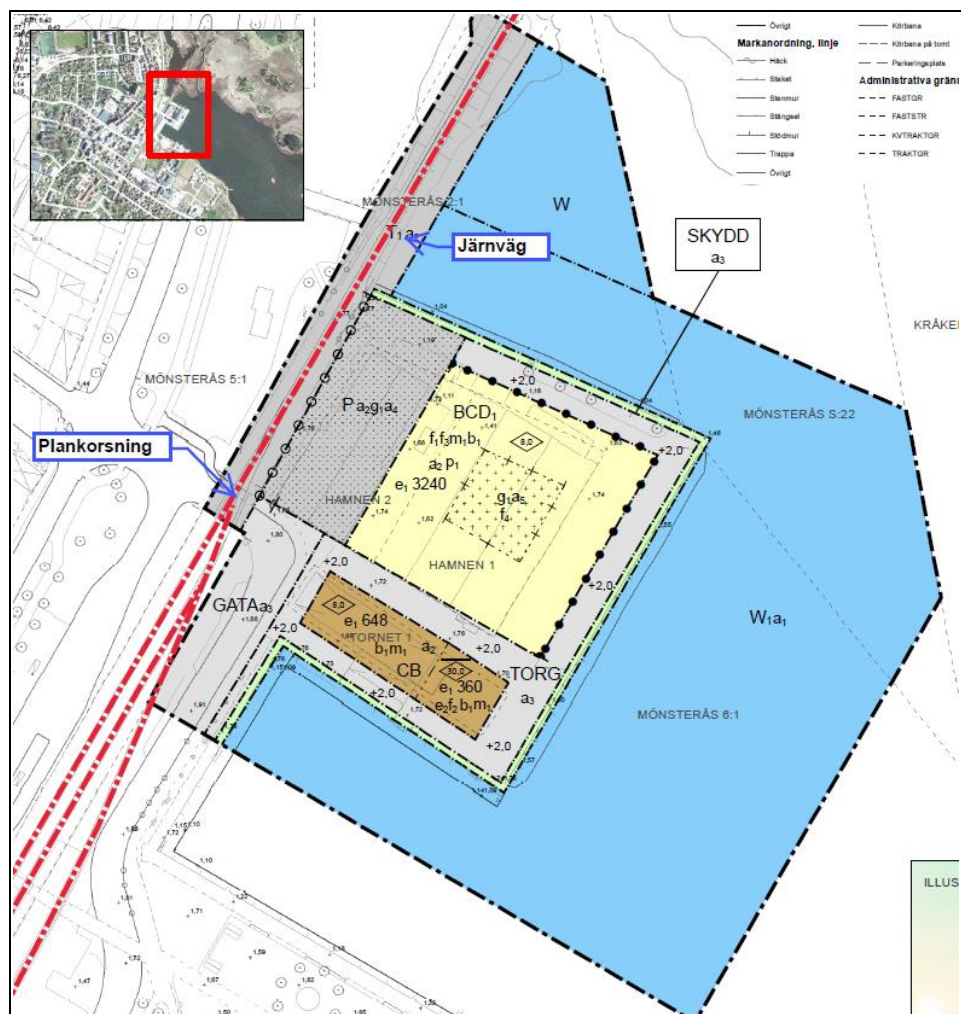
Figur 2.1 nedan redovisar berört planområde vilket omfattar inre hamnen i Mönsterås. Berörda fastigheter är idag bebyggda med äldre lager-/industribyggnader vilka nyttjas som lager, butiker (sällanköpshandel), restaurang samt turistbyrå. Området är plant utan några betydande nivåskillnader.

Utifrån ny detaljplan planeras området att utvecklas för att möjliggöra nybyggnad av bostäder, vårdbostäder samt centrumbebyggelse. Sammanlagt beräknas ändringen medföra 50 – 100 nya lägenheter.

Byggnadshöjd tillåts generellt uppgå till 8 m, med undantag för områdets sydöstra hörn där en nockhöjd mellan 16 - 30 m tillåts.

Områdets västra del planeras för parkeringsytor och ingen bebyggelse ska ske inom 30 m från järnvägsspåret som avgränsar planområdet mot övriga samhället. Infart till hamnområdet sker via plankorsning försedd med bommar.

Väster om järnvägen ligger samhällets centrum med bostäder och mindre butiker belägna ca 60 m från spåret. Befintlig pizzeria är dock belägen ca 12 m från spåret. Ca 100 m sydväst om planområdet finns en bussterminal.



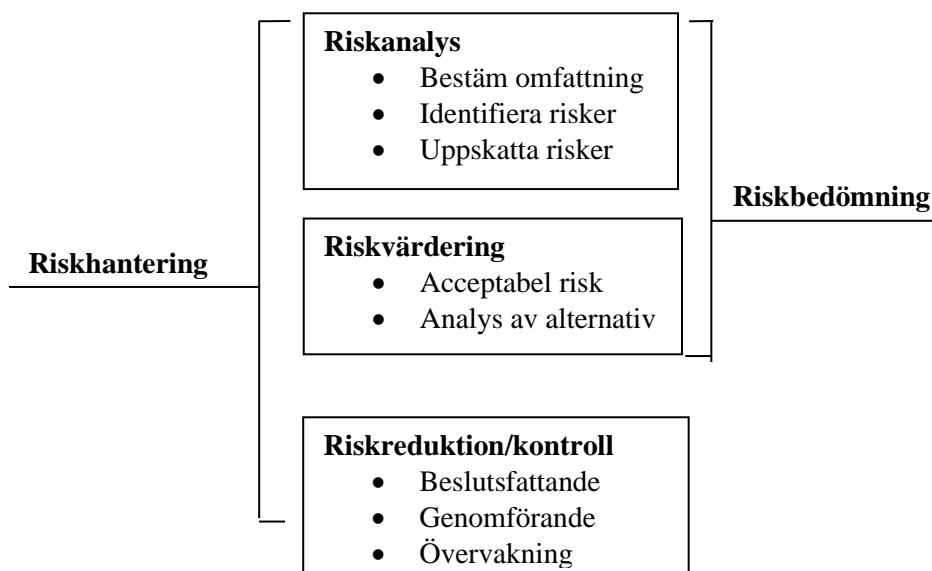
Figur 2.1. Översiktsbild av planerat område (utdrag från plankarta). Områden som bebyggs är markerade med gult/orange.

På järnvägen, som uteslutande trafikeras av godstrafik till Mönsterås bruk, transporteras farligt gods i form av väteperoxid som används vid bruket.

Maximal tillåten hastighet förbi planområdet är 60 km/h. Direkt efter plankorsningen sänks dock hastighetsbegränsningen till 40 km/h varvid hastigheten förbi planområdet sannolikt är lägre än 60 km/h med hänsyn till att tåget då är under antingen acceleration eller retardation.

3 Riskhantering

Med begreppet risk menas i denna rapport en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för en händelse som leder till negativa konsekvenser. Riskhantering innebär således hantering av händelser som kan ge negativa konsekvenser. Det kontinuerliga arbetet som bedrivs för att hantera risker kallas riskhanteringsprocessen. Denna process illustreras i figur 3.1. Fördjupad förklaring av de olika ingående delarna inom riskhanteringsprocessen återfinns för den intresserade läsaren i Bilaga A.



Figur 3.1 Flödesschema över riskhanteringsprocessens olika delar, IEC (1995).

3.1 Acceptabel risk

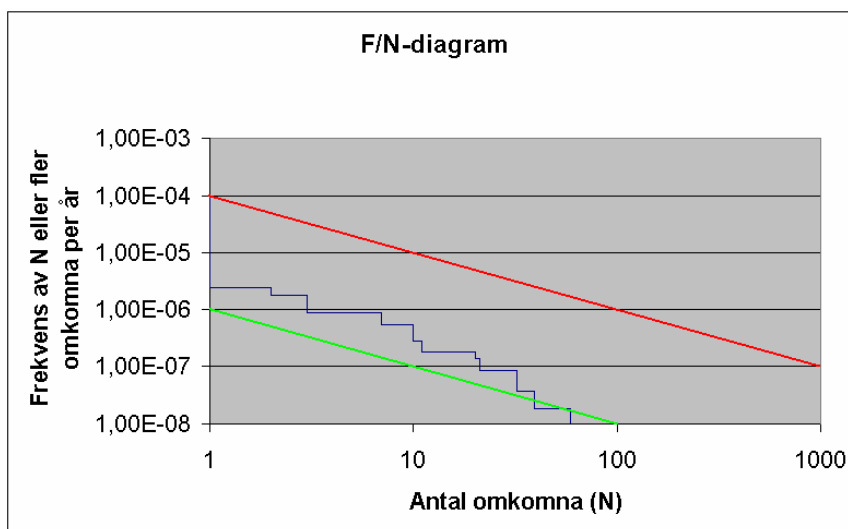
Det finns inga nationella krav på vilken samhällsrisknivå som maximalt ska accepteras. Därför är det upp till beslutsfattarna att avgöra vilka risker som ska anses acceptabla. Praxis är att använda förslag på kriterier framtagna av DNV (Det Norske Veritas) (Davidsson, 2002). Dessa kriterier används som utgångspunkt i denna analys.

Kriterierna är uppdelade i samhällsrisk, vilken redovisas i form av en F/N-kurva, och individrisk vilken redovisas som risken för dödsfall per år på ett visst avstånd från riskkällan.

Vägledning kring vad som kan anses vara ett mått på acceptabel risknivå anges även i RIKTSAM. Där anges en nivå som kan ses som en absolut gräns för huruvida en risk kan anses acceptabel eller ej. Dessa kriterier sammanfaller i aktuellt fall med ett medelvärde för ALARP-området som anges i kriterierna framtagna av DNV.

3.1.1 Samhällsrisk

Samhällsriskens redovisas ofta i form av ett F/N-diagram, se figur 3.2. I ett sådant diagram visas sambandet mellan den ackumulerade frekvensen av skadehändelser och antal omkomna personer. Det innebär att frekvensen för N eller fler omkomna redovisas.

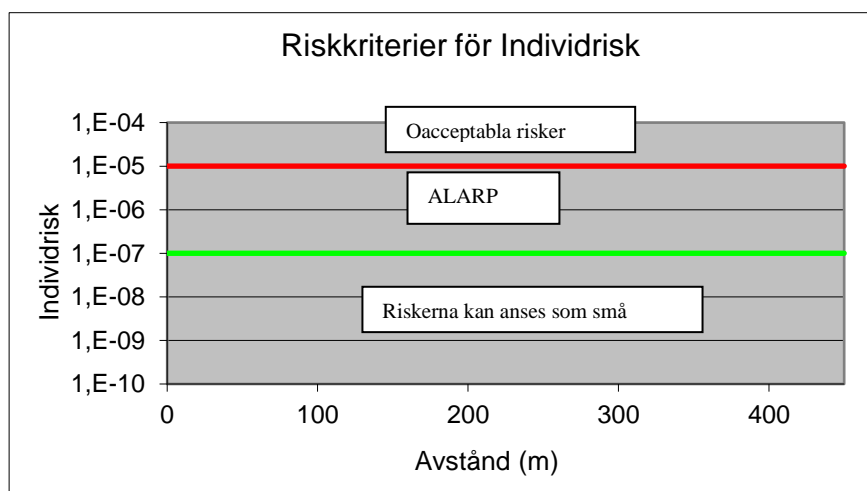


Figur 3.2. Samhällsrisk. Blå linje illustrerar exempel på samhällsriskkurva.

Ovanför den röda linjen är riskerna oacceptabelt stora. Det innebär exempelvis att frekvensen för 10 eller fler omkomna inte får vara större än 10^{-5} . Mellan den gröna och röda linjen återfinns det så kallade ALARP-området. ALARP står för "As Low As Reasonably Practicable". Vid risker som ligger inom detta område bör åtgärder vidtas för att sänka riskerna. Åtgärdsförslag baseras på en bedömning av kostnad/nytta. Om riskerna befinner sig under den gröna linjen kan de anses vara små och därmed acceptabla.

3.1.2 Individrisk

Individrisk definieras som risken att omkomma för en person som står på en given plats under ett års tid. Detta riskmått tar därmed ej hänsyn till befolkningstäthet. Individrisken minskar med avståndet från riskkällan. Gränsen för oacceptabel risk är $>10^{-5}$ per år. Gränsen för acceptabel risk anses vara $>10^{-7}$. Risker mellan dessa två frekvenser ligger inom ALARP-området (se ovan). Figur 3.3 nedan illustrerar individrisken som funktion av avstånd från riskkällan.



Figur 3.3. Individrisk.

4 Riskidentifiering

I detta kapitel redovisas de risker som identifierats med hänsyn till det aktuella riskobjektet, järnvägen. På aktuell järnvägssträcka sker ca 700 transporter om året (Transportstyrelsen). Detta motsvarar ungefär två tåg om dagen. Farligt gods medförs endast i en riktning, vilket motsvarar ca 350 transporter med farligt gods om året.

Följande avsnitt redovisar identifierade riskscenarier.

4.1 Urspårning på järnväg

En eventuell urspårning på järnvägen kan innebära mekanisk påverkan inom planområdet samt leda till utsläpp av farligt gods.

I aktuellt fall ska ett bebyggelsefritt område om 30 meter tillskapas närmast järnvägen där ytan ska nyttjas för ytparkering samt gata vilket innebär att ingen stadigvarande vistelse förväntas ske här. Området uppfyller därmed rekommenderad användning enligt riktlinjer i RIKTSAM varför scenarier avseende mekanisk påverkan som endast berör detta område ej beaktas vidare i analysen.

Ingen mekanisk påverkan till följd av urspårning av tågagnar antas kunna ske över 30 m från aktuellt järnvägsavsnitt med hänsyn till platsspecifika förutsättningar.

4.1.1 Frekvens urspårning

Beräkning av frekvens för järnvägsolycka (urspårning) sker enligt *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (Fredén, 2001). Beräkning samt aktuella förutsättningar och antaganden redovisas i Bilaga B.

Aktuell sträcka utgörs av planområdets längd längs järnväg samt 150 m i vardera riktningen då det är inom detta område som en olycka bedöms kunna påverka planområdet. Undersökt sträcka blir med dessa förutsättningar 510 m.

Med förutsättningar enligt ovan blir frekvensen för urspårning $3,34 \times 10^{-4}$.

4.2 Olycka med farligt gods

På den aktuella järnvägssträckan transporteras farligt gods i form av väteperoxid med koncentrationerna 50 % respektive 70 %. Aktuell analys utgår från att all väteperoxid som transporteras har den högre koncentrationen i syfte att hålla analysen konservativ.

Väteperoxid tillhör ADR-klass 5 och är en starkt oxiderande vätska. Ämnet är även frätande och kan dessutom vid upphettning eller vid kontakt med brännbara ämnen leda till kraftiga reaktioner.

Oxiderande ämnen, så som väteperoxid, leder vanligtvis inte till personskador då det normalt krävs direktkontakt för att frätskador eller liknande ska uppstå. Undantag från ovan är ifall ämnet kommer i kontakt med organiskt material vilket kan leda till självantändning och i vissa fall explosionsartade brandförlopp. Upphettning av ämnet kan också leda till att ämnet sönderfaller, med explosion som följd.

4.2.1 Frekvens urspårning med farligt gods

Beräkning av frekvens för järnvägsolycka där urspårning omfattar vagnar lastade med farligt gods utgår från samma modell som föregående avsnitt. I aktuell analys antas olycka med farligt gods förutsätta urspårning.

Farligt gods antas utgöra 20 % (4 st) av tågets vagnar. Farligt gods förekommer endast vid transport i riktning mot bruket, vilket innebär att sannolikheten att en urspårning omfattar vagnar med farligt gods är 10 % (0,5 x 0,2) av den totala frekvensen för urspårning av en vagn. Frekvensen för olycka med vagn med farligt gods uppgår därför till $3,34 \times 10^{-5}$ med hänsyn taget till den totala frekvensen för urspårning på den aktuella sträckan.

4.3 Konsekvensscenarion

Nedan redovisas konsekvenser utifrån de identifierade riskerna.

4.3.1 Olycka med farligt gods

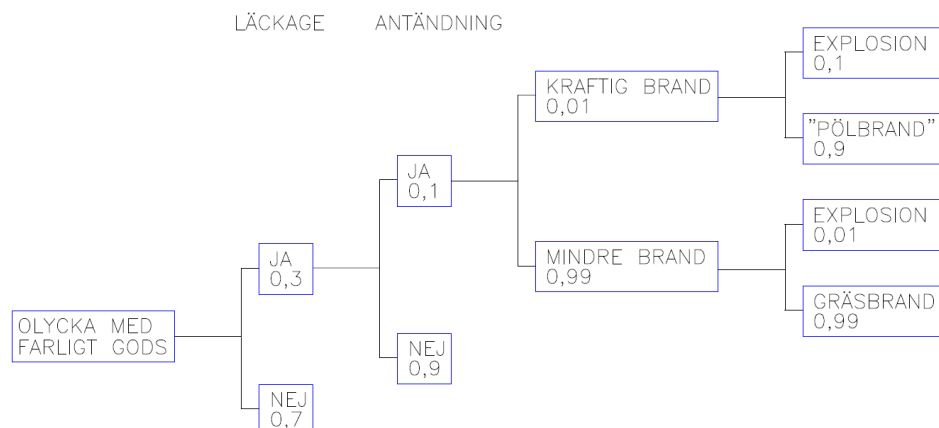
Vid en olycka med tunnväggiga vagnar likt de som används vid transport av väteperoxid är sannolikheten att tanken springer läck 0,3, givet urspårning (Fredén, 2001). Vid läckage antas 10 % av fallen leda till antändning.

Vid ett läckage krävs att det utläckta ämnet kommer i kontakt och blandas med organiskt brännbart material (exempelvis diesel eller olja från loket) för att riskera en kraftig brand med ett explosionsartat förlopp. Aktuell sträcka har en rak dragning i kombination med låg hastighet vilket medför att denna sannolikhet bedöms vara mycket låg och sätts i aktuell analys konservativt till 0,01.

I övriga fall där kontakt ej sker med drivmedel från loket bedöms ett läckage kunna understödja en mindre gräsbrand i terrängen. Sannolikheten för mindre gräsbrand förutsatt läckage och antändning antas därmed vara 0,99. Detta scenario bedöms ej leda till kritiska förhållanden för människor inom planområdet med hänsyn till att mängden brännbart material i anslutning till spåret är liten.

Om en oskadad vagn med väteperoxid utsätts för värmepåverkan av branden under en viss tid finns risk att ämnet sönderfaller kraftigt med detonation som följd. Sannolikheten att en brand ska påverka oskadad tankvagn och resultera i en explosion antas vara 0,1 vid en kraftig brand, och 0,01 vid en mindre gräsbrand.

Ovanstående sammanfattas i händelseträd nedan.



Figur 4.1. Möjliga konsekvensscenarier vid urspårning som omfattar vagnar med farligt gods.

4.3.1.1 Konsekvenser av brand

Vid ett läckage av väteperoxid som blandas med brännbart material och antänds antas något förenklat en pölbrand med en area på ca 176 m² uppstå. Kriterie för när strålning från branden anses kritisk för personer i närheten antas vara 10 kW/m². Detta är samma värde som tillåts för kortvarig exponering vid utrymningsdimensionering enligt BBRAD 3.

Beräkning, redovisas i Bilaga C, visar att personer som vistas inom 31 m från spåret riskerar att utsättas för kritisk strålning.

Området på respektive sida av järnvägsspåret utgörs i huvudsak av parkeringsytor där personer kan komma att vistas tillfälligt. För detta scenario antas därför att 20 personer som befinner sig utomhus kan omkomma till följd av kritisk strålning. Personer antas vara lika fördelade på respektive sida av spåret.

Befintlig pizzeria utanför planområdet är belägen på ett avstånd om ca 12 m från spåret och antas antändas i händelse av en större pölbrand. Byggnaden saknar fönster i riktning mot järnvägen och personer som vistas i byggnaden antas kunna utrymma i skydd av byggnaden till säkert avstånd.

Bostadsbebyggelse planeras precis i konsekvensområdets utkant. Eventuella brännbara fasader antas ej antändas initialt då strålningsnivån understiger kritisk nivå för antändning av trä på detta avstånd. Inga dödsfall inom aktuella bostäder antas ske till direkt följd av värmestrålningen med hänsyn till att personer initialt skyddas av byggnadens ytterväggar och antas därför hinna genomföra en säker utrymning. En förutsättning är att utrymning från aktuella bostäder alltid ska vara möjlig i riktning från järnvägen.

Scenariot antas därmed leda till att totalt 20 personer omkommer, varav 10 inom planområdet.

4.3.1.2 Konsekvenser av explosion

Vid en explosion är det i huvudsak tryckpåverkan på människor och byggnader som utgör risken. Splitterskador och liknande bedöms i det aktuella fallet ej tillföra någon förhöjd risk i explosionens närhet i förhållande till de konsekvenser som orsakas av tryckvågen.

Konsekvenser vid en explosion antas något förenklat motsvara en explosion om 25 ton massexplosiva varor. Enligt *Översiktsplan för Göteborg, Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods* (1997) anges att gräns för dödliga skador på människor går vid 60 m vid en trycknivå på 180 kPa. Allvarliga lungskador kan dock uppstå redan vid 70 kPa vilket innebär en skaderadie om ca 120 m.

Utöver vad som anges ovan påverkas byggnader vid betydligt lägre trycknivåer. I aktuell analys antas att samtliga byggnader inom en radie om 150 m raseras vid en explosion med följderna att personer som vistas i byggnaderna omkommer.

Utifrån ovanstående förutsättningar antas samtliga personer inom en radie av 150 m från explosionens centrum omkomma.

Detta innebär i aktuellt fall 300 personer, fördelade enligt följande:

- 20 personer inom omkringliggande parkering och utemiljöer.
- 20 personer i närliggande pizzeria.
- 30 personer vid närliggande bussterminal.

- 40 personer i bostäder och centrummiljö väster om planområdet. Siffran baseras statistik från SCB avseende persontäthet i Mönsterås tätort omräknat på aktuellt konsekvensområde.
- 190 personer i bostäder inom planområdet. Siffran baseras på att 100 lägenheter uppförs inom området samt statistik från SCB som anger att det i genomsnitt bor 1,9 personer per hushåll i flerbostadshus. Ett konservativt antagande görs även om att samtliga boende befinner sig i sina bostäder vid tidpunkten för olyckan. Sannolikt är i praktiken få boende hemma under dagtid då aktuella transporter sker. Med hänsyn till nämnda konservativa antagande antas aktuellt personantal vara representativt för hela planområdet.

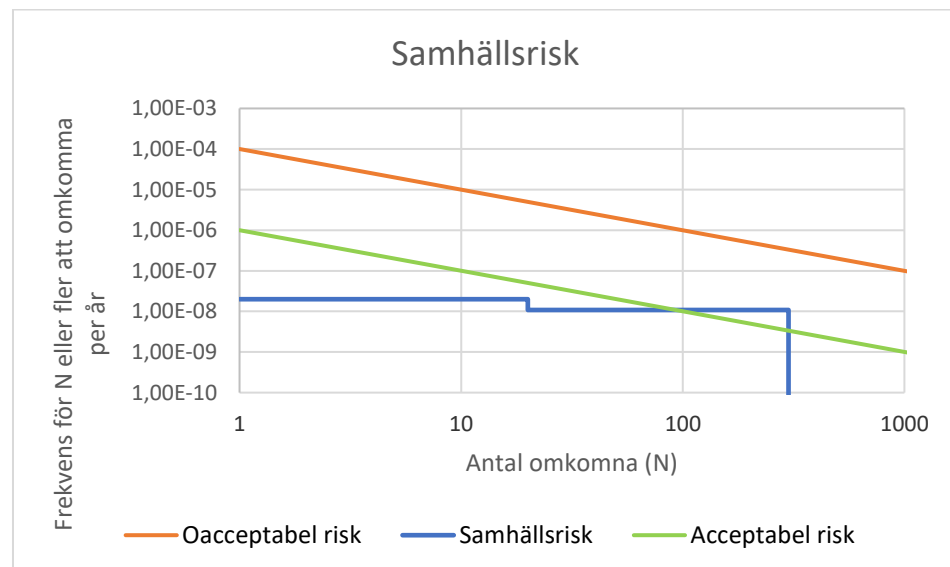
5 Risknivå och riskvärdering

I detta avsnitt redovisas beräknad individrisk samt samhällsrisk för det aktuella planområdet baserat på de risk- och konsekvensscenarier som redovisats i föregående avsnitt.

Redovisade risknivåer redovisar området som är beläget över 30 m från spårområdet med hänsyn till att markanvändningen närmast spåret uppfyller riktlinjer enligt RIKTSAM.

5.1 Samhällsrisk

Diagram nedan redovisar beräknad samhällsrisk.



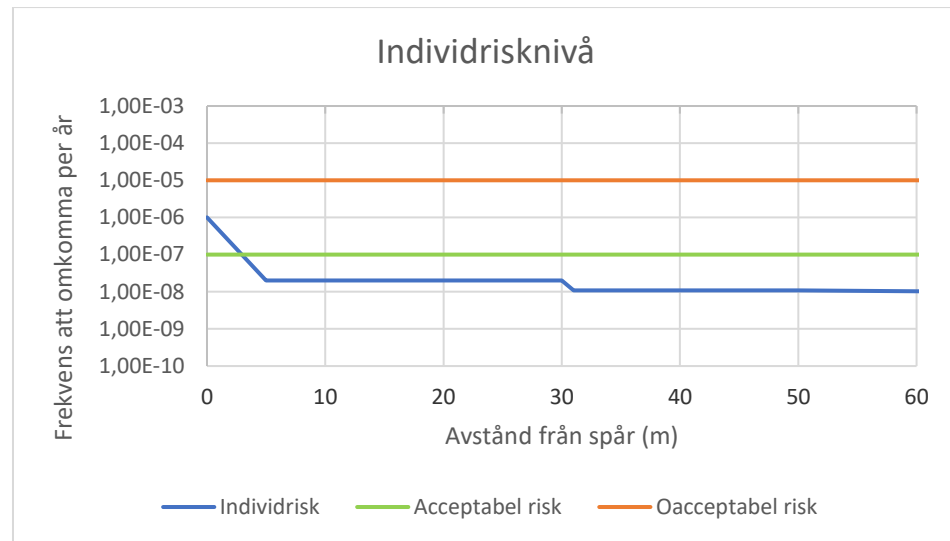
Figur 5.1. Samhällsrisk

Samhällsrisken ligger i huvudsak inom acceptabla risknivåer. Vid katastrofhandlingar, så som explosion, faller dock kurvan inom den nedre delen av det så kallade ALARP-området. Aktuell nivå understiger dock den risknivå som används som acceptanskriterie i RIKTSAM.

Ovanstående, i kombination med flertalet konservativa antaganden i sannolikhetsbedömningen av dessa scenarier, gör att aktuell risknivå bedöms acceptabel utan vidare åtgärder.

5.2 Individrisk

Nedan redovisas beräknad individriskkurva för aktuellt planområde.



Figur 5.2. Individrisk

Figur ovan visar att individrisken i det aktuella området är acceptabel utanför spårområdets absoluta närhet varvid inga riskreducerande åtgärder behöver vidtas.

6 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys har utförts för att se hur resultatet förändras vid en eventuell framtida ökning av trafiken på den aktuella järnvägssträckan.

Känslighetsanalysen utgår dels från en fördubbling av antalet järnvägstransporter genom Mönsterås, dels genom en fördubbling av andelen farligt gods som transporteras i respektive tågset.

Beräkningar visar att båda fallen medför att kurvan för samhällsrisk förskjuts längre in i ALARP-området. Risknivåerna är dock sådana att acceptanskriteriet som används i RIKTSAM ej heller överskrids vid dessa scenarion. Individrisken är i båda fallen fortsatt acceptabel.

Ovanstående innebär att en eventuell framtida fördubbling av mängden väteperoxid som transporteras på sträckan innebär en ökad risk, dock ej till oacceptabla nivåer.

Vid beräkning av frekvens för urspårning där ett tåg endast förutsätts innehålla fyra vagnar med farligt gods (inga andra vagnar) erhålls en lägre total frekvens för urspårning, men en högre frekvens för olycka med farligt gods i förhållande till ursprungsanalysen. Detta med hänsyn till att beräkningsmodellen för frekvens av urspårning enligt Fredén innehåller parametrar som dels baserar sig på det totala antalet vagnar och vagnaxlar, och dels på vissa fasta parametrar.

Detta innebär att den frekvens som används i aktuell analys är konservativ sett till mekanisk påverkan på planområdet men samtidigt något mer liberal i förhållande till en olycka med farligt gods. Använda frekvenser bedöms dock vara de mest rättvisande för det aktuella planområdet och den trafik som bedrivs på järnvägen. Den lägre frekvensen för olycka med farligt gods bedöms också kompenseras med hänsyn till genomgående konservativa antaganden avseende sannolikheter för de olika konsekvensscenarierna med farligt gods.

För att erhålla en robusthet i analysen har grundscenariet beräknats enligt ovan med frekvenser för urspårning förutsatt att tåget endast innehåller fyra vagnar med farligt gods. Känslighetsanalysen visar att kurvan för samhällsrisk i detta fall förskjuts in i ALARP-området till en nivå som också överskrider RIKTSAMS kriterie för acceptabel risk. Individriskkurvan för planområdet ligger för detta scenario fortsatt på acceptabla nivåer.

Att utifrån aktuellt scenario vidta riskreducerande åtgärder för att kompensera för detta bedöms ej nödvändigt med hänsyn till att scenariot ej bedöms representativt för den trafik som förs på järnvägen.

Strålningsberäkning vid brandscenario enligt avsnitt 4.3.1.1 bygger på en brand som utgår från spårmit. I händelse av en urspårning som innebär att pölbranden förflyttas längre in mot planområdet förflyttas också brandens konsekvensområde. Denna förändring bedöms ej ha betydelse för antalet omkomna personer som vistas utomhus. Ju närmre bebyggelsen branden befinner sig desto högre kommer dock strålningsnivåerna mot byggnaderna att bli vilket kan leda till användning av eventuella brännbara fasader. Detta bedöms ej medföra att fler personer omkommer med hänsyn till att personer initialt skyddas av byggnadens ytterväggar och kan utrymma i säkerhet i riktning från järnvägen. Transporter sker dessutom i regel dagtid vilket innebär att personer i byggnaderna i huvudsak kan förväntas vara vakna och kan uppmärksamma faran tidigt.

7 Slutsats

Riskanalysen visar att individrisk uppfyller acceptanskriterier enligt DNV inom undersökt del av planområdet. Avseende samhällsrisk faller riskkurvan inom ALARP-området vid katastrofhändelse som explosion eller liknande. Risknivån är dock under acceptanskriterie enligt RIKTSAM varför inga riskreducerande åtgärder bedöms nödvändiga.

Ovanstående förutsätter att området närmast 30 m från järnvägen ej nyttjas för stadigvarande vistelse utan endast används som parkering eller dylikt. Därutöver förutsätts att utrymningsvägar i planerade nybyggnationer inom området anordnas så att möjlighet alltid finns att utrymma i riktning från järnvägen.

Utförd känslighetsanalys, där antalet transporter på järnvägen har dubblerats jämfört med det dimensionerande antalet, visar att risknivåerna (individrisk och samhällsrisk) fortfarande är acceptabla. Även vid fördubbling av andelen vagnar med farligt gods bedöms risknivåerna vara acceptabla.

Konservativa antaganden har genomgående använts i riskanalysen och resultaten bedöms som robusta.

Om ett förhöjt skydd önskas med hänsyn till planerade nybyggnationer inom planområdet kan en lämplig riskreducerande åtgärd vara att anlägga urspårningsskydd i form av skyddsräler. En sådan åtgärd kan minska risken för att en tankvagn lämnar spårområdet eller välter med läckage som följd i händelse av en urspårning. Observera dock att denna åtgärd ej kan krävas med hänsyn till aktuella risknivåer.

Det är viktigt att vara medveten om att utförd riskanalys bygger på angivna förutsättningar och ingångsvärden samt i vissa fall rena antaganden och förenklingar där tillförlitligt underlag saknas. En eventuell ändring av markanvändning, verksamhet eller andra ingående parametrar förändrar också riskbilden och nya bedömningar kan då krävas.

8 Källförteckning

Davidsson, Göran., 2003, *Handbok för riskanalys*, Räddningsverket.

Davidsson, Göran m.fl., 2002, *Värdering av risk*, Räddningsverket.

Fredén, Sven., 2001, *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Banverket, Miljösektionen.

Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, 1997, *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods Bilagor 1-5*, Antagandehandling. DNR 785/92. Stadsbyggnadskontoret, Göteborg.

Länsstyrelsen i Skåne Län, 2007, *Riktlinjer för riskhänsyn vid samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, Länsstyrelsen Skåne Län.

Mattsson, Bengt., 2000, *Riskhantering vid skydd mot olyckor – problemlösning och beslutsfattande*, Räddningsverket.

McGrattan, K, et. al., 2000, *Thermal Radiation From Large Pool Fires*. NIST, 6546.

Tien, C.L et al., 2008, *Radiation Heat Transfer i DiNenno, P et al. SFPE Handbook of fire protection engineering*. Quincy, Massachusetts.

Bilaga A - Övergripande riskhantering

Nedan ges en fördjupning av de begrepp som omnämns under avsnitt 3.

A.1 Riskanalys

En riskanalys innebär en systematisk identifiering av olycksrisker och bedömning av risknivåer. Analysen utförs genom beräkningar eller uppskattningar av konsekvenser och sannolikheter för identifierade risker, Davidsson (2003).

Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens kan utföras på många olika sätt i en riskanalys. Exempel på faktorer som påverkar vilken beräkningsmetod för risk som är lämplig är bl.a. syfte med analysen, analysens omfattning, tillgång till information och analysarbetets tidsåtgång.

En riskanalys kan antingen genomföras kvalitativt, kvantitativt eller genom en kombination av de båda metoderna. Att en analys är kvalitativ innebär att riskerna endast rangordnas, genom att ange om de är stora eller små. Kvantitativ analys innebär att riskerna beräknas och ges specifika värden. Semikvantitativ analys innebär en blandning mellan kvalitativ och kvantitativ metod.

A.1.1 Konsekvens

Beräkning av konsekvens är ett sätt att förutsäga följderna av en viss olycka, exempelvis vilka gaskoncentrationer eller strålningsnivåer som uppstår på ett givet avstånd från en utläppskälla. I anslutning till detta görs en bedömning av vilka skador som kan uppstå, exempelvis skada på människa till följd av uppkommen koncentration/strålning.

A.1.2 Sannolikhet

Det finns olika metoder för att beräkna eller bedöma sannolikheten för att en händelse ska inträffa. Följande metoder är användbara, Davidsson (2003):

Empiriska skattningar.

Baseras på statistik över frekvenser för inträffade skadehändelser. Metoden är främst användbar för frekventa olyckskategorier, exempelvis bilrockar och bränder.

Logiska system:

När denna metod används kartläggs de orsaker som tillsammans eller var för sig kan leda till den händelse som analyseras. Sannolikheten för händelsen beräknas genom att kombinera sannolikhetsdata för varje ingående delhändelse.

Expertbedömningar:

Expertbedömningar är ofta den enda möjliga metoden på grund av brist på tillförlitliga data. Bedömningarna grundas på bedömarens erfarenheter varför kompetensen hos experten är av stor betydelse.

A.1.3 Osäkerheter

Risker är alltid förenade med osäkerheter. Därför är det i en riskanalys viktigt att, förutom beräkna eller bedöma konsekvens och sannolikhet, även beakta de osäkerheter som finns i analysen. Osäkerheter vid bestämning av sannolikhet beror bland annat på tillförlitlighet på olycksfrekvenser. Osäkerheter vid konsekvensberäkning beror till stor del på att verkligheten måste förenklas för att passa in i en beräkningsmodell.

En förenkling innebär att information utelämnas för att göra en beräkning möjlig. Det är viktigt att i största möjliga utsträckning genomföra nödvändiga förenklingar så att konservativa resultat erhålls. Eftersom riskanalysen ofta är en del i ett beslutsunderlag är det viktigt att redovisa hur osäkerheter som finns påverkar resultatet och därmed även beslutssituationen. I aktuell handling redovisas osäkerheterna främst genom en utförd känslighetsanalys där vissa ingående parametrar varieras för att se hur robusta resultaten är för eventuella framtida förändringar.

A.2 Riskvärdering

En riskvärdering utförs efter att en risk har identifierats och analyserats. Beslut fattas sedan huruvida risken kan anses vara acceptabel eller inte. Begreppet acceptabel risk leder till svåra avvägningar. Exempel på problem kan vara vem som avgör vad som är acceptabelt och vilken nytta som krävs av ett risktagande för att det ska anses acceptabelt.

I Räddningsverkets rapport ”Värdering av risk”, Davidsson (2002), beskrivs följande fyra principer som kan användas som underlag för värdering av risk:

Rimlighetsprincipen

Det bör inte i en organisation finnas risker som med rimliga medel kan undvikas. Principen leder till att risker som med ekonomiskt och tekniskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska åtgärdas, oavsett hur stor risken är.

Proportionalitetsprincipen

Det totala antalet risker som en organisation medför bör vara proportionerliga mot de fördelar som organisationen skapar.

Fördelningsprincipen

Riskerna bör vara fördelade så att vissa personer eller grupper inte utsätts för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar risken innebär för samma person eller grupp.

Principen om undvikande av katastrofer

Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser, som kan hanteras av de beredskapsresurser som finns tillgängliga, än i stora katastrofer.

A.3 Riskreduktion/kontroll

Denna del av riskhanteringsprocessen innebär genomförande av riskreducerande åtgärder och kontroll av att risken minskat. Beslutsfattande är en viktig del av detta moment i riskhanteringsprocessen. Det finns flera olika beslutskriterier som kan användas och enligt Mattsson (2000) kan beslutskriterierna delas in i fyra huvudkategorier:

Teknologibaserade kriterier

Kriteriet innebär att bästa möjliga teknik som finns för att minska risker ska användas.

Rättighetsbaserade kriterier

Detta kriterie innebär att alla personer har rätt att inte utsättas för en risk överstigande ett visst värde.

Nyttobaserade kriterier

Beslutsriteriet innebär att en åtgärd väljs efter en avvägning mellan dess kostnad och nytta.

Hybridkriterier

Detta innebär en kombination av flera av de ovanstående kriterierna. Exempelvis kan en maximal risknivå sättas (rättighetsbaserad) varefter de åtgärder som leder till en risknivå under den maximala utvärderas med nyttobaserade kriterier.

Bilaga B - Frekvensberäkning

För att kunna fastställa risknivån i det aktuella området behövs ett mått på frekvensen av de skadescenarier som bedöms kunna inträffa på aktuellt järnvägsavsnitt. Beräkning av frekvens för urspårning på järnväg sker enligt *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (Fredén, 2001).

Erhållen frekvens används sedan som utgångspunkt vid bedömning av frekvenser för de olika skadescenariorna som redovisas under avsnitt 4.

Modellen omfattar ett antal olyckstyper med olika exponeringsvariabler och intensitetsfaktorer. För att kunna utföra beräkningarna krävs följande indata:

- Den studerade sträckans längd. I aktuellt fall 0,51 km då det är inom detta område som en olycka bedöms kunna påverka planområdet.
- Totalt antal tåg som passerar sträckan under ett år. I aktuellt fall görs beräkningar på 700 tåg/år. Antalet utgör ett antagande utifrån statistik erhållen av Transportstyrelsen för den aktuella sträckan.
- Totalt antal vagnar/år. I aktuellt fall antas att ett godståg i snitt har 20 vagnar vilket ger totalt 14 000 vagnar/år.
- Antal axlar per vagn. I aktuellt fall antas två vagnaxlar per vagn.
- Antal växlar på studerad sträcka. Två växlar finns inom studerat område.
- Antal plankorsningar på studerad sträcka. I aktuellt fall, en.

Utifrån ovanstående kan sedan exponeringsvariabler i form av vagnaxelkm (14280), tågkm (357) och spårkm (0,51) bestämmas.

Ovanstående resulterar i följande urspårningsfrekvens:

Olyckstyp	Exponeringsvariabel	Intensitetsfaktor	Frekvens
Rälsbrott	Vagnaxelkm	1,0E ⁻¹⁰	1,43E ⁻⁶
Solkurva	Spårkm	2,0E ⁻⁴	1,02E ⁻⁴
Spårlägesfel	Vagnaxelkm	4,0E ⁻¹⁰	5,71E ⁻⁶
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E ⁻⁹	4,43E ⁻⁵
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E ⁻¹⁰	5,71E ⁻⁶
Annan orsak	Tågkm	5,7E ⁻⁸	2,03E ⁻⁵
Okänd orsak	Tågkm	1,4E ⁻⁷	5,00E ⁻⁵
Plankorsningsolycka	Antal	5,0E ⁻⁸	5,00E ⁻⁸
Sliten/trasig växel	Tågpassager	5,0E ⁻⁹	7,00E ⁻⁶
Växel ur kontroll	Tågpassager	7,0E ⁻⁸	9,80E ⁻⁵
Totalt:			3,34E⁻⁴

Bilaga C - Beräkning av infallande strålning

Vid ett läckage av väteperoxid som blandas med brännbart material och antänds antas en pölbrand med en area på ca 176 m² uppstå. Kriterie för när strålning från branden anses kritisk för personer i närheten antas vara 10 kW/m². Detta är samma värde tillåts för kortvarig exponering vid utrymningsdimensionering enligt BBRAD 3.

Vid pölbränder finns det, enligt NIST (2000), en maximalt strålande flamma som är oberoende av pölstorlek. Det vill säga att oberoende av hur stor branden och flammen blir är det endast 15 meter (höjdled) av flammen som står för merparten (ca 90 %) av all strålning. Sambandet börjar gälla för de pölbränder som till ytan är mer än 100 m², vilket uppfylls i aktuellt fall.

För att erhålla konservativa resultat har en pölbrand med en diameter på 15 meter valts, vilket ger en flambas på ca 176 m².

En flamhöjd på 15 meter har enligt ovanstående resonemang valts vid beräkningar.

Beräkning av infallande värmestrålning sker enligt SFPE (2008). Följande värden på parametrar har använts vid beräkningar:

ϕ_{tot} = Synfaktorn (x)

ε = Emissionstalet (0,8)

σ = Stefan-Boltzmann konstant (5,67E-8 W/m²K⁴)

T = Absolut temperatur (1173 K)

E = Strålningsintensitet (10 kW/m²)

$$E = \phi_{\text{tot}} * \varepsilon * \sigma * T^4$$

Beräkning enligt ovan visar att infallande strålning understiger 10 kW/m² vid ett avstånd om 23,5 m från pölbrandens ytterkant. Beräkning utgår från spåret då ca 90 % av urspårningarna stannar i direkt närhet till spåret. Se även resonemang under avsnitt 6 avseende eventuell förflyttning av brandens placering mot planområdet.

Ovanstående innebär att konsekvensområdet uppgår till ett avstånd om 31 m från spåret. Vid aktuell analys antas personer inom detta avstånd omkomma om de utsätts för värmestrålning vilket är ett förenklat och konservativt antagande.