

Rapport

Handläggare
Mario Rubil
Telefon
010 505 34 81
Mobil
072 200 36 05
E-post
mario.rubil@afry.com

Datum
2022-03-28
Projekt ID
214024
Beställare
Jonas Söderqvist
E-post
jonas.soderqvist@mellerud.se

Kund
Melleruds kommun

Risikutredning för Melleruds resecentrum



Uppdragsledare/Handläggare: Mario Rubil
Handläggare: Tove Raquette
Intern kvalitetsgranskning: Jennifer Wolsing

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	7
1.1	Syfte och mål	7
1.2	Avgränsningar	7
2	Styrande lagstiftning och riktlinjer	8
2.1	Aktuella riktlinjer.....	8
3	Metod	10
3.1	Programvara.....	11
3.2	Kvantitativa riskmått	11
3.2.1	Individrisk.....	11
3.2.2	Samhällsrisk.....	11
3.3	Riskvärdering	12
4	Beskrivning av planområde.....	15
4.1	Skyddsvärda objekt.....	16
4.1.1	Personbelastning.....	16
5	Riskobjekt	19
5.1	Järnväg.....	19
5.1.1	Trafikuppgifter	20
5.1.2	Urspårning av tåg	21
5.1.3	Olycka med farligt gods	22
5.1.4	Sammanfattning av aktuella olycksscenarier.....	27
6	Riskanlys och riskvärdering	28
6.1	Individrisk	28
6.1.1	Urspårning av tåg	28
6.1.2	Olycka med farligt gods	30
6.2	Samhällsrisk.....	32
7	Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys.....	34
7.1	Känslighetsanalys.....	34
7.1.1	Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor	34
7.1.2	Personbelastning.....	34
7.1.3	Konsekvenser för studerade olycksscenarier	34
7.2	Osäkerhetsanalys.....	35
7.2.1	Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor	35
7.2.2	Konsekvenser för studerade olycksscenarier	35
8	Riskreducerande åtgärder.....	36
8.1	Skyddsavstånd	36
8.2	Utrymningsvägar och entréer.....	37
8.3	Ventilation.....	37

8.4	Brandtekniskt skydd	37
8.5	Begränsningar i framtida personbelastning	38
9	Slutsatser	39
10	Referenser	41

Dokumenthistorik

Version	Datum	Revidering	Handläggare
1.0	2022-03-28	Första utgivna version	Mario Rubil

Sammanfattning

I Melleruds kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla området i anslutning till Melleruds resecentrum. Planområdet är beläget vid järnvägsstationen i Melleruds tätort. Området är planlagt idag men det ska göras en ny detaljplan som är mer ändamålsanpassad efter dagens behov och krav.

Förslag på markanvändning inom den nya detaljplanen är bostäder, vård, kontor, centrumverksamhet, parkeringshus, järnväg och terminalbyggnad samt räddningstjänst. Eftersom planområdet ligger i anslutning till järnväg för transport av farligt gods finns ett behov av att utreda de risker som finns kopplat till detta.

Följande resultat med avseende på individrisk och samhällsrisk har erhållits:

- Individrisken från urspårning av tåg är förhöjd i nära anslutning till järnvägen men värderas som tolerabel utan att riskreducerande åtgärder behöver övervägas för att hantera risken.
- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger inom risknivån för det undre ALARP-området inom 25 m från järnvägen och i risknivån för acceptabel risk bortanför 25 m från järnvägen.
- Samhällsrisken för utvecklingsalternativet ligger delvis inom risknivån för acceptabel risk och delvis inom risknivån för det undre ALARP-området.

Baserat på resultaten behöver riskreducerande åtgärder med avseende på individrisken från olyckor farligt gods övervägs i samband med den nya detaljplanen för de delar av område D, område E och område I som ligger inom 25 m från järnvägen. De åtgärder som betraktas vara rimliga ska implementeras för att individrisken med avseende på farligt gods inom dessa områden ska bedömas som tolerabel. Att samhällsrisken delvis ligger inom risknivån för det undre ALARP-området innebär att några av de riskreducerande åtgärderna behöver övervägs även för områden där individrisken ligger på en acceptabel risknivå.

Följande riskreducerande åtgärder bör övervägas:

- **Skyddsavstånd**
Framtida förändringar, dvs. förändringar utöver de som beaktas i den här riskutredningen, inom område D, område E och område I bör inte uppmana till stadigvarande vistelse inom 25 m från järnvägen.
- **Utrymningsvägar och entréer**
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att utrymningsvägar möjliggör utrymning bort från järnvägen och huvudsakliga entréer är placerade bort från järnvägen.
Dessutom bör förändringar till existerande utrymningsvägar och entréer på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om placeringen av existerande utrymningsvägar och entréer inte följer ovan nämnda principer.
- **Ventilation**
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att luftintag dels placeras på tak eller så högt upp som möjligt på fasad, dels placeras så att de vetter bort från järnvägen. För nybyggnation där ett större antal människor förväntas vistas bör möjlighet till central avstängning av ventilation, antingen automatiskt eller manuellt, övervägas.

Dessutom bör förändringar till existerande ventilationssystem på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om existerande ventilationssystem inte följer ovan nämnda principer.

- **Brandtekniskt skydd**

För nybyggnation inom område D, område E och område I där den nya bebyggelsen uppmanar till stadigvarande vistelse inom 25 m från järnvägen bör fasader som vetter mot järnvägen utföras i brandklass EI30. Vidare bör fönster som vetter mot järnvägen utföras i brandklass EW30 samt vara icke-öppningsbara. Ovanstående gäller enbart första raden av bebyggelse inom 25 m från järnvägen.

Dessutom bör förändringar till existerande fasader och fönster på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om existerande fasader och fönster inte följer ovan nämnda principer. Ovanstående gäller enbart första raden av bebyggelse inom 25 m från järnvägen.

- **Begränsningar i framtida personbelastning**

Framtida förändringar, dvs. förändringar utöver de som beaktas i den här riskutredningen, inom område D, område E och område I bör enbart tillåta en begränsad ökning av persontätheten inom 25 m från järnvägen.

Om ovanstående åtgärder övervägs samt om de åtgärder som betraktas vara rimliga implementeras så bedöms detaljplanen vara tolerabel med avseende på risker från järnvägen.

1 Inledning

I Melleruds kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla området i anslutning till Melleruds resecentrum. Planområdet är beläget vid järnvägsstationen i Melleruds tätort. Området är planlagt idag men det ska göras en ny detaljplan som är mer ändamålsanpassad efter dagens behov och krav.

Förslag på markanvändning inom den nya detaljplanen är bostäder, vård, kontor, centrumverksamhet, parkeringshus, järnväg och terminalbyggnad samt räddningstjänst. Eftersom planområdet ligger i anslutning till järnväg för transport av farligt gods finns ett behov av att utreda de risker som finns kopplat till detta.

1.1 Syfte och mål

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt detaljplanområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på järnvägen.

Målet är att ta fram en riskutredning där aktuella risker är kvantifierade och värderade mot befintliga riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms acceptabla ska nödvändiga åtgärder utredas och presenteras.

1.2 Avgränsningar

Riskutredningen omfattar planområdet för detaljplan för Melleruds resecentrum med omkringliggande områden.

Riskutredningen avgränsas till att enbart beakta oavsiktliga olyckor på järnvägen med koppling till urspårning av tåg samt transport av farligt gods. Med olyckor avses händelser där ingen avsikt har funnits från någon ingående aktör att åsamka skada. Händelseförlopp där avsikten är att medvetet skada människor, så kallade antagonistiska händelser, omfattas ej av föreliggande utredning.

Olyckor som omfattas är sådana som medför påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall utreds ej.

Vidare tas ingen hänsyn till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering eller materiella skador inom området om inte dessa i sin tur kan innebära en personrisk som förväntas medföra dödsfall.

För att den planerade bebyggelsen även ska vara hållbar ur ett riskperspektiv och för att resultatet ska vara aktuellt för en framtida förändring av transporterna på transportlederna förbi planområdet utgår analysen från prognosår 2040. Därmed har förväntad trafikering av järnvägen och förväntad personbelastning för 2040 tillämpats.

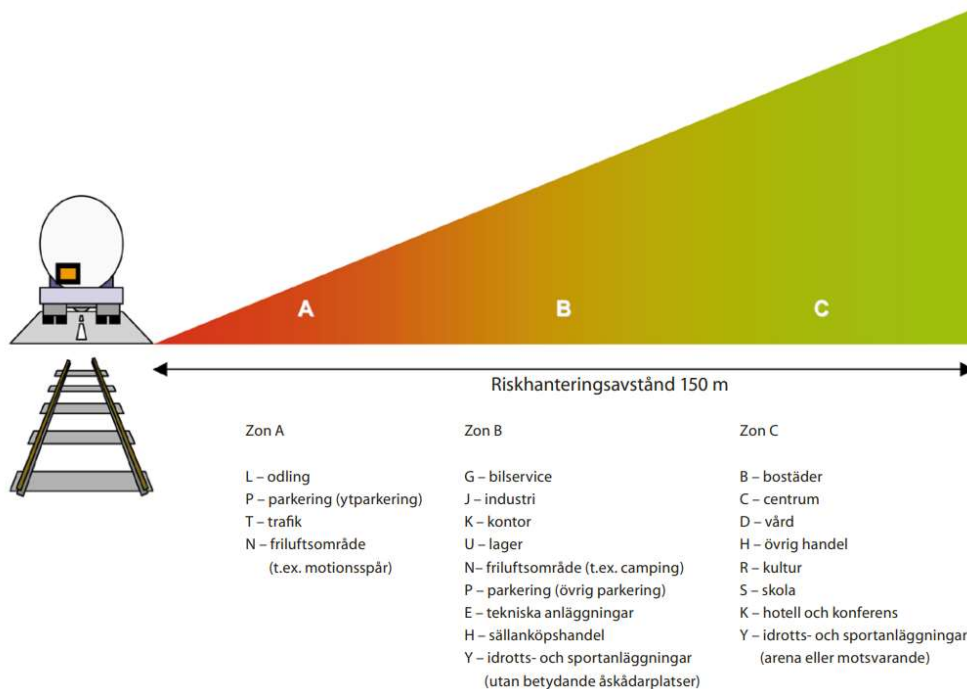
2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Plan- och bygglagen (2010:900) samt Miljöbalken (1998:808) är lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras. I plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk ska utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand samt mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. I miljöbalken anges att val av plats för en verksamhet ska göras med hänsyn till olägenheter för människors hälsa och miljön.

I lagtext anges det inte i detalj hur riskanalyser ska genomföras och vad de ska innehålla. På senare tid har därför riktlinjer, kriterier och rekommendationer givits ut av länsstyrelser och myndigheter gällande vilka typer av riskanalyser som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. Riktlinjer beskriver skyddsavstånd för olika markanvändning som kan användas vid planering.

2.1 Aktuella riktlinjer

Länsstyrelsen i Västra Götalands län har, tillsammans med länsstyrelserna i Skåne län och Stockholms län, tagit fram en policy för riskhantering i detaljplaneprocessen [1]. Policyn innebär att riskhanteringsprocessen ska beaktas i framtagande av detaljplaner inom 150 m avstånd från en transportled för farligt gods. Riskpolicyn definierar tre zoner inom riskhanteringsavståndet på 150 m, enligt Figur 2-1.



Figur 2-1: Zonindelning för riskhanteringsavstånd i policyn från länsstyrelserna i Västra Götalands län, Skåne län och Stockholms län [1].

Zonerna i Figur 2-1 representerar möjlig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering.

Den här riskutredningen genomförs med anledning av att det aktuella planområdet ligger inom 150 m från en järnväg där transport av farligt gods förekommer.

Riskpolicyn [1] anger inte vilka kriterier som ska tillämpas med avseende på individrisk och samhällsrisk. Därför har det i samråd med beställaren beslutats att den här riskutredningen ska beakta *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [2] framtagna av Länsstyrelsen i Stockholms län med avseende på kriterier för individrisk och samhällsrisk. Länsstyrelsen i Stockholm län anser att det är lämpligt att jämföra framräknad individrisk och samhällsrisk med de förslag på kriterier som presenteras i Räddningsverkets rapport *Värdering av risk* [3]. Dessa kriterier återfinns i avsnitt 3.3 i den här rapporten.

3 Metod

Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Inledningsvis bestäms de **mål och avgränsningar** som gäller för den aktuella riskutredningen. Även principer för hur risken värderas ska fastställas.

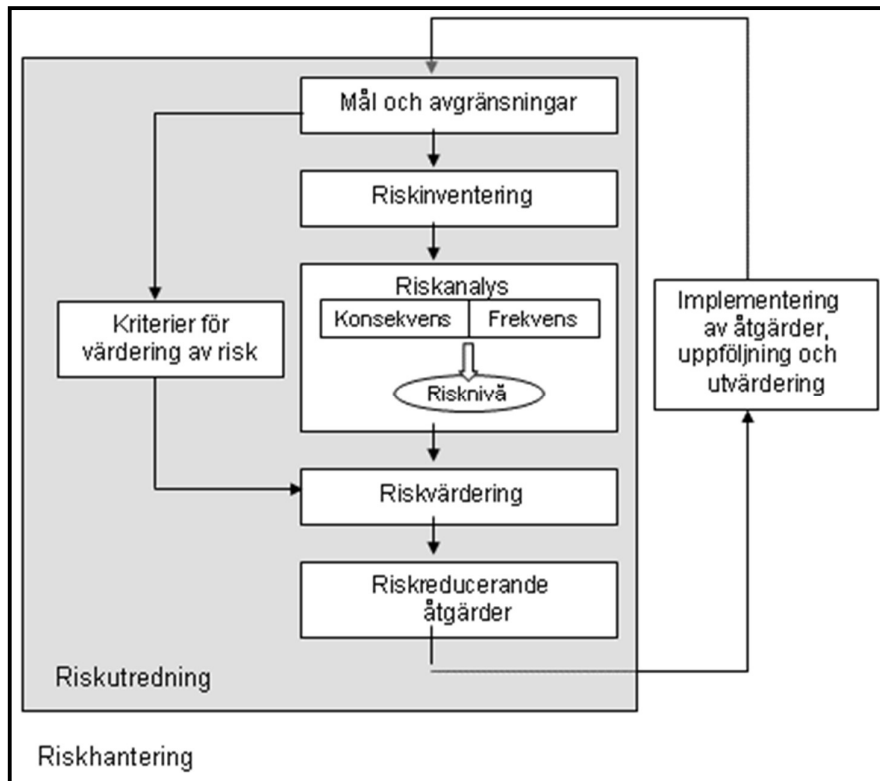
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. I riskinventeringen identifieras således aktuella olycksscenarier.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenariorna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen kan göras kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattningen av riskutredningen. För den här riskutredningen används en kvantitativ analysmetod.

I **riskvärderingen** jämförs resultatet från riskanalysen med principer för värdering av risk för att avgöra om risken är acceptabel eller ej. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av **riskreducerande åtgärder**.

Riskutredningen är en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande.

Riskhanteringsprocessen åskådliggörs i Figur 3-1 nedan.



Figur 3-1: Riskhanteringsprocessen.

3.1 Programvara

I den här riskutredningen har konsekvens- och frekvensberäkningar genomförts i programvaran Riskcurves [4]. Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Beräkningarna i riskutredningen baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves [5, 6]. Där dessa frångås nämns detta uttryckligen. Beräkningarnas konsekvensmodelleringar är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista. Verktøyets fördelar är att olika modeller kan byggas upp och beräknas relativt snabbt. Det är också enkelt att plocka ut relevanta och tydliga resultat i tabeller, grafer och kartbilder.

3.2 Kvantitativa riskmått

En kvantitativ riskanalys brukar innebära att två olika riskmått beräknas och sedan jämförs med vedertagna kriterier. Riskmåttan benämns individrisk och samhällsrisk. Individrisk syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker medan samhällsrisk syftar till att säkerställa att ett definierat område som helhet inte utsätts för oacceptabla risker.

3.2.1 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en hypotetisk och oskyddad individ ska omkomma, givet att individen kontinuerligt befinner sig på en och samma plats på ett visst avstånd från ett riskobjekt, ofta utomhus [3]. Individrisken är rättighetsbaserad och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen. Med rättighetsbaserad menas att alla individer har den personliga rättigheten att inte behöva utsättas för orimlig risk att omkomma.

Individrisken i en given koordinat (x,y) beräknas enligt:

$$IR_{(x,y)} = \sum_{i=1}^n IR_{(x,y),i}$$

$$IR_{(x,y),i} = f_i * p_i$$

Där f_i är frekvensen för sluhändelsen i . Sannolikheten för studerad konsekvens, vilket är dödsfall i den här utredningen och antas till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen, representeras av p_i . Genom att summera individrisken för de olika sluhändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

3.2.2 Samhällsrisk

För samhällsrisk beaktas, förutom frekvenserna, även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet individer som omkommer vid olika skadescenarier. Då beaktas personbelastningen inom det aktuella området. Beräkningar för samhällsrisk tar även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att många personer kan befinna sig i ett område under en begränsad tid på dygnet eller året. I motsats till individrisk beräknas samhällsrisk således med avseende på de personer som faktiskt utsätts för risken. Samhällsrisk är ej rättighetsbaserad, utan utgår istället ifrån hur mycket sammanlagd risk ett samhälle kan tolerera.

Samhällsrisken beräknas enligt:

$$N_i = \sum_{(x,y)} P_{(x,y)} * p_i$$

N_i står för antalet människor som utsätts för den studerade sluthändelsen i . $P_{(x,y)}$ är antalet individer i koordinaten (x,y) och p_i definieras enligt individrisken ovan.

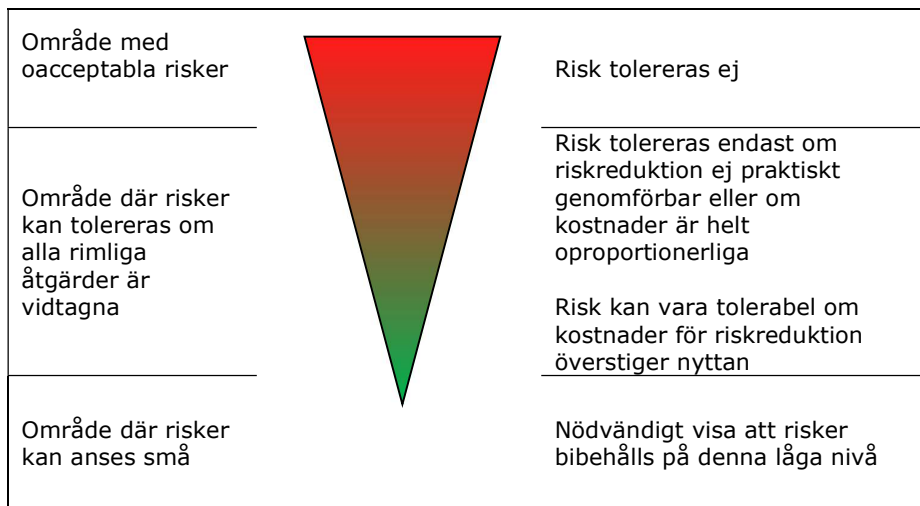
Samhällsrisken redovisas normalt i F/N-kurvor som visar den ackumulerade frekvensen för att ett visst antal, eller fler, personer omkommer till följd av de händelser som studeras.

$$F_N = \sum_i F_i \text{ för alla sluthändelser } i \text{ för vilka } N_i \geq N$$

F_N står för frekvensen av sluthändelser som påverkar N eller fler människor. F_i är frekvensen för sluthändelse i . N_i definieras enligt ovan.

3.3 Riskvärdering

För att begreppen individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för acceptabel risk. I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) har, på uppdrag av Räddningsverket, tagit fram förslag på riskkriterier [3] gällande såväl individrisk som samhällsrisk och dessa kriterier kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som frekvensen med vilken en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med åtgärd samt ej tolerabla, se Figur 3-2.



Figur 3-2: Princip för värdering av risk [3].

Följande förslag till tolkning föreslås:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas där den riskreducerande effekten verifieras.

- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den undre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-/nyttoanalys (CBA).
- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Det är dock viktigt att visa att riskerna kommer fortsätta att vara acceptabla, att riskhanteringen framöver fortlöper och att åtgärder som kan införas utan kostnad också införs.

Dessa förslag till kriterier för värdering av risk för industrier och transportleder har med tiden blivit vedertagna vid riskutredningar i Sverige. De liknar de kriterier som finns i flera andra länder i Europa. Kriterierna utformas som ett intervall med en övre gräns över vilken risker ej accepteras och en undre gräns under vilken risker är acceptabla. Mellan dessa gränser finns ett intervall som benämns ALARP enligt ovan. Gränserna ska dock inte uppfattas som ett svar på vad samhället faktiskt accepterar utan är endast ett exempel på en metod att kvantifiera kriterierna.

För individrisk föreslås följande kriterier [3]:

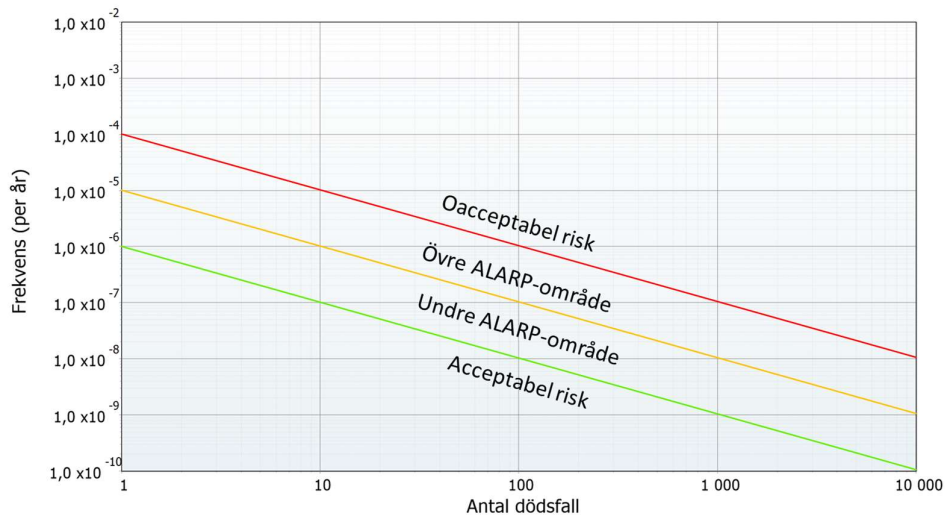
- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som små: 10^{-7} per år

Kriterierna för individrisk avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier [3]:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1

Figur 3-3 visar kriterier för samhällsrisk.



Figur 3-3: Kriterier för samhällsrisk.

För transportleder föreslås kriterierna av Räddningsverket [3] gälla för en sträcka av 1 km. Kriterier för samhällsrisk tillämpas generellt på ett kvadratisk område med arean 1 km² i anslutning till transportleden.

Även följande fyra vägledande principer är allmänna utgångspunkter för värdering av risk:

Rimlighetsprincipen: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.

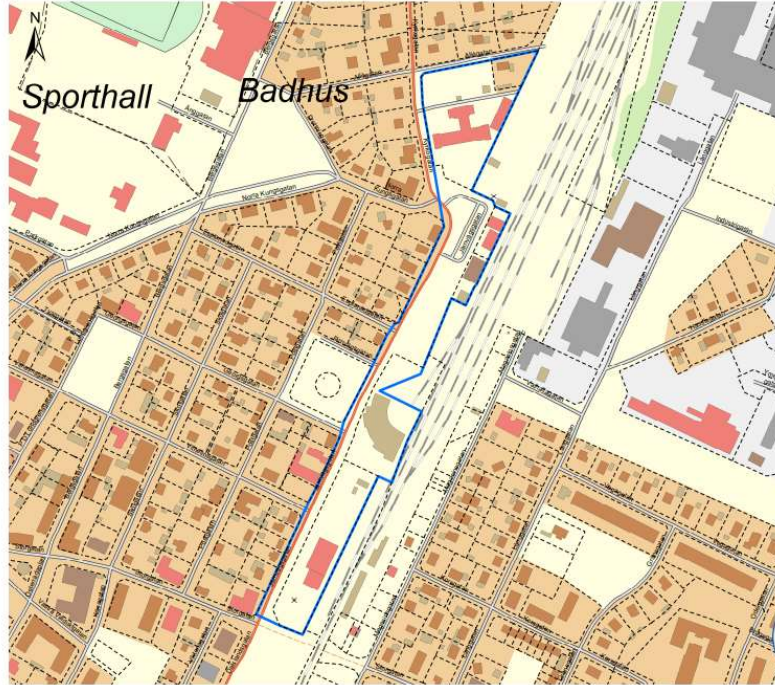
Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

Fördelningsprincipen: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.

Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiseras bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

4 Beskrivning av planområde

Planområdet för detaljplanen för Melleruds station med omkringliggande områden är beläget vid järnvägsstationen i Melleruds tätort. Den aktuella ytan är markerad i blått i Figur 4-1.



Figur 4-1: Planområdets avgränsning visas i blått.

Figur 4-1 visar att planområdet ligger längsmed järnvägen som löper genom Melleruds tätort.

Markanvändningen inom planområdet utgörs i dagsläget av bland annat bostäder, vårdanläggning, kontor, ungdomsgård och räddningstjänst. Figur 4-2 delar in planområdet efter markanvändning. I Tabell 4-1 specificeras nuvarande användning av planområdet, användning enligt befintlig detaljplan och användning enligt ny detaljplan.



Figur 4-2: Indelning av planområde efter markanvändning.

Tabell 4-1: Specificering av nuvarande användning av planområde, användning enligt befintlig detaljplan och användning enligt ny detaljplan.

Område	Nuvarande användning	Användning enligt befintlig detaljplan	Användning enligt ny detaljplan
A	Bostäder	Bostäder	Bostäder
B	Vård, kontor	Vård	Bostäder, vård, kontor, centrumverksamhet
C	Gata	Gata	Gata
D	Väntsal, café, kontor	Järnvägsändamål	Kontor, trafik
E	Ungdomsgård	Järnvägsändamål	Besöksanläggning
F	Parkering	Järnvägsändamål	Parkering
G	Järnvägsändamål	Järnvägsändamål	Trafik
H	Ingen specifik användning	Småindustri	Allmän platsmark (återvinningsstation)
I	Räddningstjänst	Småindustri	Räddningstjänst

4.1 Skyddsvärda objekt

Den här riskutredningen fokuserar på oavsiktliga olycksrisker som medför påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Skyddsvärda objekt med avseende på individrisken är personer som vistas i och utanför byggnader inom det aktuella planområdet. Skyddsvärda objekt med avseende på samhällsrisken är personer som vistas i och utanför byggnader inom ett kvadratisk område med arean 1 km² i anslutning till järnvägen, se avsnitt 4.1.1.

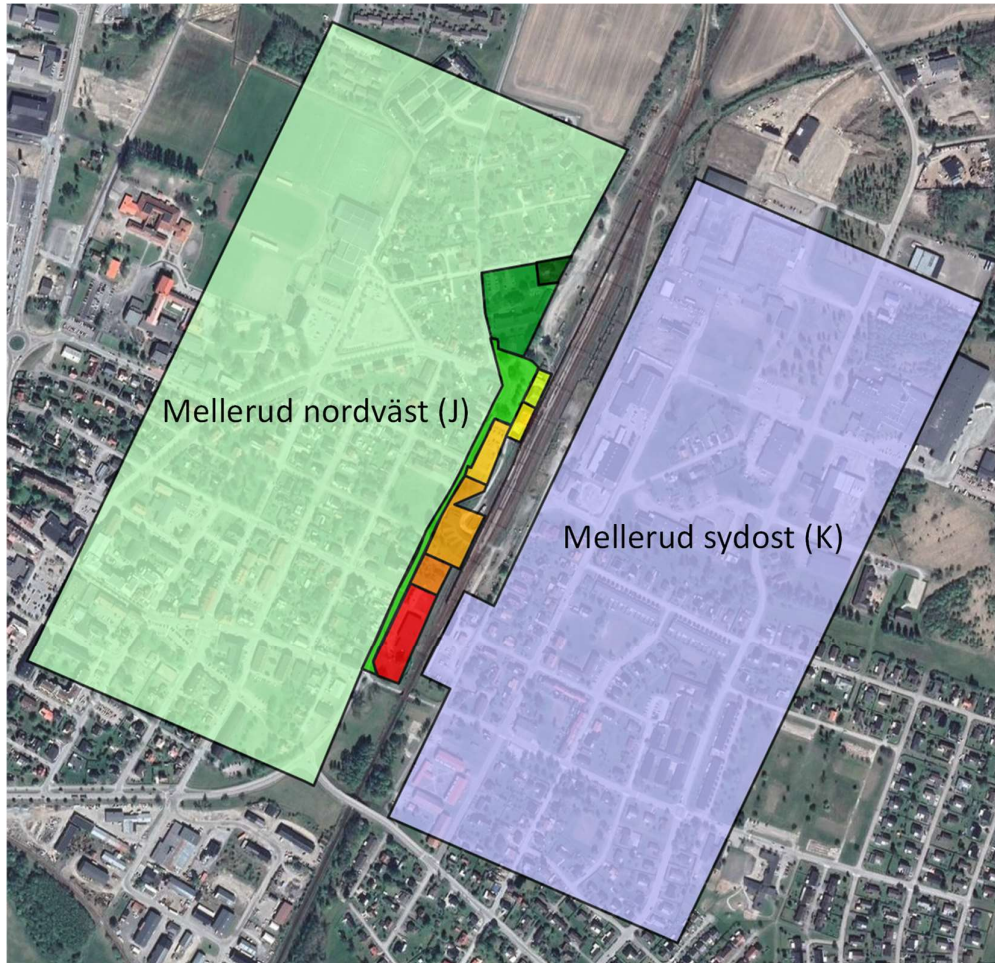
4.1.1 Personbelastning

Personbelastningen är relevant för beräkningar med avseende på samhällsrisik. Personbelastningen tas fram för ett kvadratisk område med arean 1 km² i anslutning

till transportleden för farligt gods eftersom kriterierna för samhällsrisk generellt tillämpas på ett sådant område.

Det aktuella planområdet utgörs av totalt 9 delområden utifrån markanvändning. Dessa delområden illustreras i Figur 4-2 och beskrivs i Tabell 4-1 ovan.

Utöver planområdet beaktas ytterligare 2 områden i anslutning till järnvägen för att skapa ett kvadratisk område med arean 1 km², se Figur 4-3. Områden utan beteckning i Figur 4-3 utgör planområdet och framgår av Figur 4-2.



Figur 4-3: Områden utanför planområdet för vilka personbelastning är relevant.

Personbelastningen för varje enskilt område A-J beskrivs med hjälp av följande parametrar:

- Antalet personer i området för såväl dagtid som nattetid
- Andel personer inomhus för såväl dagtid som nattetid
- Nyttjandegrad

Antalet personer i området beskriver hur många personer som befinner sig i området under såväl dagtid som nattetid. Andelen personer inomhus beskriver hur stor andel av personbelastningen som befinner sig inomhus och anges för såväl dagtid som nattetid. Nyttjandegraden beskriver hur många dagar av året ett visst område används.

Personbelastningen redovisas för två alternativ där det ena är utvecklingsalternativet, dvs. förväntad personbelastning inom området till följd av planförslaget, medan det andra är ett jämförande alternativ för att kunna resonera kring ökningen i samhällsrisken som planförslaget medför. För båda alternativen tillämpas en personbelastning för 2040.

Personbelastningen för utvecklingsalternativet och det jämförande alternativet redovisas i Tabell 4-2 respektive Tabell 4-3. Område D har delats upp i användning av området som kontor samt användning av området av tågresenärer beroende på om det är rusningstrafik eller ej. Områden med ändringar i jämförelse med utvecklingsalternativet är markerade med fetstil i Tabell 4-3. För mer detaljer gällande personbelastningen hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

Tabell 4-2: Sammanfattning av personbelastning för utvecklingsalternativet, 2040.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	4	4	0,93	0,99	365
B	200	140	0,93	0,99	365
C	0	0	-	-	-
D.1 - Kontor	15	0	0,93	-	250
D.2 - Station	2,5	2,5	0	0	365
D.3 - Station (rusningstrafik) ¹	47,5	0	0	-	122
E	62,5	0	0,93	-	87
F	0	0	-	-	-
G	0	0	-	-	-
H	0	0	-	-	-
I	6	4	0,93	0,99	365
J	583,1	583,1	0,93	0,99	365
K	609,7	609,7	0,93	0,99	365

Tabell 4-3: Sammanfattning av personbelastning för det jämförande alternativet, 2040.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	4	4	0,93	0,99	365
B	100	40	0,93	0,99	365
C	0	0	-	-	-
D.1 - Kontor	0	0	-	-	-
D.2 - Station	2,5	2,5	0	0	365
D.3 - Station (rusningstrafik) ²	47,5	0	0	-	122
E	0	0	-	-	-
F	0	0	-	-	-
G	0	0	-	-	-
H	0	0	-	-	-
I	0	0	-	-	-
J	583,1	583,1	0,93	0,99	365
K	609,7	609,7	0,93	0,99	365

¹ Antalet personer för område D.3 anger tillkommande personer på stationen vid rusningstrafik utöver de som annars förväntas finnas på stationen.

² Antalet personer för område D.3 anger tillkommande personer på stationen vid rusningstrafik utöver de som annars förväntas finnas på stationen.

5 Riskobjekt

Järnvägarna Vänerbanan och Dal-Västra Värmlands Järnväg (DVVJ), även kallad De Vackra Vyernas Järnväg, passerar strax sydost om det aktuella planområdet. Fortsättningsvis benämns dessa "järnvägen" när båda berörs.

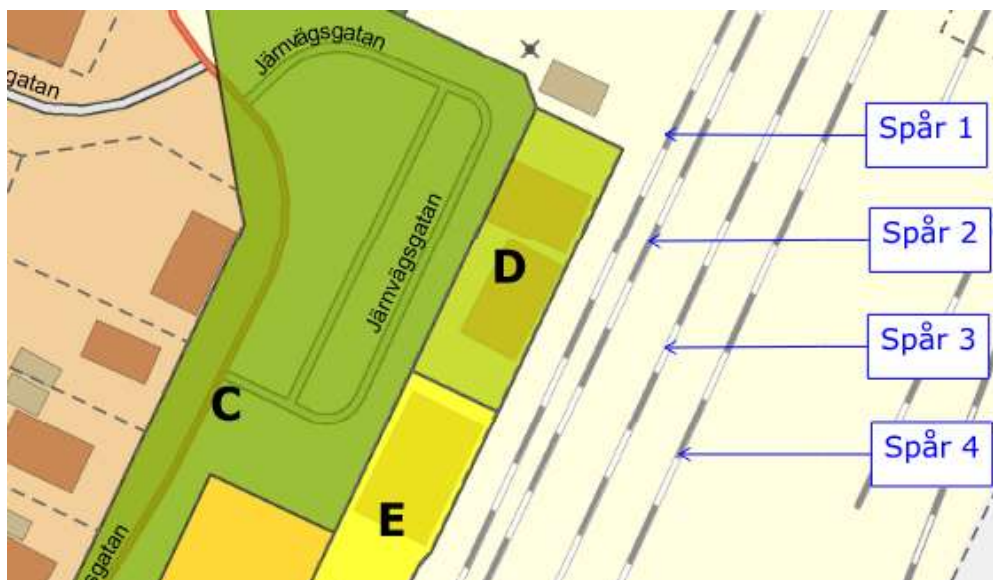
Riskutredningen har avgränsats till att beakta olyckor på järnvägen med koppling till urspårning av tåg samt transport av farligt gods. Avgränsningen bedöms vara rimlig på grund av följande förutsättningar:

- Det finns inga rekommenderade transportleder på väg för farligt gods inom 150 m från planområdet. Därmed utreds inte olyckor i samband transport av farligt gods på väg.
- Det finns inga drivmedelsstationer eller industriverksamheter som hanterar betydande mängder farliga ämnen i närheten av planområdet. Därmed utreds inte olyckor vid drivmedelsstationer och industriverksamheter. Ett antal industriverksamheter öster om järnvägen hanterar farliga ämnen i form av brandfarliga vätskor, brandfarliga gaser och aerosoler. Verksamheterna är Optimera Svenska AB och Daloc AB som ligger ca. 80 m respektive mer än 150 m från det aktuella planområdet. Verksamheternas hantering avser små mängder, vilket i kombination med de förhållandevis långa avstånden till planområdet medför att risken för planområdet bedöms vara försumbar och därmed inte är aktuell att utreda vidare.

5.1 Järnväg

Järnvägen passerar strax sydväst om det aktuella planområdet och omfattar Vänerbanan som förbinder Göteborg och Kil samt DVVJ som förbinder Mellerud och Bengtsfors.

Såväl Vänerbanan som DVVJ är enkelspårig utanför Melleruds tätort. Inom anslutning till Melleruds station finns däremot flertalet spår. Dessa benämns spår 1 – 4 enligt Figur 5-1.



Figur 5-1: Spår i anslutning till Melleruds station.

Information om användningen av de olika spårn har erhållits från Trafikverket och Västtrafik. En samlad bedömning av den tillgängliga informationen är att spår 1 tillhör DVVJ medan spår 2 – 4 tillhör Vänerbanan. Baserat på ovanstående antas att järnvägen som riskobjekt i den här riskutredningen representeras av spår 2. Det bedöms vara ett konservativt antagande eftersom Vänerbanan trafikeras av en betydande majoritet av tågen som passerar genom Mellerud, se avsnitt 5.1.1, samt att många av tågen på Vänerbanan förmodas köra på spår 3 eller spår 4 som ligger längre bort från planområdet. Avstånd mellan planområdets olika delområden och spår 2 visas i Figur 5-2.



Figur 5-2: Avstånd mellan planområdets olika delområden och spår 2.

5.1.1 Trafikuppgifter

Det här avsnittet sammanfattar trafikuppgifter för Vänerbanan och DVVJ för 2040. För mer detaljerad information om dessa uppgifter hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

5.1.1.1 Vänerbanan

Trafikuppgifter för den aktuella delen av Vänerbanan som används i beräkningarna presenteras i Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Trafikuppgifter för den aktuella delen av Vänerbanan för 2040.

Tågtyp	Antal tåg per dygn	Hastighet
Persontåg	28,1	90% av persontågen gör uppehåll på Melleruds station och har en hastighet på 40 km/h. Resterande 10% av persontågen gör inte uppehåll på Melleruds station och har en hastighet på 160 km/h.
Godståg	19,2	Inga godståg gör uppehåll på Melleruds station. Samtliga godståg har en hastighet på 100 km/h.
Totalt	47,2	

Transporter av farligt gods förekommer på Vänerbanan.

5.1.1.2 DVVJ

Trafikuppgifter för den aktuella delen av DVVJ som används i beräkningarna presenteras i Tabell 5-2.

Tabell 5-2: Trafikuppgifter för den aktuella delen av Vänerbanan för 2040.

Tågtyp	Antal tåg per dygn	Hastighet
Persontåg	1,0	Persontåg på DVVJ har en hastighet på 40 km/h.
Godståg	1,0	Godståg på DVVJ har en hastighet på 40 km/h.
Totalt	2,0	

Transporter av farligt gods förekommer inte på DVVJ.

5.1.2 Urspårning av tåg

Vid urspårning av tåg längs den aktuella järnvägssträckan kan tågagnar lämna järnvägsbanan och medföra mekanisk skada på omgivningen. Detta gäller både gods- och persontåg. En sådan olycka kan orsaka direkt skada på oskyddade människor som befinner sig i närheten och det kan även orsaka skada på intilliggande byggnader och därmed skada människor som befinner sig i dessa. Hastigheten som tåget färdas med påverkar den sträcka som det urspårade tåget kan påverka, både vinkelrätt mot och parallellt med spåret. Även topografin och markförhållandena har betydelse för hur långt ett urspårat tåg kan transporteras.

Urspårning kan orsakas av att tåget kör i hastigheter eller med laster som inte står i relation till anläggningens dimensionering och eventuella kurvor. Om anläggningen i sig har brister i form av exempelvis växelfel eller rälsbrott kan detta innebära en annan orsak till urspårning. Även brister på tåg kan medföra urspårning. Exempel på brister på tåg som kan medföra urspårning är axelbrott vid hjulaxlarna, skadade hjul, bromsfel och fel i styrsystemet. Andra orsaker till urspårning är olika typer av hinder på spåret, exempelvis nedfallna träd, rasmassor eller fordon. Även vädret kan spela in då solkurvor, lövhalka samt is- och snöbeläggning kan orsaka urspårning.

Urspårning av såväl persontåg som godståg kan leda till mekanisk påverkan på omgivningen och kan därmed leda till dödsfall om människor befinner sig i områden som påverkas av ett urspårat tåg. Om ett godståg som transporterar farligt gods spårar ur kan det leda till olyckor med farligt gods. Sådana olyckor beskrivs i följande avsnitt 5.1.3.

5.1.3 Olycka med farligt gods

Produkter som har potential att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka går under begreppet farligt gods. Transporterat farligt gods på järnväg delas in i ett antal så kallade RID-klasser beroende på ämnets art och vilken risk som ämnet förknippas med:

- Klass 1: Explosiva ämnen och föremål
- Klass 2: Gaser
- Klass 3: Brandfarliga vätskor
- Klass 4.1: Brandfarliga fasta ämnen
- Klass 4.2: Självantändande ämnen
- Klass 4.3: Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser
- Klass 5.1: Oxiderande ämnen
- Klass 5.2: Organiska ämnen
- Klass 6.1: Giftiga ämnen
- Klass 6.2: Smittsamma ämnen
- Klass 7: Radioaktiva ämnen
- Klass 8: Frätande ämnen
- Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

Klasserna ovan utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering och tillämpas i beräkningarna med följande undantag:

- Klass 2 delas in i följande underklasser eftersom respektive underklass ger upphov till olikartade olycksförlopp:
 - Klass 2.1: Brandfarliga gaser
 - Klass 2.2: Icke brandfarliga och icke giftiga gaser
 - Klass 2.3: Giftiga gaser
- Klass 4.1, klass 4.2 och klass 4.3 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade
- Klass 5.1 och klass 5.2 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade
- Klass 6.1 och klass 6.2 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade

Riskerna längs med en transportled för farligt gods beror i stor utsträckning på fördelningen av klasser av farligt gods som transporteras på den aktuella transportleden. Tabell 5-3 redovisar fördelningen av farligt gods som har använts i beräkningarna för den här riskutredningen. För ytterligare information om fördelningen av farligt gods hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

Tabell 5-3: Fördelning av farligt gods som har använts i beräkningarna.

Klass	Typ av farligt gods	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen och föremål	$2,0 \cdot 10^{-4}$
2.1	Brandfarliga gaser	20,7
2.2	Icke brandfarliga och icke giftiga gaser	0,7
2.3	Giftiga gaser	6,9
3	Brandfarliga vätskor	35,4
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	3,1
4.2	Självantändande ämnen	
4.3	Ämnen som i vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	
5.1	Oxiderande ämnen	14,2
5.2	Organiska ämnen	

Klass	Typ av farligt gods	Fördelning [%]
6.1	Giftiga ämnen	1,8
6.2	Smittsamma ämnen	
7	Radioaktiva ämnen	$1,0 \cdot 10^{-2}$
8	Frätande ämnen	16,9
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0,3

5.1.3.1 Olycksscenarioer vid olycka med farligt gods

Händelseförloppet vid en olycka med farligt gods beror på vilken klass av farligt gods som är inblandat i den aktuella olyckan. Det här avsnittet presenterar vilka klasser av farligt gods som kan förväntas påverka det aktuella planområdet vid en eventuell olycka. Olycksscenarioer som förväntas påverka planområdet beaktas i beräkningarna.

Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

Explosiva ämnen och föremål delas in i 6 underklasser som benämns 1.1 till 1.6. Av dessa underklasser är det primärt underklass 1.1 (ämnen och föremål som har en risk för massexplosion) som har ett skadeområde som är så pass utbrett att det bedöms kunna medföra påverkan på människor som befinner utanför olycksplatsens närområde.

Exempel på varor som tillhör underklass 1.1 är sprängämnen och krut. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion med ämnen i underklass 1.1 härrör från direkta tryckskador men även från värmestrålning. Dessutom är indirekta skador till följd av sammanstörtade byggnader troliga. En olycka med ämnen i underklasserna 1.2 till 1.6 medför inte samma typ av konsekvenser och skador som en olycka med ämnen i underklass 1.1. Dessa konsekvenser handlar snarare om splitter eller dylikt som flyger iväg från olycksplatsen [7].

Bedömning: Regelverket kring transport av explosiva ämnen och föremål är mycket strikt och därmed bedöms sannolikheten för en olycka med explosiva ämnen och föremål som mycket låg. Transporter med explosiva ämnen och föremål förekommer dock och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med explosiva ämnen och föremål beaktas därför i beräkningarna.

Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Samtliga gaser i klass 2.1 kan transporteras i följande fysikaliska former [8]:

- Komprimerad (lagrad under tryck så att den är fullständig gasformig vid temperaturen -50°C)
- Kondenserad (lagrad under tryck så att minst hälften av ämnet är flytande vid temperaturer över -50°C)
- Kyld och kondenserad (delvis flytande vid transport på grund av sin låga temperatur)
- Löst (i vätskefas i ett lösningsmedel)

Ibland kan samma ämne transporteras i olika fysikaliska former beroende på transportkärl och mängd.

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på en brandfarlig gas. Gasol transporteras oftast som kondenserad gas. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion
- BLEVE

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken [9].

Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion

Om gasen vid ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Antändning av det brännbara gasmolnet kan leda till två principiellt olika förlopp, gasmolnsbrand respektive gasmolnsexplosion. Gasmolnsbrand är det vanligaste utfallet och kännetecknas av en lägre förbränningshastighet som ej genererar en tryckvåg. En gasmolnsbrand kan medföra skador på människa och egendom till följd av, i första hand, värmestrålning [9].

Vid en gasmolnsexplosion är förbränningshastigheten högre och en tryckvåg genereras. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration, d.v.s. flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg än om explosionen är av typen detonation. För att en gasmolnsexplosion ska kunna uppstå krävs rätt blandningsförhållande mellan den brännbara gasen och luft och, i de flesta fall, att antändning sker i en miljö med många hinder, eller i ett delvis slutet utrymme, som resulterar i en mer turbulent förbränning. Fria gasmolnsexplosioner är ovanliga. En gasmolnsexplosion kan medföra skador på människa och egendom både till följd av värmestrålning och direkta samt indirekta skador av tryckvågen.

BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Detta kan exempelvis ske vid händelse av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

Bedömning: Transporter av brandfarliga gaser är generellt vanligt förekommande och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med brandfarliga gaser beaktas därför i beräkningarna. Vid en eventuell olycka bedöms jetbrand, gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion och BLEVE kunna inträffa.

Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser

Bedömning: Ämnen i klass 2.2 är varken brandfarliga eller giftiga. Dessa ämnen utgör således ingen fara för personer som vistas i närheten av transportleder för farligt gods. Olyckor med icke brandfarliga och icke giftiga gaser beaktas därmed inte i beräkningarna.

Klass 2.3 – Giftiga gaser

Samtliga gaser i klass 2.3 kan transporteras i följande fysikaliska former [8]:

- Komprimerad (lagrad under tryck så att den är fullständig gasformig vid temperaturen -50°C)
- Kondenserad (lagrad under tryck så att minst hälften av ämnet är flytande vid temperaturer över -50°C)
- Kyld och kondenserad (delvis flytande vid transport på grund av sin låga temperatur)
- Löst (i vätskefas i ett lösningsmedel)

Ibland kan samma ämne transporteras i olika fysikaliska former beroende på transportkärl och mängd.

Läckage av giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas sprider sig från olycksplatsen, vilket kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall. Spridningen är beroende av vindriktning och vindstyrka och kan påverka områden hundratals meter från källan. De två gaser som vanligtvis brukar involveras i riskutredningar är ammoniak och klorgas.

Ammoniak

I samband med utsläpp av tryckkondenserad ammoniak sker en kraftig förångning av gasen. Små droppar eller aerosoler av vätskeformig ammoniak finns dock kvar i gasmolnet vilket medför att gasmolnet inledningsvis beter sig som en tung gas. Spridning av gasen sker därför initialt i sidled längs marken. Efter inblandning av luft i gasmolnet samt förångning av aerosolerna sjunker gasmolnets densitet vilket medför att ammoniak även sprids i höjdlid. Vattenfri ammoniak transporteras tryckkondenserad och kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende på mängden gas. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, livsfarlig effekt för känsliga individer) på 2700 ppm under 10 minuter exponering [10]. Motsvarande koncentration LC50 har i studier funnits vara mellan ungefär 5000 – 10000 ppm för mycket kort exponering [11].

Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba skyddsområdet. Klor är en tung gas och sprids därmed främst i sidled längs marken men kan även spridas i höjdlid efter inblandning av luft i gasmolnet. Den kan sprida sig långt likt ammoniak. Klor har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, dödlig effekt för känsliga individer) på 50 ppm under 10 minuter exponering. Samma effekt (död, känsliga individer) har också angivits till 173 ppm LC50 [12].

Bedömning: Transporter av giftiga gaser är generellt vanligt förekommande och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med giftiga gaser beaktas därför i beräkningarna.

Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Om brandfarlig vätska läcker och antänds innan den har avdunstat uppstår en pölbrand. En pölbrand kan påverka människor genom strålning direkt på kroppen, strålning som orsakar brand i byggnad där människor befinner sig och inandning av giftiga brandgaser. Påverkan genom värmestrålning förväntas inom avstånd med storleksordningen tiotals meter från olycksplatsen beroende på typ av vätska och mängd som är involverad i olyckan.

Bedömning: Transporter av brandfarliga vätskor är generellt vanligt förekommande och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med brandfarliga vätskor beaktas därför i beräkningarna.

Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen

Exempel på ämnen inom klass 4 är metallpulver (t.ex. kisel-, magnesium- och aluminiumpulver), tändstickor, aktivt kol och fiskmjöl. Konsekvenserna av en olycka med dessa ämnen är brand med påföljande strålning och giftig rök.

Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen eller endast mycket begränsad spridning i samband med en olycka. För att brandfarliga fasta ämnen såsom ferrokisel, vit fosfor m.fl. ska leda till brandrisk krävs t.ex. att de vid olyckstillfället kommer i kontakt med vatten varvid brandfarlig gas kan bildas. Mängden brandfarlig gas som bildas står i proportion till mängden tillgängligt vatten.

Bedömning: Konsekvenserna vid en olycka med ämnen i klass 4 begränsas till närområdet på olycksplatsen och värmestrålningsnivåerna endast är farliga för människor i den absoluta närheten av branden. Olyckor med ämnen i klass 4 beaktas därmed inte i beräkningarna.

Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Flertalet oxiderande ämnen (väteperoxid, natriumklorat m.fl.) kan vid kontakt med vissa organiska ämnen (t.ex. diesel) genomgå en exoterm reaktion och orsaka en häftig explosiv brand. Vid kontakt med vissa metaller kan de sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan underhålla en eventuell brand. Det finns även risk för kraftiga explosioner där människor kan komma till skada. Syrgas kan förvärra en brand i organiskt material och ska därför hållas åtskilt från sådana material.

Organiska peroxider innehåller förutom oxidationsmedel även ett bränsle, vilket adderar ett extra riskelement till denna delklass. Ämnena kan reagera med flertalet metaller, syror, baser och andra kemiska föreningar.

Det finns också vissa organiska peroxider som kräver att en så kallad kontrolltemperatur ska säkerställas under transporten. Den så kallade kontrolltemperaturen är ca. 10 – 20 grader under ämnets självaccelererade sönderfallstemperatur SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature). Transport av dessa organiska peroxider måste därför ske under kylda förhållanden, i form av kylcontainrar eller av kylbilar där kylningen ska fungera oberoende av lastbilens motor. Vid överstigande av SADT kan ett sönderfall av ämnet ske med en sådan hög frigjord energi att sönderfallsförloppet blir som en kedjereaktion. Kraftiga och svårstoppade brand- och explosionsförlopp kan då bli följden. För dessa ämnen finns därför också en så kallad nödtemperatur på ca. 5 – 10 grader under SADT som innebär att nödtåtgärder då måste sättas in under transporten [13, 14, 15, 16].

Bedömning: Transporter av ämnen i klass 5 är generellt vanligt förekommande och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med dessa ämnen beaktas därför i beräkningarna.

Klass 6 – Giftiga ämnen och smittsamma ämnen

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på ämnen som tillhör klass 6. För att människor ska utsättas för risk i samband med dessa ämnen krävs fysisk kontakt med eller förtäring av dem. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

Bedömning: Det krävs fysisk kontakt med eller förtäring av ämnena för att människor ska utsättas för risk. Olyckor med giftiga ämnen och smittsamma ämnen beaktas därför inte i beräkningarna.

Klass 7 – Radioaktiva ämnen

Ämnen som räknas till klass 7 kan vara medicinska preparat, mätinstrument, pacemakers och kärnavfall. Konsekvenserna är oftast väldigt begränsade till närområdet, men om stora mängder transporteras, t.ex. kärnavfall, kan konsekvenserna bli större.

Bedömning: Mängden radioaktiva ämnen som transporteras i Sverige är minimalt och transporterarna är behäftade med stor säkerhet och ett antal försiktighetsåtgärder, varför sannolikheten för en olycka bedöms som mycket låg. Dessutom är konsekvenserna normalt begränsade till olycksplatsens närområden. Olyckor med radioaktiva ämnen beaktas därmed inte i beräkningarna.

Klass 8 – Frätande ämnen

Olyckor med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra m.fl.) ger endast påverkan kring olycksplatsens närområden. Skador uppkommer endast om individer får ämnet på huden.

Bedömning: Konsekvenserna är begränsade till olycksplatsens närområden och det krävs att människor kommer i kontakt med de frätande ämnena för att skadas. Olyckor med frätande ämnen beaktas därmed inte i beräkningarna.

Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material, batterier, fordon eller asbest. I samband med en olycka förväntas ingen spridning av dessa ämnen och föremål.

Bedömning: Konsekvenserna är begränsade kring olycksplatsens närområden. Olyckor med övriga farliga ämnen och föremål beaktas därmed inte i beräkningarna.

5.1.4 Sammanfattning av aktuella olycksscenarier

Följande olycksscenarier utreds i den här riskutredningen:

- Urspåring av tåg: mekanisk påverkan
- Olycka med explosiva ämnen och föremål: explosion
- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/-explosion och BLEVE
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klor
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand
- Olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider: explosion och brand

6 Riskanalys och riskvärdering

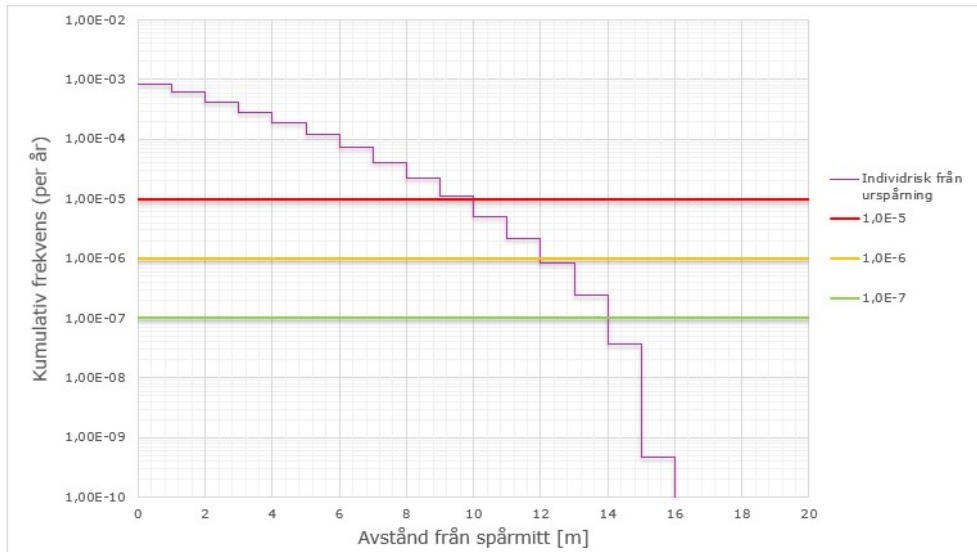
I det här avsnittet presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen. Resultaten gäller för prognosår 2040 och jämförs med aktuella riskkriterier. För detaljer med avseende på beräkningsmetodik hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

6.1 Individrisk

Individrisken för urspårning av tåg och transport av farlig gods presenteras separat eftersom två olika beräkningsmetoder används för de två olyckstyperna.

6.1.1 Urspårning av tåg

I Figur 6-1 redovisas individrisken från mekanisk påverkan vid urspårning av tåg. Individrisken motsvarar den kumulativa frekvensen per år för att urspårade tåg på den aktuella järnvägen når ett visst vinkelrätt avstånd från spårets mitt. I Figur 6-1 går det att utläsa att det maximala vinkelräta avståndet från spårmitte där mekanisk påverkan till följd av urspårning kan inträffa är 16 m. Frekvensen för en sådan urspårning är dock mycket låg och enbart tåg med hastigheten 160 km/h kan medföra påverkan på detta avstånd.



Figur 6-1: Individrisk från mekanisk påverkan vid urspårning av tåg.

I Figur 6-1 går det att utläsa att:

- Individrisken är högre än 10^{-5} per år på avstånd kortare än 10 m från järnvägen. Inom detta avstånd är individrisken oacceptabel.
- Individrisken är lägre än 10^{-5} per år men högre än 10^{-6} per år på avstånd mellan 10 m och 12 m från järnvägen. Inom detta avstånd är individrisken i det övre ALARP-området.
- Individrisken är lägre än 10^{-6} per år men högre än 10^{-7} per år på avstånd mellan 10 m och 14 m från järnvägen. Inom detta avstånd är individrisken i det undre ALARP-området.
- Individrisken är lägre än 10^{-7} per år på avstånd längre än 14 m från järnvägen. Bortanför detta avstånd är individrisken acceptabel.

De delområden av det aktuella planområdet som delvis ligger inom 14 m från järnvägen är område D, område E och område G. Individrisken från urspårning av tåg inom dessa delar är inte tillräckligt låg för att den ska betraktas som acceptabel. Övriga delområden av det aktuella planområdet ligger helt bortanför 14 m från järnvägen och individrisken från urspårning av tåg inom dessa delområden är således acceptabel.

Område D och område E

Gränsen för område D och E ligger 11 m från järnvägen, se avsnitt 5.1. I de delar av område D och område E som ligger närmast järnvägen, dvs. 11 m till 12 m från järnvägen, är individrisken från urspårning av tåg inom det övre ALARP-området. För delar av område D och område E som ligger 12 m till 14 m är individrisken från urspårning av tåg inom det undre ALARP-området. För övriga delar av område D och område E är risken från urspårning av tåg acceptabel.

Enbart begränsade delar av område D och område E ligger på ett avstånd från järnvägen där individrisken från urspårning är inom ALARP-området. Resultaten som redovisas i Figur 6-1 baseras på att samtliga tåg kör på spår 2, se avsnitt 5.1, vilket är ett konservativt antagande. I själva verket förväntas en stor del av tågen på järnvägen att köra på spår 3, se avsnitt 5.1, som ligger mer än 16 m bort från gränsen för område D och E. Tåg som färdas på spår 3 kommer alltså inte att kunna påverka område D och område E, vilket beräkningarna bakom resultaten i Figur 6-1 inte beaktar.

De tåg som potentiellt kan påverka området kommer att stöta på ett fysiskt hinder i form av en plattformskant i anslutning till spår 1. Plattformskanten kommer att fungera som en konsekvensbegränsande barriär mot urspårande tåg som färdas mot område D och område E. Effekten av plattformskanten är inte beaktad i beräkningarna bakom resultaten i Figur 6-1. Nedan summeras ovanstående resonemang:

- Enbart begränsade delar av område D och område E ligger på ett avstånd från järnvägen där individrisken från urspårning är inom ALARP-området.
- Beräkningarna bakom Figur 6-1 beaktar inte att en stor del av tågen på järnvägen förväntas att köra på spår 3 som ligger så pass långt bort från område D och område E att urspårande tåg från spår 3 inte kommer att kunna påverka område D och område E.
- En konsekvensbegränsande barriär mot urspårning i form av en plattformskant i anslutning till spår 1 existerar men har inte beaktats i beräkningarna bakom resultaten i Figur 6-1.

Baserat på ovanstående resonemang värderas individrisken från urspårning i område D och område E som tolerabel utan att riskreducerande åtgärder behöver övervägas för att hantera risken.

Område G

Gränsen för område G ligger 5 m från järnvägen, se avsnitt 5.1. I de delar av område G som ligger närmast järnvägen, dvs. 5 m till 10 m från järnvägen, är individrisken från urspårning av tåg oacceptabel. För delar av område G som ligger 10 m till 14 m är individrisken från urspårning av tåg inom ALARP-området. För övriga delar av område G är risken från urspårning av tåg acceptabel.

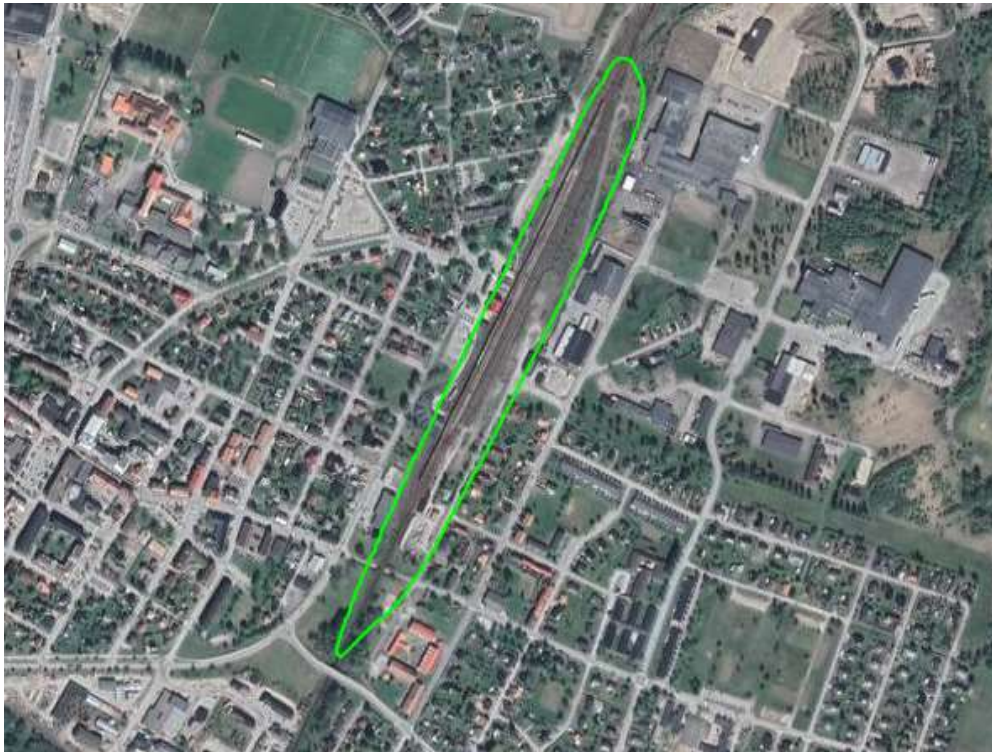
Inom område G finns ett lokstall som inte används för närvarande och som det inte finns några planer på att använda framöver. De delar av område G som ligger närmast

järnvägen är dessutom inhägnade, vilket innebär att allmänheten inte har tillgång till dessa delar av område G.

Ovanstående innebär att inga personer förväntas vistas inom området vilket även framgår av Tabell 4-2 i avsnitt 4.1.1. Inga personer utsätts således för risken från urspårning av tåg inom delar av område G. Därför bedöms riskreducerande åtgärder inte vara aktuella för att hantera individrisken från urspårning i område G.

6.1.2 Olycka med farligt gods

Figur 6-2 visar individrisken från transport av farligt gods på den studerade järnvägssträckan.



Figur 6-2: Individrisk från transport av farligt gods på den studerade järnvägssträckan. Grön konturkurva motsvarar individrisknivån 10^{-7} .

Avstånd till diverse risknivåer är beroende av parametrar avseende väderförhållanden och skiljer sig därmed mellan olika sidor av ett riskobjekt. Nedan presenteras enbart avstånd från järnvägen mot planområdet. Följande resultat för individrisken från transport av farligt gods med avseende på avstånd till risknivåer har erhållits:

- Individrisken är inte högre än 10^{-6} per år på något avstånd från järnvägen. Individrisken är således inte oacceptabel eller inom det övre ALARP-området på något avstånd från järnvägen.
- Individrisken är lägre än 10^{-6} per år men högre än 10^{-7} per år på avstånd kortare än 25 m från järnvägen (innanför grön konturkurva i Figur 6-2). Inom detta avstånd är individrisken i det undre ALARP-området.
- Individrisken är lägre än 10^{-7} per år på avstånd längre än 25 m från järnvägen (utanför grön konturkurva i Figur 6-2). Bortanför detta avstånd är individrisken acceptabel.

De delområden av det aktuella planområdet som delvis ligger inom 25 m från järnvägen är område D, område E, område G, område H och område I, se avsnitt 5.1. Individrisken från olyckor med farligt gods inom dessa delar är inte tillräckligt låg för att den ska betraktas som acceptabel. Övriga delområden av det aktuella planområdet ligger helt bortanför 25 m från järnvägen och individrisken från urspårning av tåg inom dessa delområden är således acceptabel.

Område D

Avståndet från gränsen av område D till järnvägen är 11 m, se avsnitt 5.1. Större delar av område D ligger inom 25 m från järnvägen där individrisken är inom det längre ALARP-området. Markanvändningen av område D enligt ny detaljplan är kontor och trafik.

En del personer som vistas inom område D kommer att befinna sig i området i samband med pendling eller resa till och från Mellerud. Dessa personer förväntas generellt inte vistas stadigvarande inom område D. För personer som pendlar eller reser till och från Mellerud finns dessutom en nytta med att befinna sig i järnvägens omedelbara närhet eftersom det är en förutsättning i samband med pendling eller resor.

Personer som arbetar på kontor inom område D kommer däremot att vistas stadigvarande i området. För personer som arbetar på kontor finns inte motsvarande nytta att befinna sig i järnvägens omedelbara närhet, och därmed utsätta sig för en förhöjd risk, som för personer som pendlar eller reser till och från Mellerud.

Baserat på ovanstående bedöms individrisken med avseende på olyckor med farligt gods inom område D som tolerabel utan att riskreducerande åtgärder behöver övervägas för personer som pendlar eller reser. För personer som arbetar på kontor inom område D krävs däremot att riskreducerande åtgärder övervägs samt att de åtgärder som betraktas vara rimliga implementeras för att individrisken med avseende på farligt gods för dessa personer ska bedömas som tolerabel. För mer information om riskreducerande åtgärder hänvisas till avsnitt 8.

Område E

Avståndet från gränsen av område E till järnvägen är 11 m, se avsnitt 5.1. Större delar av område E ligger inom 25 m från järnvägen där individrisken är inom det längre ALARP-området. Markanvändningen av område E enligt ny detaljplan är besöksanläggning.

Verksamheten som bedrivs inom området idag och som är planlagd att finnas kvar framöver är en ungdomsgård med begränsade öppettider. För närvarande håller ungdomsgården öppet 20 timmar i veckan. Personer som besöker ungdomsgården kommer att vistas stadigvarande inom område E. För dessa personer finns inte motsvarande nytta att befinna sig i järnvägens omedelbara närhet, och därmed utsätta sig för en förhöjd risk, som för personer som pendlar eller reser till och från Mellerud och därmed befinner sig i område D.

Baserat på ovanstående krävs att riskreducerande åtgärder övervägs samt att de åtgärder som betraktas vara rimliga implementeras för att individrisken med avseende på farligt gods för dessa personer ska bedömas som tolerabel. För mer information om riskreducerande åtgärder hänvisas till avsnitt 8. Det ska beaktas att de åtgärder som betraktas som rimliga för ungdomsgården, där öppettiderna är begränsade och

personer i vaket tillstånd kommer att vistas, kan skilja sig från åtgärder som betraktas som rimliga för annan typ av besöksanläggning, exempelvis hotell, där öppetiderna inte är begränsade och sovande personer förväntas.

Område G

För område G gäller samma resonemang för individrisken från olyckor med farligt gods som för individrisken från urspårning av tåg, se avsnitt 6.1.1. Slutsatsen är att riskreducerande åtgärder inte bedöms vara aktuella för att hantera individrisken från olyckor med farligt gods i område G.

Område H

Avståndet från gränsen av område H till järnvägen är 18 m, se avsnitt 5.1. Område H kommer att användas som återvinningsstation enligt den nya detaljplanen och uppmanar därmed inte till stadigvarande vistelse. Individrisken från olyckor med farligt gods värderas därmed som tolerabel för område H utan att riskreducerande åtgärder behöver övervägas för att hantera risken.

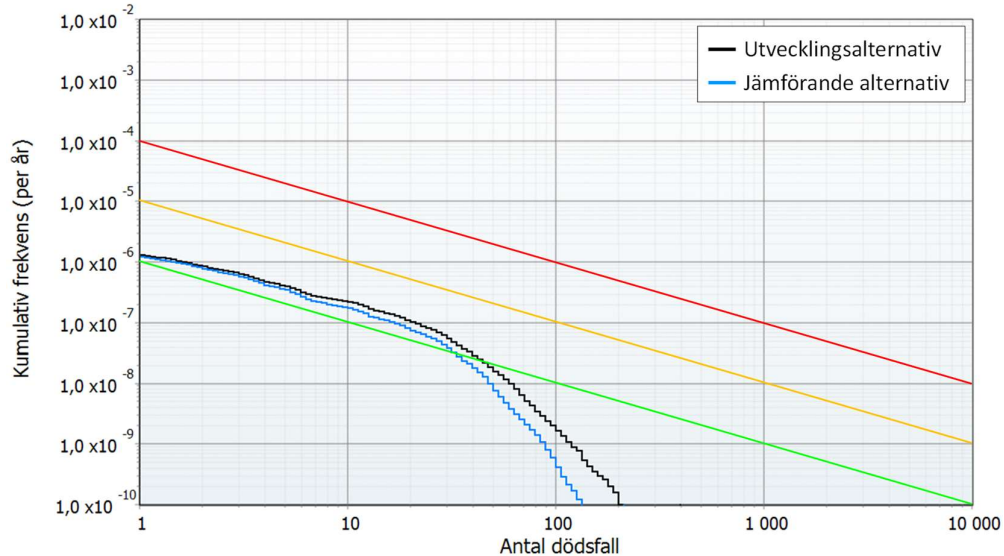
Område I

Avståndet från gränsen av område I till järnvägen är 19 m, se avsnitt 5.1. Område I kommer att användas som räddningstjänst enligt den nya detaljplanen och används redan som räddningstjänst för närvarande. Befintlig bebyggelse inom område I är placerad inom 25 m från järnvägen men enbart i en mycket begränsad omfattning. Delar av område I som ligger utanför befintlig bebyggelse och som ligger inom 25 m från järnvägen uppmanar inte till stadigvarande vistelse. Baserat på ovanstående värderas individrisken från olyckor med farligt gods som tolerabel för befintlig utformning av område I utan att riskreducerande åtgärder behöver övervägas för att hantera risken. För ändrad utformning av område I kan riskreducerande åtgärder bli aktuella. För mer information om riskreducerande åtgärder hänvisas till avsnitt 8.

6.2 Samhällsrisk

Resultaten för samhällsrisken omfattar endast olycka med farligt gods och inte urspårning av tåg. Då urspårning av tåg enbart har lokal påverkan i omedelbar anslutning till järnvägen bedöms urspårning av tåg inte ha någon påverkan på resultaten för samhällsrisken.

Figur 6-3 visar samhällsrisken från olyckor på järnvägen för utvecklingsalternativet och det jämförande alternativet. Samhällsrisken presenteras i F/N-kurvor och baseras på information om personbelastning i avsnitt 4.1.1.



Figur 6-3: Samhällsrisk för olyckor på järnvägen. Röd linje markerar övre gräns för ALARP-området, gul linje markerar mitten av ALARP-område, grön linje markerar övre gräns för acceptabel risk.

Följande resultat för samhällsrisk för utvecklingsalternativet kan utläsas ur Figur 6-3:

- Inga delar av F/N-kurvan ligger inom risknivån för oacceptabel risk.
- Inga delar av F/N-kurvan ligger inom risknivån för övre ALARP-området.
- Den del av F/N-kurvan som representerar olyckor som medför färre än 45 dödsfall ligger inom risknivån för det undre ALARP-området.
- Övriga delar av F/N-kurvan ligger inom risknivån för acceptabel risk.
- Sammanfattningsvis gäller att samhällsrisk för utvecklingsalternativet delvis ligger inom risknivån för acceptabel risk och delvis inom risknivån för det undre ALARP-området.

Figur 6-3 visar dessutom att utvecklingsalternativet medför en ökning av samhällsrisk jämfört med det jämförande alternativet. Ökningen bedöms dock inte vara betydande eftersom även samhällsrisk för det jämförande alternativet delvis ligger inom risknivån för acceptabel risk och delvis inom risknivån för det undre ALARP-området. Då en stor del av samhällsrisk för utvecklingsalternativet genereras av sådant som inte berörs av planförslaget bedöms riskreducerande åtgärder inom planområdet inte kunna medföra en betydande reduktion av samhällsrisk. De riskreducerande åtgärderna som beskrivs i avsnitt 8 kommer därför främst att baseras på resultaten för individrisk, se avsnitt 6.1. Att samhällsrisk delvis ligger inom risknivån för det undre ALARP-området innebär att några av de riskreducerande åtgärderna behöver övervägas även för områden där individrisken ligger på en acceptabel risknivå.

7 Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys

I känslighetsanalysen beskrivs hur känsligt analysresultatet är för antaganden och indata för vissa särskilt viktiga parametrar. I osäkerhetsanalysen beskrivs osäkerheterna i indataparametrar och hur detta har hanterats i analysen.

7.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Känsligheten analyseras med avseende på följande parametrar:

- Antal transporter av farligt gods
- Sannolikhet för olyckor
- Personbelastning
- Konsekvenser för studerade olycksscenarioer

7.1.1 Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i såväl antalet transporter av farligt gods som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en procentuell förändring av dessa parametrar ger motsvarande variation av resultatet. Exempelvis medför en ökning av antalet transporter av farligt gods med 10% att olycksfrekvensen ökar med 10%.

7.1.2 Personbelastning

Det kan konstateras att förändring i persontäthet inom det studerade planområdet har en påverkan på samhällsriskerna men inte på individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i persontäthet och samhällsriskens känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av persontätheten ger en allmän ökning av samhällsriskerna men det är svårt att ange i exakt vilket område av F/N-kurvan ökningen sker. Klart är dock att en ökning i persontäthet innebär en förskjutning av F/N-kurvan uppåt och åt höger.

7.1.3 Konsekvenser för studerade olycksscenarioer

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser för studerade olycksscenarioer bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar av olyckor till följd av bränder och utsläpp av gaser är beroende av en rad olika parametrar såsom hålstorlek för utsläpp och diverse väderparametrar. Varierande väderparametrar såsom vindhastighet, vindriktning och stabilitetsklass samt varierande hålstorlekar för utsläpp har hanterats i analysen. Av erfarenhet är det känt att just dessa parametrar kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd särskilt för spridning av gaser.

En annan parameter som kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd för spridning av gaser benämns ytråhet och beskriver topografin i området. Ytråhet som motsvarar skogsmark eller stadsmiljö bidrar till ökad mekanisk turbulens och således snabbare utspädning av ett gasmoln. Ett konservativt val av ytråhet har tillämpats i analysen.

Av erfarenhet är det känt att parametrar såsom utetemperatur, solinstrålning och luftfuktighet har mindre påverkan på konsekvensavstånd.

7.2 Osäkerhetsanalys

Generellt delas osäkerhet upp i två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Den epistemiska osäkerheten handlar om att det saknas information om exempelvis antal transporter av farligt gods. Denna osäkerhet kan i teorin elimineras med ytterligare insamling av information. Stokastisk osäkerhet går däremot inte att eliminera och handlar om naturlig variabilitet i exempelvis vindhastigheter och vindriktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter men framförallt epistemisk osäkerhet.

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa graden av osäkerhet i det underlag som slutsatser är grundade på. Osäkerheten analyseras med avseende på följande parametrar:

- Antal transporter av farligt gods
- Sannolikhet för olyckor
- Konsekvenser för studerade olycksscenarier

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämpande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras att det presenterade resultatet troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller.

7.2.1 Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor

Antalet transporter av farligt gods och sannolikheten för olyckor är baserat på diverse historiska data som utgör grund för uppskattning av såväl typ som mängd av farligt gods samt frekvens för olycka med farligt gods. Att använda historiska data i beräkningar med avseende på ett framtidsscenario innebär alltid osäkerheter med begränsade möjligheter att analysera och utreda osäkerheterna. Metoden för att hantera denna osäkerhet är att genomgående anta konservativa bedömningar.

7.2.2 Konsekvenser för studerade olycksscenarier

Osäkerheten avseende konsekvenser för studerade olycksscenarier bedöms vara beroende på scenariobeskrivningarna. Här bedöms osäkerheten avseende representativa scenarier vara liten men det finns samtidigt en betydande osäkerhet inför så kallade extremhändelser såsom transporter av farligt gods utanför gällande regelverk eller uppsåtliga händelser. Det kan emellertid konstateras att övergripande metodik för en riskutredning av detta slag inte rymmer en analys av sådana konsekvenser.

8 Riskreducerande åtgärder

Enligt avsnitt 6 gäller följande med avseende på resultat för individrisk och samhällsrisk:

- Individrisken från urspårning av tåg är förhöjd i nära anslutning till järnvägen men värderas som tolerabel utan att riskreducerande åtgärder behöver övervägas för att hantera risken.
- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger inom risknivån för det undre ALARP-området inom 25 m från järnvägen och i risknivån för acceptabel risk bortanför 25 m från järnvägen.
- Samhällsrisk för utvecklingsalternativet ligger delvis inom risknivån för acceptabel risk och delvis inom risknivån för det undre ALARP-området.

En acceptabel risk innebär att risken kan accepteras utan krav på riskreducerande åtgärder. Dock bör riskreducerande åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt implementeras även om risken är acceptabel.

En risk inom ALARP-området kan tolereras om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna. I den undre delen av ALARP-området är kraven på riskreduktion inte lika hårda som i den övre delen av ALARP-området. I ALARP-området ska möjliga åtgärder till riskreduktion beaktas.

I enlighet med avsnitt 6.1.2 behöver riskreducerande åtgärder med avseende på individrisken från olyckor farligt gods övervägs i samband med den nya detaljplanen för de delar av område D, område E och område I som ligger inom 25 m från järnvägen. De åtgärder som betraktas vara rimliga ska implementeras för att individrisken med avseende på farligt gods inom dessa områden ska bedömas som tolerabel. Att samhällsrisk delvis ligger inom risknivån för det undre ALARP-området innebär att några av de riskreducerande åtgärderna behöver övervägs även för områden där individrisken ligger på en acceptabel risknivå.

Riskreducerande åtgärder inom följande områden bör övervägas i samband med den nya detaljplanen:

- Skyddsavstånd
- Utrymningsvägar och entréer
- Ventilation
- Brandtekniskt skydd
- Begränsningar i framtida personbelastning

Nedan beskrivs de riskreducerande åtgärderna, dess potentiella effekt och i vilka områden de huvudsakligen bör övervägas. Även om åtgärderna huvudsakligen är framtagna med avsikt att reducera individrisken så medför de även en reduktion av samhällsrisk.

8.1 Skyddsavstånd

Framtida förändringar inom planområdet, dvs. förändringar utöver de som beaktas i den här riskutredningen, bör inte uppmana till stadigvarande vistelse inom 25 m från järnvägen. Avståndet på 25 m motsvarar avståndet inom vilket risknivån för individrisken ligger inom det undre ALARP-området.

Ovanstående är enbart relevant för område D, område E och område I. Anledningen är att föreslagen markanvändning inom område G och område H som delvis ligger inom 25 m från järnvägen inte uppmanar till stadigvarande vistelse samt att övriga områden inte ligger inom 25 m från järnvägen.

Exempelvis bör eventuell nybyggnation i anslutning till den befintliga räddningstjänsten inte medföra stadigvarande vistelse inom 25 m från järnvägen.

8.2 Utrymningsvägar och entréer

Vid en olyckshändelse är det av vikt att det finns utrymningsvägar som möjliggör för en säker utrymning. Detta innebär att det i byggnader i anslutning till transportleder för farligt gods bör finnas utrymningsvägar som möjliggör utrymning bort från transportleden. Dessutom bör huvudsakliga entréer om möjligt placeras så bort från transportleden eftersom personer tenderar att utrymma den väg som de använde för att ta sig in i byggnaden.

Placering av utrymningsvägar och entréer bedöms vara en kostnadseffektiv åtgärd, i alla fall för nybyggnation. Därför bör ovanstående rekommendationer med avseende på utrymningsvägar och entréer övervägas för nybyggnation inom hela planområdet. Dessutom bör förändringar till existerande utrymningsvägar och entréer på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om placeringen av existerande utrymningsvägar och entréer inte följer ovan nämnda principer.

8.3 Ventilation

Ett sätt att reducera risken för människor som befinner sig inomhus vid en eventuell olyckshändelse är att planera ventilationssystem strategiskt. Ventilationssystemet bör planeras på ett sätt så att det vid spridning av gas kan förhindras att gasen tränger in i byggnader via ventilationssystem. Detta kan göras genom att dels placera luftintag antingen på tak eller så högt upp som möjligt på fasad, dels placera luftintag så att de vetter bort från transportleden. Ett förlängt avstånd mellan luftintag och läckagepunkten ger en lägre koncentration av giftiga ämnen i den luft som tränger in i byggnaderna. För bebyggelse där ett större antal människor vistas, exempelvis vårdbyggnader, flerbostadshus och kontor, kan det dessutom vara lämpligt att möjliggöra central avstängning av ventilation antingen automatiskt eller manuellt.

Som tidigare nämnt kan olyckor med giftiga gaser medföra långa konsekvensavstånd. Dessutom bedöms strategisk planering av ventilationssystem vara en kostnadseffektiv åtgärd, i alla fall för nybyggnation. Därför bör ovanstående rekommendationer med avseende på ventilationssystem övervägas för nybyggnation inom hela planområdet. Dessutom bör förändringar till existerande ventilationssystem på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om existerande ventilationssystem inte följer ovan nämnda principer.

8.4 Brandtekniskt skydd

Den första raden av bebyggelse inom 25 m från järnvägen bör ha ett brandtekniskt skydd. Avståndet på 25 m motsvarar avståndet inom vilket risknivån för individrisken ligger inom det undre ALARP-området. På korta avstånd från järnvägen föreligger en betydande risk för olyckor med brandfarliga gaser och brandfarliga vätskor vilket motiverar rekommendationen.

Fasader som vetter mot järnvägen rekommenderas utföras i EI30, vilket innebär ett krav på att konstruktionen är flam- och brandgasavskiljande (E) samt uppfyller krav

för temperaturhöjning på motsatt sida från branden (I). Fönster som vetter mot järnvägen bör utföras i EW30, där W innebär att fönstret inte ska släppa igenom värmestrålning som överskrider 15kW/m². Fönster som vetter mot järnvägen bör dessutom vara icke-öppningsbara.

Vid nybyggnation inom planområdet där den nya bebyggelsen uppmanar till stadigvarande vistelse inom 25 m från järnvägen bör ovanstående rekommendationer om brandtekniskt skydd övervägas. Ovanstående är enbart relevant för område D, område E och område I. Anledningen är att föreslagen markanvändning inom område G och område H som delvis ligger inom 25 m från järnvägen uppmanar inte stadigvarande vistelse samt att övriga områden inte ligger inom 25 m från järnvägen.

Dessutom bör förändringar till existerande fasader och fönster på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om existerande fasader och fönster inte följer ovan nämnda principer.

8.5 Begränsningar i framtida personbelastning

Framtida förändringar inom planområdet, dvs. förändringar utöver de som beaktas i den här riskutredningen, bör enbart tillåta en begränsad ökning av persontätheten inom 25 m från järnvägen. Avståndet på 25 m motsvarar avståndet inom vilket risknivån för individrisken ligger inom det undre ALARP-området.

Ovanstående är enbart relevant för område D, område E och område I. Anledningen är att föreslagen markanvändning inom område G och område H som delvis ligger inom 25 m från järnvägen uppmanar inte stadigvarande vistelse samt att övriga områden inte ligger inom 25 m från järnvägen.

Ett exempel på en framtida förändring som medför en betydande ökning av persontätheten inom 25 m från järnvägen är att omvandla ungdomsgården till hotellverksamhet. Såväl ungdomsgård som hotellverksamhet faller under markanvändningen besöksanläggning. Hotellverksamhet istället för ungdomsgård förväntas medföra att det i genomsnitt vistas fler i området eftersom hotellverksamhet generellt är tillgänglig för besökare alla dagar på året och under alla tider på dygnet medan ungdomsgården har begränsade öppettider på 20 timmar i veckan. Utöver det ökade antalet personer medför hotellverksamhet sovande människor inom området, något som inte förväntas inom ungdomsgården. Sovande personer är extra sårbara vid olyckor eftersom tiden för utrymning generellt är längre för sovande personer än för personer i vaket tillstånd.

9 Slutsatser

Följande resultat med avseende på individrisk och samhällsrisk har erhållits:

- Individrisken från urspårning av tåg är förhöjd i nära anslutning till järnvägen men värderas som tolerabel utan att riskreducerande åtgärder behöver övervägas för att hantera risken.
- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger inom risknivån för det undre ALARP-området inom 25 m från järnvägen och i risknivån för acceptabel risk bortanför 25 m från järnvägen.
- Samhällsrisken för utvecklingsalternativet ligger delvis inom risknivån för acceptabel risk och delvis inom risknivån för det undre ALARP-området.

Baserat på resultaten behöver riskreducerande åtgärder med avseende på individrisken från olyckor farligt gods övervägs i samband med den nya detaljplanen för de delar av område D, område E och område I som ligger inom 25 m från järnvägen. De åtgärder som betraktas vara rimliga ska implementeras för att individrisken med avseende på farligt gods inom dessa områden ska bedömas som tolerabel. Att samhällsrisken delvis ligger inom risknivån för det undre ALARP-området innebär att några av de riskreducerande åtgärderna behöver övervägs även för områden där individrisken ligger på en acceptabel risknivå.

Följande riskreducerande åtgärder bör övervägas:

- **Skyddsavstånd**
Framtida förändringar, dvs. förändringar utöver de som beaktas i den här riskutredningen, inom område D, område E och område I bör inte uppmana till stadigvarande vistelse inom 25 m från järnvägen.
- **Utrymningsvägar och entréer**
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att utrymningsvägar möjliggör utrymning bort från järnvägen och huvudsakliga entréer är placerade bort från järnvägen.
Dessutom bör förändringar till existerande utrymningsvägar och entréer på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om placeringen av existerande utrymningsvägar och entréer inte följer ovan nämnda principer.
- **Ventilation**
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att luftintag dels placeras på tak eller så högt upp som möjligt på fasad, dels placeras så att de vetter bort från järnvägen. För nybyggnation där ett större antal människor förväntas vistas bör möjlighet till central avstängning av ventilation, antingen automatiskt eller manuellt, övervägas.
Dessutom bör förändringar till existerande ventilationssystem på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om existerande ventilationssystem inte följer ovan nämnda principer.
- **Brandtekniskt skydd**
För nybyggnation inom område D, område E och område I där den nya bebyggelsen uppmanar till stadigvarande vistelse inom 25 m från järnvägen bör fasader som vetter mot järnvägen utföras i brandklass EI30. Vidare bör fönster som vetter mot järnvägen utföras i brandklass EW30 samt vara icke-öppningsbara. Ovanstående gäller enbart första raden av bebyggelse inom 25 m från järnvägen.
Dessutom bör förändringar till existerande fasader och fönster på befintlig bebyggelse i område D och område E övervägas om existerande fasader och

fönster inte följer ovan nämnda principer. Ovanstående gäller enbart första raden av bebyggelse inom 25 m från järnvägen.

- **Begränsningar i framtida personbelastning**

Framtida förändringar, dvs. förändringar utöver de som beaktas i den här riskutredningen, inom område D, område E och område I bör enbart tillåta en begränsad ökning av persontätheten inom 25 m från järnvägen.

Om ovanstående åtgärder övervägs samt om de åtgärder som betraktas vara rimliga implementeras så bedöms detaljplanen vara tolerabel med avseende på risker från järnvägen.

10 Referenser

- [1] Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, "Riskhanterings i detaljplaneprocessen," 2006.
- [2] Länsstyrelsen Stockholm, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [3] Räddningsverket, "Värdering av risk," Karlstad, 1997.
- [4] TNO Riskcurves, RISKCURVES 11.4.2.
- [5] TNO Purple Book, "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book",," 2005b. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>.
- [6] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [7] VTI, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [8] MSB, "MSBFS 2018:5 - ADR-S 2019," 2018.
- [9] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [10] EPA, "Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) Values," 29 08 2016. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>.
- [11] HHS1, "Toxicological Profile for Ammonia," Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, 2004.
- [12] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, "Toxicological profile for chlorine," U.S. Department of health and human services, Atlanta, Georgia, 2010.
- [13] PLASTICS, "Safe Transport of Organic Peroxides - Best Practices," Organic Peroxide Producers Safety Division of the Plastics Industry Association (PLASTICS), 2017.
- [14] MSB, "Gruppering av organiska peroxider - uppgifter om innehållet i databasen," 2014.
- [15] MSB, SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid, 1999.

[16] MSB, SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider, 1996.

Beräkningsbilaga

Handläggare
Mario Rubil
Telefon
010 505 34 81
Mobil
072 200 36 05
E-post
mario.rubil@afry.com

Datum
2022-03-28
Projekt ID
214024
Beställare
Jonas Söderqvist
E-post
jonas.soderqvist@mellerud.se

Kund
Melleruds kommun

Beräkningsbilaga till Riskutredning för Melleruds resecentrum

Uppdragsledare/Handläggare: Mario Rubil
Handläggare: Tove Raquette
Intern kvalitetsgranskning: Jennifer Wolsing

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	4
2	Personbelastning	5
2.1	Sammanfattning av personbelastning	10
3	Väderdata	11
3.1	Vindhastighet	11
3.1.1	Stabilitetsklass.....	12
3.2	Vindriktning	13
4	Fördelning av farligt gods	14
5	Olycka med farligt gods.....	16
5.1	Frekvensberäkningar	16
5.1.1	Explosiva ämnen och föremål.....	18
5.1.2	Brandfarliga gaser	19
5.1.3	Giftiga gaser.....	21
5.1.4	Brandfarliga vätskor	22
5.1.5	Oxiderande ämnen och organiska ämnen.....	25
5.1.6	Summering av frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods ...	27
5.2	Konsekvensberäkningar	27
5.2.1	Generella sårbarhetsparametrar	27
5.2.2	Explosiva ämnen	28
5.2.3	Brandfarliga gaser	30
5.2.4	Giftiga gaser.....	32
5.2.5	Brandfarliga vätskor	33
5.2.6	Oxiderande ämnen och organiska ämnen.....	33
6	Urspårning av tåg.....	35
6.1	Beräkningsmetodik.....	35
6.2	Underlag.....	36
6.3	Resultat med avseende på avståndsfaktorerna b och d	37
6.4	Konsekvenser med avseende på personsador	38
	Referenser	39

Dokumenthistorik

Version	Datum	Revidering	Handläggare
1.0	2022-03-28	Första utgivna version	Mario Rubil

1 Inledning

Den här beräkningsbilagan beskriver förutsättningar och indata för den kvantitativa analysen vars resultat beskrivs i följande dokument:

- Riskutredning för Melleruds resecentrum

Följande områden omfattas av beräkningsbilagan:

- Personbelastning
- Väderdata
- Fördelning av farligt gods
- Beräkningsmetodik för olycka med farligt gods
- Beräkningsmetodik för urspårning av tåg

Aktuella riskkällor med avseende på planområdet för Melleruds resecentrum är Vänerbanan och Dal-Västra Värmlands Järnväg (DVVJ). Transport av persontåg och godståg förekommer på båda järnvägarna. Transport av farligt gods förekommer dock enbart på Vänerbanan.

2 Personbelastning

Personbelastningen är relevant för beräkningar med avseende på samhällsrisk. Personbelastningen tas fram för ett kvadratisk område med arean 1 km² i anslutning till transportleden för farligt gods eftersom kriterierna för samhällsrisk generellt tillämpas på ett sådant område.

Personbelastningen redovisas för två alternativ där det ena är utvecklingsalternativet, dvs. förväntad personbelastning inom området till följd av planförslaget, medan det andra är ett jämförande alternativ för att kunna resonera kring ökningen i samhällsrisken som planförslaget medför. För båda alternativen tillämpas en personbelastning för 2040.

Det aktuella planområdet utgörs av totalt 9 delområden utifrån markanvändning. Dessa delområden illustreras i Figur 2-1. I Tabell 2-1 specificeras nuvarande användning av planområdet, användning enligt befintlig detaljplan och användning enligt ny detaljplan.

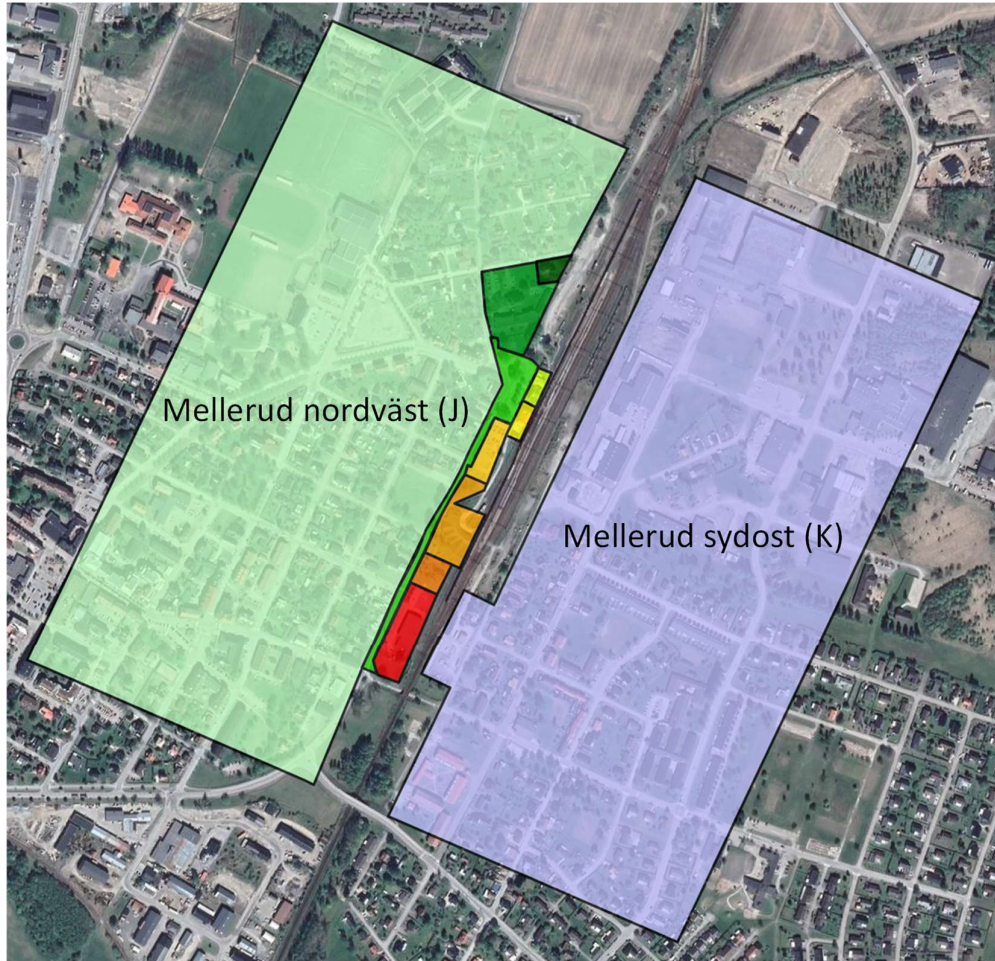


Figur 2-1: Indelning av planområde efter markanvändning.

Tabell 2-1: Specificering av nuvarande användning av planområde, användning enligt befintlig detaljplan och användning enligt ny detaljplan.

Område	Nuvarande användning	Användning enligt befintlig detaljplan	Användning enligt ny detaljplan
A	Bostäder	Bostäder	Bostäder
B	Vård, kontor	Vård	Bostäder, vård, kontor, centrumverksamhet
C	Gata	Gata	Gata
D	Väntsal, café, kontor	Järnvägsändamål	Kontor, trafik
E	Ungdomsgård	Järnvägsändamål	Besöksanläggning
F	Parkering	Järnvägsändamål	Parkering
G	Järnvägsändamål	Järnvägsändamål	Trafik
H	Ingen specifik användning	Småindustri	Allmän platsmark (återvinningsstation)
I	Räddningstjänst	Småindustri	Räddningstjänst

Utöver planområdet beaktas ytterligare 2 områden i anslutning till järnvägen för att skapa ett kvadratisk område med arean 1 km², se Figur 2-2. Områden utan beteckning i Figur 2-2 utgör planområdet och framgår av Figur 2-1.



Figur 2-2: Områden utanför planområdet för vilka personbelastning är relevant.

Enligt statistik från Statistiska centralbyrån var befolkningstätheten i Melleruds tätort 1239 personer/km² i slutet av 2020 [1]. För 2040 antas en ökning på 10% av persontätheten, vilket innebär en befolkningstäthet på 1363 personer/km² för 2040. Antagandet bedöms som konservativt eftersom det kvadratiske området med arean 1 km² i anslutning till järnvägen till stor del består av befintlig bebyggelse. Därmed förväntas ökningen av befolkningstätheten inom det aktuella området vara begränsad.

Ovanstående befolkningstäthet kommer att tillämpas för att härleda antalet personer som befinner sig inom några av områdena A – J i Figur 2-2 och Figur 2-1. Kommande avsnitt redogör för följande parametrar för samtliga områden A – J:

- Antalet personer i området för såväl dagtid som natttid
- Andel personer inomhus för såväl dagtid som natttid
- Nyttjandegrad

Antalet personer i området beskriver hur många personer som befinner sig i området under såväl dagtid som natttid. Andelen personer inomhus beskriver hur stor andel av personbelastningen som befinner sig inomhus och anges för såväl dagtid som natttid. Nyttjandegraden beskriver hur många dagar av året ett visst område används.

Område A

Markanvändningen av område A enligt ny detaljplan är bostäder, vilket motsvarar nuvarande användning av området.

Inom området finns i dagsläget en privatbostad. Bostaden har totalt 4 boende enligt uppgifter från Melleruds kommun. Antal boende i område A antas vara oförändrat för 2040. De 4 personerna antas befinna sig inom området under såväl dagtid som nattetid.

Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93% respektive 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna.

Nyttjandegraden för område A ansätts till 365 dagar per år.

Område B

Markanvändningen av område B är enligt ny detaljplan bostäder, vård, kontor och centrumverksamhet. Nuvarande användning av området är vård och kontor.

Enligt uppgifter från Melleruds kommun befinner i dagsläget sig ca. 100 personer i området under dagtid och ca. 40 personer under nattetid. Kommunen har inga konkreta planer på antalet bostäder eller vilken typ av centrumverksamhet som området kommer att utökas med. Ett konservativt antagande bedöms vara att 100 personer tillkommer under såväl dagtid som nattetid, där de flesta av dessa utgörs av boende i tillkommande bostäder. För 2040 innebär det att 200 personer kommer att vistas i området under dagtid medan 140 personer kommer att vistas i området under nattetid.

Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93% respektive 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna. De angivna siffrorna bedöms vara rimliga även för vård, kontor och centrumverksamhet. Användning av kontor och centrumverksamhet förväntas dock enbart under dagtid.

Nyttjandegraden för område B ansätts till 365 dagar per år. Det bedöms vara konservativt eftersom kontor och centrumverksamhet i området inte förväntas nyttjas under årets alla dagar.

Område C

Markanvändningen av område C enligt ny detaljplan är gata, vilket motsvarar nuvarande användning av området.

Område C uppmanar inte till stadigvarande vistelse. Därför ansätts antalet personer inom området till 0 under såväl dagtid som nattetid.

Område D

Markanvändningen av område D enligt ny detaljplan är kontor och trafik. Nuvarande användning av området väntsal, café och kontor.

Enligt uppgifter från Melleruds kommun är kontoret, som består av 15 kontorsplatser, tomt i dagsläget. Samtliga kontorsplatser antas vara nyttjade under 2040 men enbart under dagtid.

Andelen personer inomhus under dagtid ansätts till 93%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna. Den angivna siffran bedöms vara rimliga även för kontor.

Nyttjandegraden för kontor inom område D antas vara 5 dagar i veckan och 50 veckor om året, dvs. 250 dagar om året.

Område D kommer dessutom att nyttjas av tågresenärer som uppehåller sig vid stationsområdet. Område D beaktas trots att det inte uppmanar till stadigvarande vistelse

av tågresenärer med anledning av att ett betydande antal människor förväntas vistas inom området, även om vistelsen är kortvarig. Beroende på om det är rusningstrafik eller inte så kommer antalet personer inom området variera kraftigt.

Under rusningstrafik antas konservativt att 50 personer befinner sig i området. Utanför rusningstrafik antas att i genomsnitt 2,5 personer befinner sig i området, vilket är 5% av antalet personer under rusningstrafik. Det innebär att tillkommande antal personer under rusningstrafik är 47,5 jämfört med tider utanför rusningstrafik.

I den här riskutredningen antas rusningstrafik infalla varje dag mellan 07:00 och 09:00 samt 16:00 och 18:00, vilket innebär att rusningstrafik infaller 1/6 (ca. 17%) av tiden. Rusningstrafik infaller dock enbart under dagtid, vilket innebär att rusningstrafik infaller 1/3 (ca. 33%) av tiden under dagtid. Det motsvarar en nyttjandegrad på 122 dagar där det är rusningstrafik under dagtid men inte under nattetid.

Samtliga tågresenärer som befinner sig i området antas konservativt vara utomhus såväl dagtid som nattetid.

Område E

Markanvändningen av område E enligt ny detaljplan är besöksanläggning. Nuvarande användning av området är ungdomsgård och denna verksamhet kommer fortsatt att bedrivas som enda verksamhet inom området.

Enligt uppgifter från Melleruds kommun nyttjas ungdomsgården i dagsläget under fyra kvällar i veckan, nämligen måndagar, onsdagar torsdagar och fredagar. Samma nyttjande av ungdomsgården antas vara gällande även för 2040.

På måndags-, onsdags- och torsdagskvällar besöks ungdomsgården av 40 – 50 personer medan den besöks av 90 – 100 personer på fredagskvällar enligt information från Melleruds kommun. Ett konservativt genomsnitt av antalet personer som besöker ungdomsgården är 62,5 personer per kväll som ungdomsgården är öppen. Samtliga personer som besöker ungdomsgården antas vistas där under hela öppettiden som uppgår till 20 timmar i veckan under 2022 [3]. Samma öppettider antas vara gällande även för 2040.

Ovanstående innebär att området nyttjas ca. 12% av tiden under ett år. Eftersom programvaran Riskcurves [2] som används i beräkningarna delar upp ett dygn i dagtid och nattetid, vardera med 12 timmar, antas för enkelhetens skull att all användning av ungdomsgården sker under dagtid. Det innebär att ungdomsgården nyttjas ca. 24% av dagtid under ett år. Det motsvarar en nyttjandegrad på 87 dagar där ungdomsgården används under dagtid men inte under nattetid.

Andelen personer inomhus ansätts till 93%, vilket föreslås för bostadsområden under dagtid av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna. Den angivna siffran bedöms vara rimliga även för ungdomsgården.

Område F

Markanvändningen av område F enligt ny detaljplan är parkering, vilket motsvarar nuvarande användning av området. I dagsläget utgörs området av markparkering men det finns planer på att bygga ett parkeringshus i området.

Område F uppmanar inte till stadigvarande vistelse. Därför ansätts antalet personer inom området till 0 under såväl dagtid som nattetid.

Område G

Markanvändningen av område G enligt ny detaljplan är trafik. Nuvarande användning av området är järnvägsändamål. Inom området finns i dagsläget ett lokstall som kommer att finnas kvar i framtiden.

Enligt uppgifter från Melleruds kommun används lokstallet inte för närvarande och det finns heller inga planer på att det ska användas i framtiden. De delar av område G som ligger närmast järnvägen är dessutom inhägnade, vilket innebär att allmänheten inte har tillgång till dessa delar av område G.

Baserat på ovanstående ansätts antalet personer inom området till 0 under såväl dagtid som nattetid.

Område H

Markanvändningen av område H enligt ny detaljplan är allmän platsmark. Området kommer att användas som återvinningsstation. I dagsläget har området ingen specifik användning.

Område H uppmanar inte till stadigvarande vistelse. Därför ansätts antalet personer inom området till 0 under såväl dagtid som nattetid.

Område I

Markanvändningen av område I enligt ny detaljplan är räddningstjänst, vilket motsvarar nuvarande användning av området.

Enligt uppgifter från Melleruds kommun befinner sig 6 personer i området under dagtid, 4 personer i området under kvällstid och 0 personer under nattetid. Baserat på dessa uppgifter antas det konservativt att 6 personer befinner sig i området under dagtid, dvs. 12 timmar av ett dygn, och att 4 personer befinner sig i området under nattetid, dvs. resterande 12 timmar av ett dygn.

Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93% respektive 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna. De angivna siffrorna bedöms vara rimliga även för räddningstjänst.

Nyttjandegraden för område I ansätts till 365 dagar per år, vilket bedöms vara konservativt eftersom det förmodligen är färre personer på plats på räddningstjänsten under helger.

Område J

Område J omfattas inte av den aktuella detaljplanen utan utgörs av ett större sammanhängande område nordväst om järnvägen. Området utgörs till stor del av bostäder.

Antalet personer inom området för 2040 antas motsvara befolkningstätheten i Melleruds tätort för 2040, dvs. 1363 personer/km², och är således beroende av områdets area. Baserat på arean av området som har ritats upp i programvaran Riskcurves [2] uppgår antalet personer inom området till ca. 583,1. Dessa personer antas befinna sig inom området under såväl dagtid som nattetid.

Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93% respektive 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [2] som används för de kvantitativa beräkningarna.

Nyttjandegraden för område J ansätts till 365 dagar per år.

Område K

Område K omfattas inte av den aktuella detaljplanen utan utgörs av ett större sammanhängande område sydost om järnvägen. Området utgörs till stor del av bostäder.

Med avseende på personbelastningen gäller samma förutsättningar och antaganden som för område J, se avsnitt 0. Den enda skillnaden är att antalet personer i område K uppgår till ca. 609,7.

2.1 Sammanfattning av personbelastning

Personbelastningen för utvecklingsalternativet och det jämförande alternativet redovisas i Tabell 2-2 respektive Tabell 2-3. Område D har delats upp i användning av området som kontor samt användning av området av tågresenärer beroende på om det är rusningstrafik eller ej.

Områden med ändringar i jämförelse med utvecklingsalternativet är markerade med fetstil i Tabell 2-3. För det jämförande alternativet beaktas inte de 100 personerna som förväntas tillkomma i område B till följd av planförslaget och inte heller de 15 personer i område D som kommer att nyttja de 15 kontorsplatserna som i dagsläget inte används. Dessutom beaktas inte heller personer inom område E och område I eftersom den nuvarande användningen av dessa områden, som motsvarar den planerade användningen av områdena, inte är i enlighet med befintlig detaljplan.

Tabell 2-2: Sammanfattning av personbelastning för utvecklingsalternativet, 2040.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	4	4	0,93	0,99	365
B	200	140	0,93	0,99	365
C	0	0	-	-	-
D.1 - Kontor	15	0	0,93	-	250
D.2 - Station	2,5	2,5	0	0	365
D.3 - Station (rusningstrafik) ¹	47,5	0	0	-	122
E	62,5	0	0,93	-	87
F	0	0	-	-	-
G	0	0	-	-	-
H	0	0	-	-	-
I	6	4	0,93	0,99	365
J	583,1	583,1	0,93	0,99	365
K	609,7	609,7	0,93	0,99	365

Tabell 2-3: Sammanfattning av personbelastning för det jämförande alternativet, 2040.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	4	4	0,93	0,99	365
B	100	40	0,93	0,99	365
C	0	0	-	-	-
D.1 - Kontor	0	0	-	-	-
D.2 - Station	2,5	2,5	0	0	365
D.3 - Station (rusningstrafik) ²	47,5	0	0	-	122
E	0	0	-	-	-
F	0	0	-	-	-
G	0	0	-	-	-
H	0	0	-	-	-
I	0	0	-	-	-
J	583,1	583,1	0,93	0,99	365
K	609,7	609,7	0,93	0,99	365

¹ Antalet personer för område D.3 anger tillkommande personer på stationen vid rusningstrafik utöver de som normalt finns på stationen.

² Antalet personer för område D.3 anger tillkommande personer på stationen vid rusningstrafik utöver de som annars förväntas finnas på stationen.

3 Väderdata

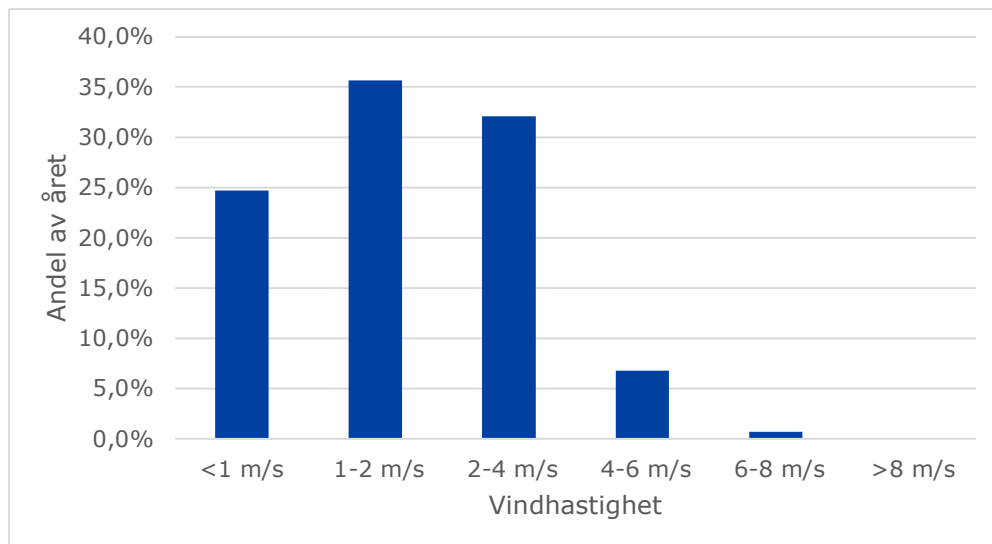
Den närmaste mätstationen tillhörande SMHI i förhållande till planområdet benämns Kroppefjäll-Granan A. Avståndet mellan mätstationen och planområdet är ca. 20 km. Figur 3-1 visar placeringen av mätstationen i förhållande till planområdet. Data från mätstationen avseende vindhastighet och vindriktning mellan 2010 och 2021 har hämtats från SMHIs öppna databas [4].



Figur 3-1: Placering av planområdet och mätstationen Kroppefjäll-Granan A.

3.1 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningsberäkningar i samband med utsläpp av gas. Vid låga vindhastigheter erhålls högre koncentrationer av gas i olyckans närhet. I Figur 3-2 visas fördelningen av vindhastighet vid mätstationen Kroppefjäll-Granan A från ovan nämnda data. Medelvärdet under den aktuella perioden var 1,9 m/s och vindstilla förhållanden uppmättes under ca. 11% av tiden.



Figur 3-2: Fördelning av vindhastighet vid mätstationen Kroppefjäll-Granan A, 2010 – 2021.

3.1.1 Stabilitetsklass

I beräkningsmodellen används Pasquills stabilitetsklasser som beskriver turbulensen i luftmassan närmast jordens yta, dvs. hur stabil eller instabil luftmassan närmast jordens yta är. Turbulensen beror främst på mängden solinstrålning. Vid högre nivåer av solinstrålning värms luften närmast marken upp och rör sig därmed uppåt vilket medför turbulens i luftmassan. Därför är luften generellt stabil under natten då det inte finns någon solinstrålning.

Stabiliteten av luftmassan har stor påverkan för hur ett utsläpp av gas sprids i luften. En mer stabil luftmassa medför mindre omfattande omblandning och därmed mindre omfattande utspädning av den utsläppta gasen. Detta innebär att högre koncentrationer av gas erhålls på längre avstånd från utsläppet vid stabila förhållanden jämfört med instabila förhållanden. Pasquills stabilitetsklasser beskrivs i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser [5, 6].

Turbulens	Beskrivning, väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter
Instabil	Måttligt till mycket solinstrålning, dvs. soligt molnfritt väder, där solen står högt på himlen, (vinkel större än 60 grader), och måttliga till svaga vindar gör att atmosfären blir instabil.	A: Extremt instabilt	<2,5 m/s
		B: Måttligt instabilt	2,5–4 m/s
		C: Svagt instabilt	>4 m/s
Neutral	Relativt starka vindar och måttlig solinstrålning, dvs. molnig väderlek och/eller klar väderlek där solen står lågt på himlen (vinkel mellan 15 och 35 grader) är associerade med neutral/måttlig turbulens	D: Neutral	0–15 m/s
Stabil	Låg/ingen solinstrålning och svaga vindar. Sker främst under natten.	E: Svagt stabilt	>2,5 m/s
		F: Måttligt – extremt stabilt	<2,5 m/s

För att ta höjd för olika förhållanden av vindhastighet och stabilitetsklasser används tre olika kombinationer av dessa parametrar:

- 2F: Stabilitetsklass F, vindhastighet 2 m/s
- 2D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 2 m/s
- 5D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 5 m/s

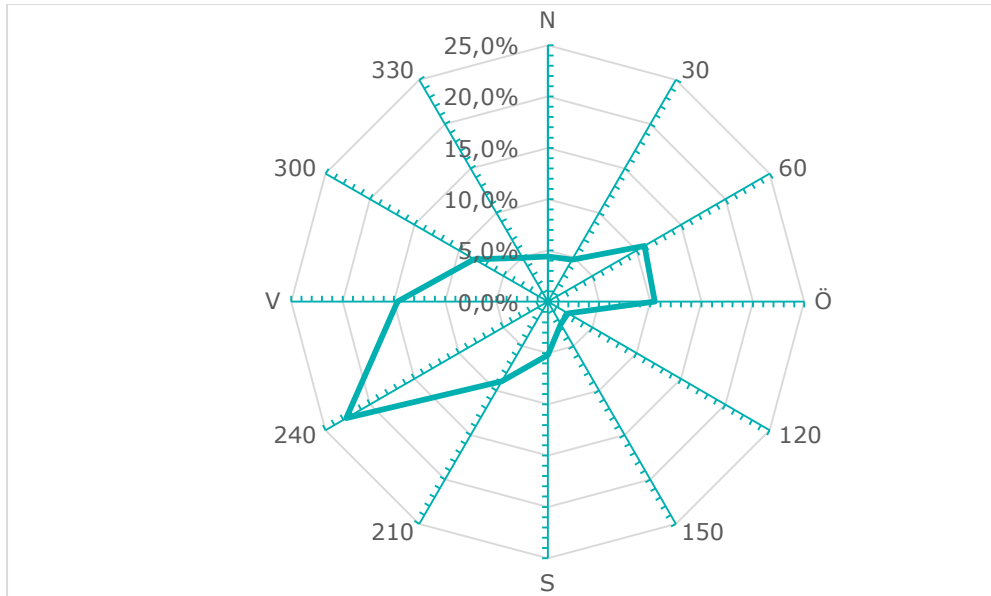
De valda väderscenerierna bedöms som representativa och rimligt konservativa. Fördelningen mellan de olika väderscenerierna för såväl dagtid som nattetid har uppskattats baserat på data avseende vindhastighet från mätstationen Kroppefjäll-Granan A och presenteras i Tabell 3-2.

Tabell 3-2: Fördelning av väderförhållanden under dagtid och nattetid.

Väderförhållande	Dag	Natt
2F	10%	20%
2D	55%	65%
5D	35%	15%
Summa	100%	100%

3.2 Vindriktning

Vindriktningen anges generellt i det väderstreck som det blåser från och inverkar vid spridning av gaser genom att sprida gaserna bort från det väderstreck som det blåser från. I Figur 3-3 visas fördelningen av vindriktning vid mätstationen Kroppefjäll-Granan A från ovan nämnda data. Figur 3-3 visar att sydvästlig vind är dominerande.



Figur 3-3: Fördelning av vindfördelning vid mätstation Kroppefjäll-Granan A, 2010 – 2021.

4 Fördelning av farligt gods

Transporterat farligt gods på järnväg delas in i ett antal så kallade RID-klasser beroende på ämnets art och vilken risk som ämnet förknippas med:

- Klass 1: Explosiva ämnen och föremål
- Klass 2: Gaser (komprimerade, flytande eller tryckupplösta)
- Klass 3: Brandfarliga vätskor
- Klass 4.1: Brandfarliga fasta ämnen
- Klass 4.2: Självantändande ämnen
- Klass 4.3: Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser
- Klass 5.1: Oxiderande ämnen
- Klass 5.2: Organiska ämnen
- Klass 6.1: Giftiga ämnen
- Klass 6.2: Smittsamma ämnen
- Klass 7: Radioaktiva ämnen
- Klass 8: Frätande ämnen
- Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

Klasserna ovan utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering och tillämpas i beräkningarna med följande undantag:

- Klass 2 delas in i följande underklasser eftersom respektive underklass ger upphov till olikartade olycksförlopp:
 - Klass 2.1: Brandfarliga gaser
 - Klass 2.2: Icke brandfarliga och icke giftiga gaser
 - Klass 2.3: Giftiga gaser
- Klass 4.1, klass 4.2 och klass 4.3 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade
- Klass 5.1 och klass 5.2 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade
- Klass 6.1 och klass 6.2 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade

Tabell 4-1 visar den genomsnittliga fördelningen av farligt gods i RID-klasser baserat på transporterad godsmängd av farligt gods i Sverige mellan 2011 och 2020 baserat på information från Trafikanalys [7]. Enligt Tabell 4-1 utgörs en betydande del av transporterat farligt gods av brandfarliga vätskor (klass 3) och gaser (klass 2).

Tabell 4-1: Genomsnittlig fördelning av farligt gods i RID-klasser baserat på transporterad godsmängd av farligt gods i Sverige, 2011 – 2020 [7].

Klass	Typ av farligt gods	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen och föremål	$2,0 \cdot 10^{-4}$
2	Gaser (komprimerade, flytande eller tryckupplösta)	28,3
3	Brandfarliga vätskor	35,4
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	3,1
4.2	Självantändande ämnen	
4.3	Ämnen som i vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	
5.1	Oxiderande ämnen	14,2
5.2	Organiska ämnen	
6.1	Giftiga ämnen	1,8
6.2	Smittsamma ämnen	
7	Radioaktiva ämnen	$1,0 \cdot 10^{-2}$
8	Frätande ämnen	16,9
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0,3

Statistiken från Trafikanalys [7] i Tabell 4-1 redovisar inte fördelningen i de tre underklasserna 2.1 (brandfarliga gaser), 2.2 (icke brandfarliga och icke giftiga gaser) och 2.3 (giftiga gaser) till klass 2 (gaser). Beroende på vilken typ av gas som är involverad i en olycka så kommer händelseförloppet se olika ut. Därför krävs en mer detaljerad uppdelning av underklasserna av klass 2.

Dåvarande Räddningsverket genomförde en undersökning av transporter av farligt gods på det svenska järnvägsnätet under september 2006 [8]. Resultatet från undersökningen redovisas i Tabell 4-2. Informationen i Tabell 4-2 används för att erhålla en fördelning för underklasserna 2.1 (brandfarliga gaser), 2.2 (icke brandfarliga och icke giftiga gaser) och 2.3 (giftiga gaser).

Tabell 4-2: Fördelning av farligt gods i klass 2 [8].

Klass	Typ av farligt gods	Vikt [ton]	Andel av klass 2 [%]
2.1	Brandfarliga gaser	23 178	73,0
2.2	Icke brandfarliga och icke giftiga gaser	814	2,6
2.3	Giftiga gaser	7 750	24,4

Informationen i Tabell 4-2 tillämpas för att dela upp fördelningen i Tabell 4-1 i underklasser till klass 2. Resultatet framgår av Tabell 4-3. Fördelningen av farligt gods i Tabell 4-3 har använts i beräkningarna för den här riskutredningen.

Tabell 4-3: Fördelning av farligt gods som har använts i beräkningarna.

Klass	Typ av farligt gods	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen och föremål	$2,0 \cdot 10^{-4}$
2.1	Brandfarliga gaser	20,7
2.2	Icke brandfarliga och icke giftiga gaser	0,7
2.3	Giftiga gaser	6,9
3	Brandfarliga vätskor	35,4
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	3,1
4.2	Självantändande ämnen	
4.3	Ämnen som i vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	
5.1	Oxiderande ämnen	14,2
5.2	Organiska ämnen	
6.1	Giftiga ämnen	1,8
6.2	Smittsamma ämnen	
7	Radioaktiva ämnen	$1,0 \cdot 10^{-2}$
8	Frätande ämnen	16,9
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0,3

5 Olycka med farligt gods

Följande olycksscenarier som involverar transport av farligt gods utreds i riskutredningen:

- Olycka med explosiva ämnen och föremål: explosion
- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/-explosion och BLEVE
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klor
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand
- Olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider: explosion och brand

5.1 Frekvensberäkningar

Frekvensen för en urspårning av ett tåg på aktuell sträcka beräknas genom Banverkets dokument *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [9]. Modellen bygger på verksamhetens art (W), vilken bestäms utifrån indata gällande undersökt sträcka samt felintensitet (ξ) för de olika verksamheterna. Indata till frekvensberäkningar för olycka vid transport av farligt gods på järnväg presenteras i Tabell 5-1. Uppgifter om antal godståg för 2040 samt genomsnittlig längd för godståg är baserade på information från Trafikverket [10]. Antal växlar har uppskattats utifrån information från Trafikverket [11].

Tabell 5-1: Indata till frekvensberäkningar för olycka vid transport av farligt gods på järnväg.

Indata	Värde
Studerad längd (km)	1
Spårklass	Klass A
Antal växlar på sträckan	10
Antal godståg per år 2040	6 990
Genomsnittlig längd för godståg (m)	578
Längd normalvagn (m)	24
Antal godsvagnar per tåg i genomsnitt	24,1
Antal godsvagnar per år i genomsnitt	168 342
Andel FG-vagnar per godståg i genomsnitt	0,1
Antal FG-vagnar per godståg i genomsnitt	2,4
Antal FG-vagnar per år i genomsnitt	16 834
Andel FG-vagnar med 2 axlar	0,03
Andel FG-vagnar med 4 axlar	0,97
Vagnaxelkm godsvagnar (inkl. FG-vagnar)	369 341
Tågkilometer (godståg)	6 990
Antal passager genom växel för godståg	69 900

Urspårning av tåg på järnväg kan orsakas av en rad olika olyckstyper. Dessa olyckstyper sammanfattas i Tabell 5-2 tillsammans med felintensitet och beroendefaktor för varje enskild olyckstyp. Beroendefaktorn beskriver vilken parameter som påverkar frekvensen för urspårning för varje olyckstyp. Beroendefaktorerna presenteras i Tabell 5-1.

Tabell 5-2: Felintensitet och beroendefaktor för olika olyckstyper.

Olyckstyp	Felintensitet	Beroendefaktor
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Solkurva	$1,00 \cdot 10^{-5}$	Studerad spårlängd (km)
Vagnfel godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	Vagnaxelkilometer för godsvagnar

Olyckstyp	Felintensitet	Beroendefaktor
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	Antal passager genom växel för godståg
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-4}$	Tågkilometer för godståg
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	Tågkilometer för godståg
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	Vagnaxelkilometer för godsvagnar

För varje enskild olyckstyp beräknas frekvensen för urspårning på den aktuella sträckan som:

$$\text{Frekvens}_{\text{urspårning}} = \text{Felintensitet} \cdot \text{Beroendefaktor}$$

Felintensitet redovisas i Tabell 5-2

Beroendefaktor redovisas i Tabell 5-1

Beroendefaktorerna som tillämpas gäller för ett år, vilket medför att den beräknade frekvensen för urspårning är en årlig frekvens. Frekvensen för urspårning på den aktuella sträckan redovisas i Tabell 5-3.

Tabell 5-3: Frekvens för urspårning av godståg.

Olyckstyp	Frekvens per år
Rälsbrott	$1,85 \cdot 10^{-5}$
Solkurva	$1,00 \cdot 10^{-5}$
Vagnfel godståg	$1,14 \cdot 10^{-3}$
Lastförskjutning	$1,48 \cdot 10^{-4}$
Växel sliten, trasig	$3,49 \cdot 10^{-4}$
Annan orsak	$3,98 \cdot 10^{-4}$
Okänd orsak	$9,79 \cdot 10^{-4}$
Spårlägesfel	$1,48 \cdot 10^{-4}$
Total frekvens för urspårning	$3,20 \cdot 10^{-3}$

Frekvenserna i Tabell 5-3 avser urspårning för samtliga godsvagnar. För att beräkna frekvensen för urspårning av vagnar med farligt gods tas hänsyn till det genomsnittliga antalet vagnar med farligt gods per godståg (se Tabell 5-1) samt att det genomsnittliga antalet vagnar som spårar ur vid en urspårningsolycka är 3,5 vagnar enligt [12]. Dessa förutsättningar medför att sannolikheten för att en vagn med farligt gods spårar ur, givet en urspårning av godståg, är 27,1%.

Ovanstående medför att frekvensen för urspårning av vagn innehållande farligt gods är $8,66 \cdot 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar en återkomsttid på ca. 1150 år.

För att beräkna frekvensen för en urspårning av en godsvagn med en viss klass av farligt gods krävs kännedom om andelen transporter som innehåller den aktuella klassen av farligt gods. Avsnitt 4 redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på järnväg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för urspårning som:

$$\text{Frekvens}_{\text{urspårning, klass X}} = \text{Frekvens}_{\text{urspårning}} \cdot \text{Andel transporter}_{\text{klass X}}$$

X motsvarar de olika klasserna av farligt gods

*Frekvens*_{urspårning} redovisas i Tabell 5-3

*Andel transporter*_{klass X} redovisas i avsnitt 4

5.1.1 Explosiva ämnen och föremål

Explosiva ämnen och föremål delas in i 6 klasser som benämns klass 1.1 – 1.6. Av dessa klasser är det primärt klass 1.1 (ämnen och föremål som har en risk för massexplosion) som har ett skadeområde som är så pass utbrett att det bedöms kunna medföra påverkan på människor som befinner utanför olycksplatsens närområde. Det antas att samtliga transporter av explosiva ämnen och föremål utgörs av ämnen och föremål som har en risk för massexplosion.

Beroende på fordonsklass kan olika mängder av klass 1.1 transporteras, vilket ger olika potentiella olycksscenarier. Med högsta fordonsklass kan maximal mängd massexplosiva varor transporteras i upp till 16 ton per transport men de flesta transporter innefattar endast små mängder av massexplosiva varor. Statistikunderlaget för transporter av ämnen i klass 1.1 är begränsat. Det antas att 98% av samtliga transporter sker med 20 kg medan resterande 2% sker med 16 000 kg massexplosiva varor.

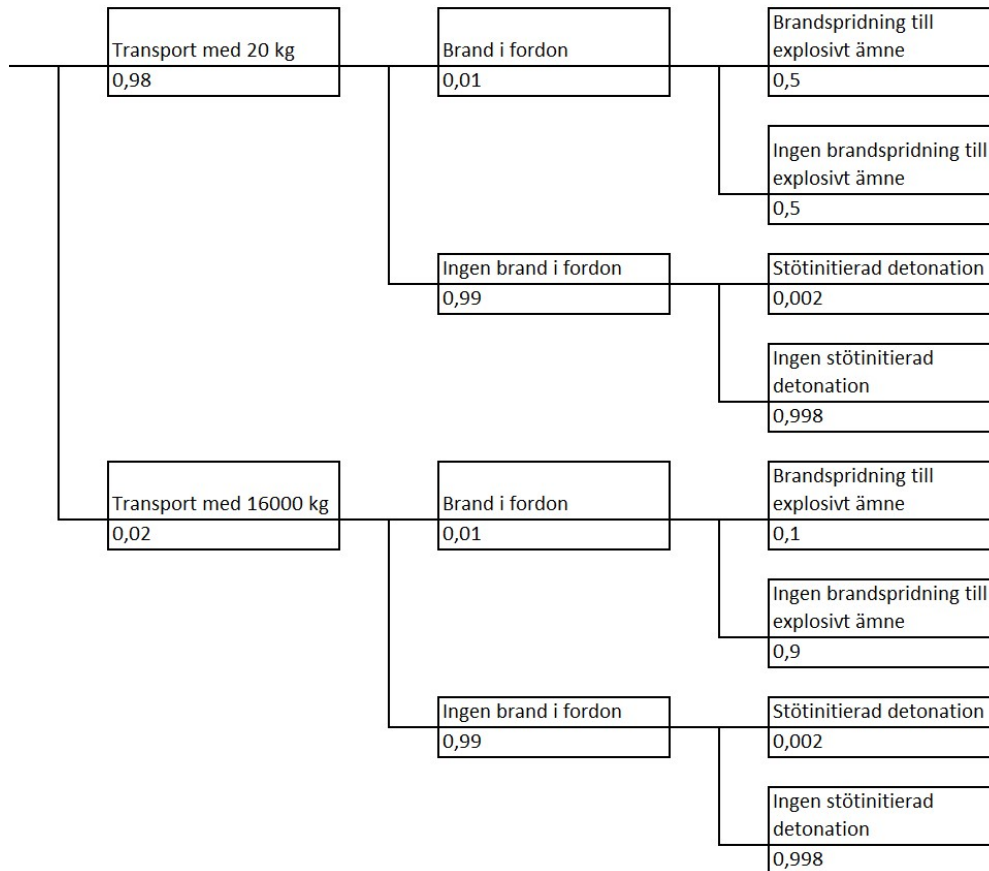
Reaktion i det explosiva materialet kan uppstå vid brand som sprider sig till lasten eller om godset utsätts för mycket kraftig stöt vid en kollision. Sannolikheten för brand i fordonet antas vara 1% och antas vara oberoende av fordonsklassen på fordonet som transporterar det farliga godset. Sannolikheten att en brand i fordonet sprider sig till lasten är däremot beroende av fordonsklassen. Den högsta transporterade mängden förutsätter högsta fordonsklass. Utifrån detta antas en brand sprida sig till fordonet i 10% av fallen för den maximala mängden 16 000 kg, och 50% av fallen för 20 kg, vilket i praktiken är mycket konservativt. Gällande stötinitierad detonation krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s för att initiera en reaktion. HMSO [13] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2%. Denna sannolikhet används i beräkningarna.

Tabell 5-4 visar frekvenser för olyckor med explosiva ämnen och föremål.

Tabell 5-4: Frekvenser för olyckor med explosiva ämnen och föremål.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Liten explosion	$1,17 \cdot 10^{-11}$
Stor explosion	$1,02 \cdot 10^{-13}$

Figur 5-1 visar händelseträdet som har använts för att beräkna frekvenserna för olyckor med explosiva ämnen och föremål.



Figur 5-1: Händelseträd för olyckor med explosiva ämnen och föremål.

5.1.2 Brandfarliga gaser

Gaser transporteras generellt under övertryck i tjockväggiga tankar. Det faktum att ett fordon som transporterar brandfarlig gas är inblandat i olycka innebär inte nödvändigtvis att ett läckage av gas uppstår. I de flesta fall uppstår inget hål i tanken och därför strömmar inget av innehållet ut. Läckage som trots allt uppstår delas upp i små läckage och stora läckage. Ett litet läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 10 mm medan ett stort läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 50 mm.

För olyckor på järnväg är sannolikheten för litet läckage och stort läckage 1% vardera för tjockväggiga tankar enligt [9].

De skadehändelser som kan uppkomma givet ett utsläpp av brandfarlig gas är jetbrand, gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion och BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

5.1.2.1 Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en flaska och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i flaskan samt trycket i denna. Sannolikheten för direkt antändning beror på läckagets storlek och ansätts till 10% för litet läckage och 20% för stort läckage [14].

5.1.2.2 Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion

Om gasen vid ett läckage inte antänds direkt uppstår ett gasmoln av brandfarlig gas. För att en fördröjd antändning ska ske krävs som regel ett större läckage [14] men konservativt ansätts en sannolikhet för fördröjd antändning även vid mindre läckage. Sannolikheten för fördröjd antändning sätts till 1% för litet läckage och 50% för stort

läckage. Luftinblandningen i gasmolnet ökar med tiden och avgör huruvida en fördröjd antändning av gasmolnet leder till en gasmolnsbrand eller en gasmolnsexplosion.

Om antändningen av gasmolnet är fördröjd men ändå sker i ett förhållandevis tidigt skede så är luftinblandningen i gasmolnet vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning. Om antändningen av gasmolnet är fördröjd och sker i ett förhållandevis sent skede så kommer mer luft att ha blandats in i gasmolnet, vilket kan skapa de förutsättningar som krävs för att en gasmolnsexplosion ska inträffa. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

För att gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta sker när vindriktningen är mot området.

5.1.2.3 BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. I samband med att tanken rämna övergår innehållet i gasfas och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning.

För att BLEVE ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Eftersom gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion är kortvariga händelser bedöms BLEVE inte kunna inträffa i samband med dessa händelser. En jetbrand kan däremot vara mer långvarig och bedöms därför kunna orsaka BLEVE. Sannolikheten för BLEVE givet en jetbrand sätts till 1%.

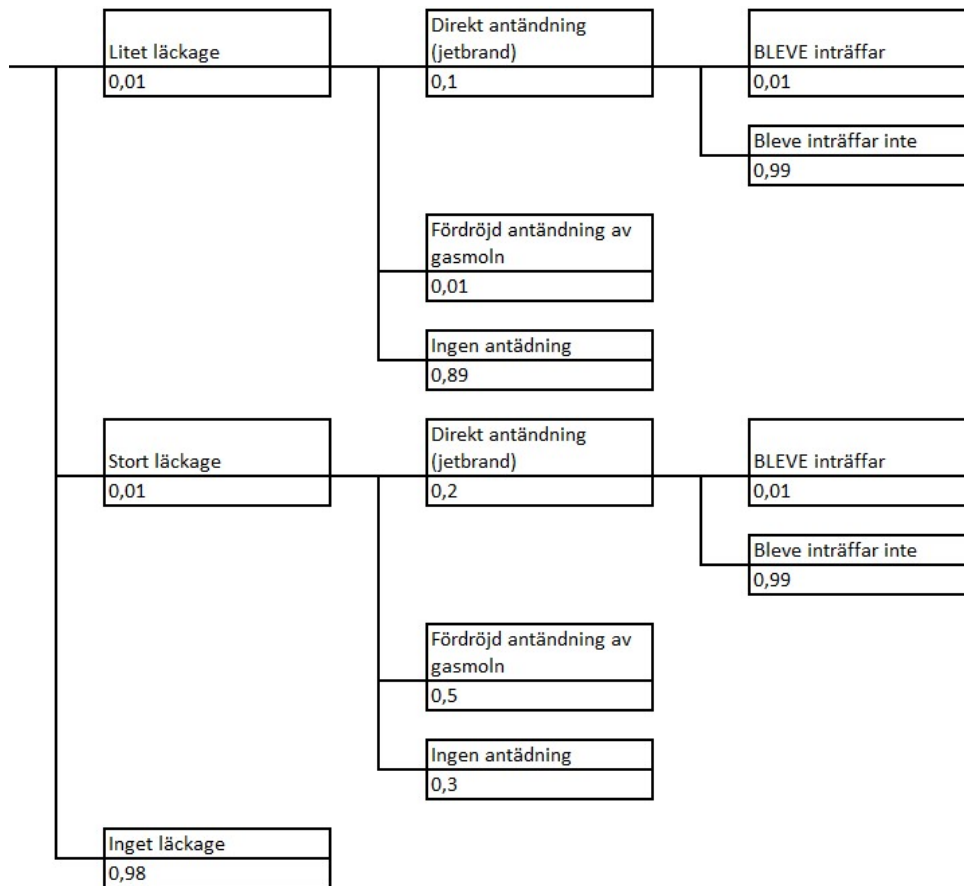
5.1.2.4 Summering av frekvenser för olyckor med brandfarliga gaser

Tabell 5-5 visar frekvenser för olyckor med brandfarliga gaser. Beräkningsprogrammet [2] kräver att BLEVE simuleras med en egen frekvens.

Tabell 5-5: Frekvenser för olyckor med brandfarliga gaser.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
BLEVE	$5,37 \cdot 10^{-9}$
Litet utsläpp	$1,79 \cdot 10^{-6}$
Stort utsläpp	$1,79 \cdot 10^{-6}$

Figur 5-2 visar händelseträdet som har använts för att beräkna frekvenserna för olyckor med brandfarliga gaser.



Figur 5-2: Händelseträäd för olyckor med brandfarliga gaser.

5.1.3 Giftiga gaser

Gaser transporteras generellt under övertryck i tjockväggiga tankar. De giftiga gaserna antas vara ammoniak och klor, vilket bedöms vara en rimlig representation över de giftiga gaser som faktiskt transporteras. Sannolikheten för transport av ammoniak och klor sätts till 80% respektive 20%. Ammoniak representerar gaser som är måttligt giftiga medan klor representerar gaser som är mycket giftiga.

Det faktum att ett fordon som transporterar giftig gas är inblandat i olycka innebär inte nödvändigtvis att ett läckage av gas uppstår. I de flesta fall uppstår inget hål i tanken och därför strömmar inget av innehållet ut. Läckage som trots allt uppstår delas upp i små läckage och stora läckage. Ett litet läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 10 mm medan ett stort läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 50 mm.

För olyckor på järnväg är sannolikheten för litet läckage och stort läckage 1% vardera för tjockväggiga tankar enligt [9].

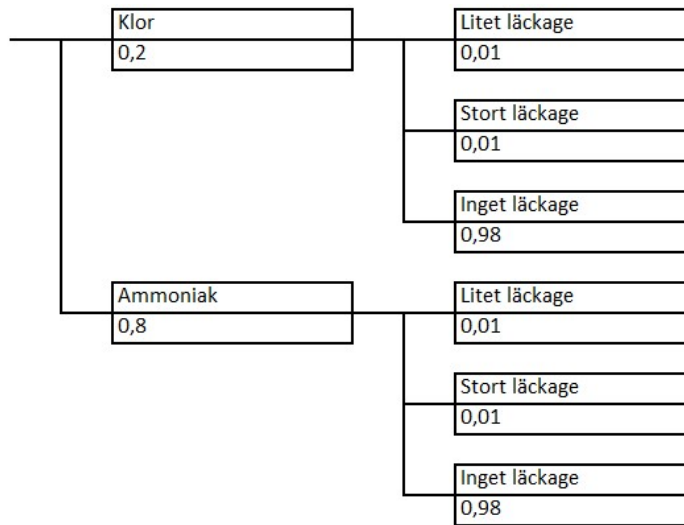
Vid ett läckage av giftig gas har vindhastighet och vindriktning en stor inverkan på spridningen av gasen och därmed konsekvenserna i samband med läckaget. Platsspecifika väderdata presenteras i avsnitt 3 och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet [2].

Tabell 5-6 visar frekvenser för olyckor med giftiga gaser.

Tabell 5-6: Frekvenser för olyckor med giftiga gaser.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Litet utsläpp av klor	$1,20 \cdot 10^{-7}$
Stort utsläpp av klor	$1,20 \cdot 10^{-7}$
Litet utsläpp av ammoniak	$4,78 \cdot 10^{-7}$
Stort utsläpp av ammoniak	$4,78 \cdot 10^{-7}$

Figur 5-3 visar händelseträdet som har använts för att beräkna frekvenserna för olyckor med giftiga gaser.

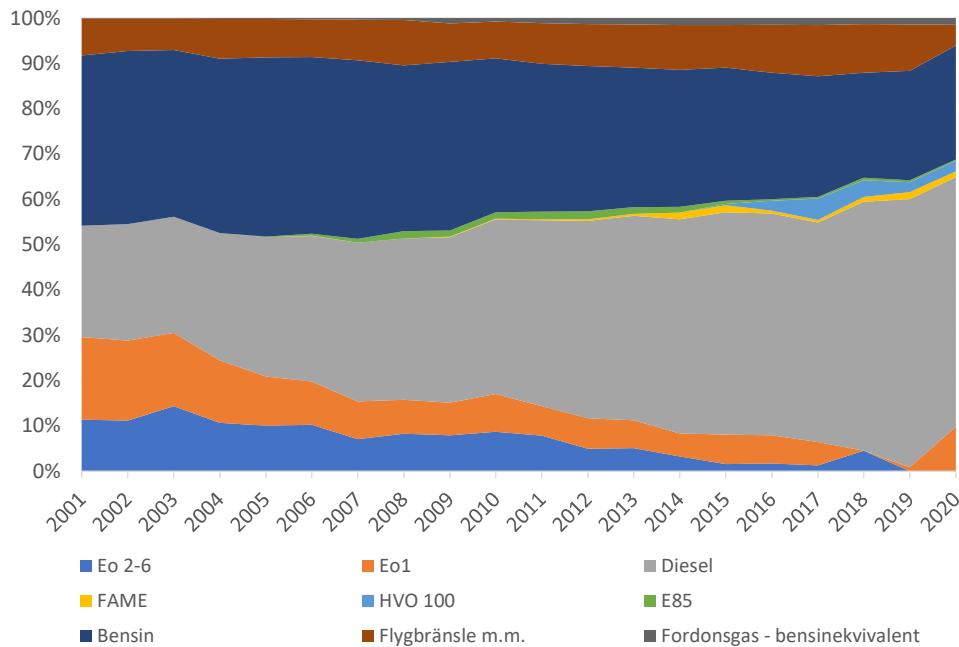


Figur 5-3: Händelseträd för olyckor med giftiga gaser.

5.1.4 Brandfarliga vätskor

Exempel på brandfarliga vätskor är dels petroleumbaserade drivmedel såsom diesel, bensin och olika typer av eldningsolja, dels förnyelsebara drivmedel men även andra typer av brandfarliga vätskor såsom lösningsmedel, tändvätskor, parfym, alkoholhaltiga drycker och liknande.

Den exakta fördelningen mellan drivmedel och andra brandfarliga vätskor är okänd. I brist på underlag antas därför att hela klassen utgörs av drivmedel. Drivkraft Sverige [15] presenterar statistik avseende fördelning av utleverade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige. Statistiken presenteras i Figur 5-4 och antas gälla både för transporter på såväl väg som järnväg.



Figur 5-4: Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes) [15].

Som framgår av Figur 5-4 är diesel det vanligaste transporterade drivmedlet och har på senare tid stått för ca. 50% av samtliga transporterade drivmedel. Därefter följer bensin och flygbränsle som har stått för ca. 30% och ca. 10% av samtliga transporterade drivmedel de senaste åren.

Den stora spridningen av olika typer av drivmedel enligt Figur 5-4 förenklas till att endast bestå av bensin och resterande ämnen (diesel, flygbränsle osv.). Andelen transporter med bensin och resterande ämnen antas vara 40% respektive 60%. Den antagna fördelningen bygger på statistiken som redovisas i Figur 5-4 men har justerats något för att ta höjd för osäkerheter.

Jämfört med statistiken i Figur 5-4 antas en något högre andel transport av bensin, vilket är konservativt eftersom bensin bedöms vara det allvarligaste ämnet med avseende på benägenhet för antändning och konsekvenser i samband med antändning. Bensin har en mycket låg flampunkt vilket ökar sannolikheten för att ångorna kan antändas i händelse av läckage. Diesel och flygbränsle har högre flampunkter och hanteras under sina respektive flampunkter. I den här riskutredningen antas representeras bensin av ämnet pentan medan resterande ämnen representeras av ämnet n-dodekan som hädanefter benämns dodekan.

Tankar för bensin etc. utförs för att klara transport av vätska under atmosfärstryck och sannolikheten att tanken skadas vid en olycka så att läckage sker är hastighetsberoende. Med konservatism ansätts denna parameter till 10%.

Läckage med brandfarliga vätskor delas upp i små, medelstora och stora läckage i enlighet med [5]. Utsläppsvolymer presenteras i Tabell 5-7 tillsammans med pölstorlek och sannolikhet för varje utsläppsvolym. Informationen i Tabell 5-7 är gällande för utsläpp av såväl pentan som dodekan.

Tabell 5-7: Utsläppsvolymer med tillhörande pölstorlekar och sannolikheter givet läckage.

Volym	Volymen motsvarar	Pölstorlek	Sannolikhet givet läckage
0,5 m ³	Ett mindre läckage	100 m ²	25%
5 m ³	En fackvolym	200 m ²	60%
30 m ³	Hela tankvolymen	350 m ²	15%

Ett konservativt antagande är att pölen trots lokala topografiska variationer är cirkulär, vilket ger upphov till högre flamma i beräkningarna och därigenom också en högre strålningseffekt som funktion av avståndet.

Olika typer av brandfarliga vätskor har olika benägenhet att antändas. Pentan, bensin och etanol är lättantändliga vätskor medan dodekan, diesel och eldningsolja är svårantändliga vätskor. Sannolikheter för antändning som används i beräkningsprogrammet är i enlighet med [5] och redovisas i Tabell 5-8.

Tabell 5-8: Sannolikhet för antändning av pölbrand [5].

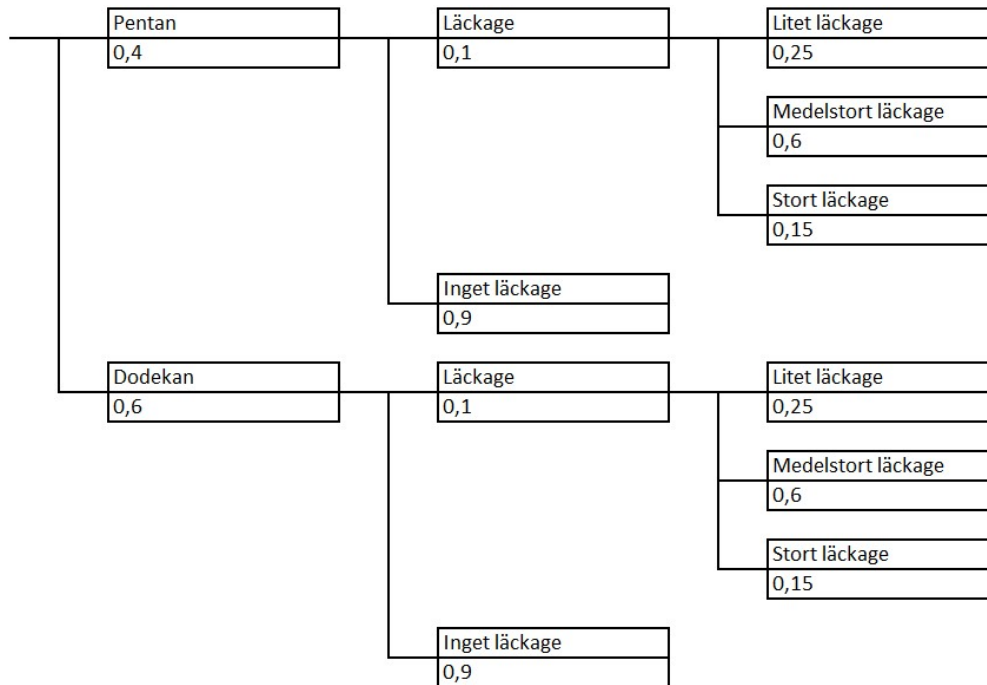
Brandfarlig vätska	Direkt antändning	Fördröjd antändning
Pentan	6,5%	6,5%
Dodekan	0,43%	-

Tabell 5-9 visar frekvenser för olyckor med brandfarliga vätskor.

Tabell 5-9: Frekvenser för olyckor med brandfarliga vätskor.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Litet utsläpp av pentan	$3,06 \cdot 10^{-6}$
Medelstort utsläpp av pentan	$7,35 \cdot 10^{-6}$
Stort utsläpp av pentan	$1,84 \cdot 10^{-6}$
Litet utsläpp av dodekan	$4,59 \cdot 10^{-6}$
Medelstort utsläpp av dodekan	$1,10 \cdot 10^{-5}$
Stort utsläpp av dodekan	$2,76 \cdot 10^{-6}$

Figur 5-5 visar händelseträdet som har använts för att beräkna frekvenserna för olyckor med brandfarliga vätskor.



Figur 5-5: Händelseträäd för olyckor med brandfarliga vätskor.

5.1.5 Oxiderande ämnen och organiska ämnen

Klass 5 utgörs av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Principiellt kan läckage av oxiderande ämnen (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2) medföra brand eller explosion. Explosion är främst möjligt vid de fall det oxiderande materialet transporteras i höga koncentrationer och sammanblandas med organiskt material, exempelvis fordonets bränsle, vid olyckan. Det oxiderande ämnet väteperoxid kan sönderfalla i koncentrationer över 20% och detonera vid koncentrationer över 90% [16].

Vissa organiska peroxider kräver kylda förhållanden. För dessa typer av organiska peroxider kan brand- och explosionsförlopp inträffa om kylningen på något sätt fallerar eller att ämnets SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature) överskrider, exempelvis av en extern brand [17].

En erfarenhetsmässig bedömning är att olika koncentrationer av det oxiderande ämnet väteperoxid är den vanligaste typen av ämne inom klass 5.1 och att de organiska peroxiderna (klass 5.2) är mindre vanliga. Det antas därför att transporter av klass 5 enbart utgörs av oxiderande ämnen.

Sannolikheten för utsläpp i samband med olycka ansätts till 20%. Olycksförloppet vid läckage av oxiderande ämne beror på om ämnet blandas med organiskt material, exempelvis fordonets bränsle. Om ämnet blandas med organiskt material kan en explosion inträffa. Om ämnet inte blandas med material förväntas ingen explosion men däremot kan en brand uppstå.

Givet ett läckage antas sannolikheten för blandning av det oxiderande ämnet med organiskt material vara 10%. Om det oxiderande ämnet blandas med organiskt material antas sannolikheten för explosion vara 6%. Om det oxiderande ämnet inte blandas med organiskt material antas sannolikheten för brand vara 6%.

Explosionsscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten explosion av explosiva ämnen och föremål. Konsekvenserna för explosionsscenarierna

med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten explosion.

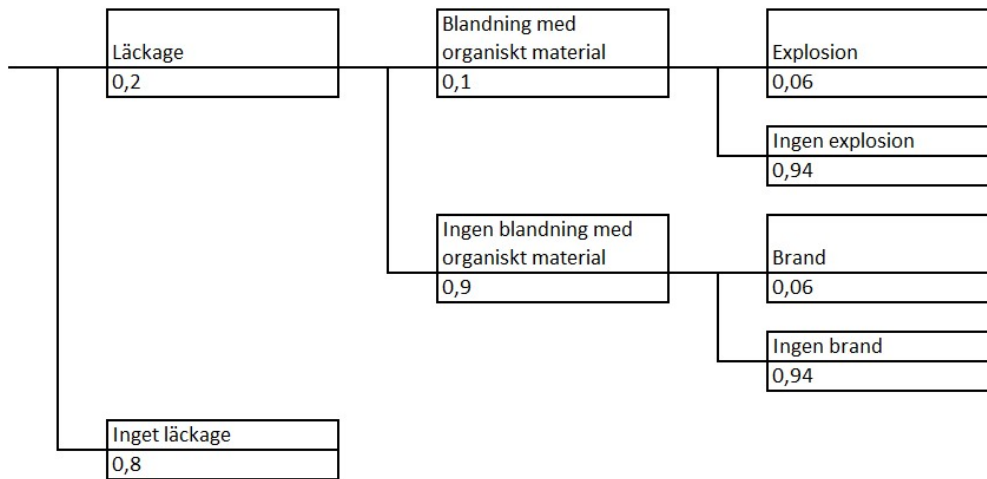
Brandscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten pölbrand av brandfarliga vätskor. Konsekvenserna för brandscenarierna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten pölbrand. Brandscenarierna fördelas lika mellan små pölbränder av pentan och dodekan.

Tabell 5-10 visar frekvenser för olyckor med oxiderande ämnen.

Tabell 5-10: Frekvenser för olyckor med oxiderande ämnen.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Explosion	$1,47 \cdot 10^{-7}$
Brand	$1,32 \cdot 10^{-6}$

Figur 5-6 visar händelseträdet som har använts för att beräkna frekvenserna för olyckor med oxiderande ämnen.



Figur 5-6: Händelsetråd för olyckor med oxiderande ämnen.

5.1.6 Summering av frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods

Tabell 5-11 presenterar samtliga frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods. Frekvenserna i tabellen har använts som indata för beräkningsprogrammet [2]. Explosion- och brandscenarier med ämnen i klass 5 redovisas inte separat i Tabell 5-11. Frekvenser för dessa scenarier har adderats till olyckstyperna liten explosion (klass 1), litet utsläpp och pölbrand av pentan (klass 3) samt litet utsläpp och pölbrand av dodekan (klass 3) enligt beskrivningen i avsnitt 5.1.5.

Tabell 5-11: Summering av frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods som har använts som indata för beräkningsprogrammet.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Liten explosion (klass 1)	$1,47 \cdot 10^{-7}$
Stor explosion (klass 1)	$1,02 \cdot 10^{-13}$
BLEVE (klass 2.1)	$5,37 \cdot 10^{-9}$
Litet utsläpp av brandfarlig gas (klass 2.1)	$1,79 \cdot 10^{-6}$
Stort utsläpp av brandfarlig gas (klass 2.1)	$1,79 \cdot 10^{-6}$
Litet utsläpp av giftig gas, klor (klass 2.3)	$1,20 \cdot 10^{-7}$
Stort utsläpp av giftig gas, klor (klass 2.3)	$1,20 \cdot 10^{-7}$
Litet utsläpp av giftig gas, ammoniak (klass 2.3)	$4,78 \cdot 10^{-7}$
Stort utsläpp av giftig gas, ammoniak (klass 2.3)	$4,78 \cdot 10^{-7}$
Litet utsläpp av pentan (klass 3)	$8,16 \cdot 10^{-6}$
Medelstort utsläpp av pentan (klass 3)	$7,35 \cdot 10^{-6}$
Stort utsläpp av pentan (klass 3)	$1,84 \cdot 10^{-6}$
Litet utsläpp av dodekan (klass 3)	$1,59 \cdot 10^{-4}$
Medelstort utsläpp av dodekan (klass 3)	$1,10 \cdot 10^{-5}$
Stort utsläpp av dodekan (klass 3)	$2,76 \cdot 10^{-6}$

5.2 Konsekvensberäkningar

Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods har genomförts i programvaran Riskcurves [2]. Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Beräkningarna i riskutredningen baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves, dvs. Purple Book [5], Yellow Book [18] och Green book [19]. Där dessa frångås nämns detta uttryckligen.

Beräkningarnas konsekvensmodelleringar är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista. Verktygets fördelar är att olika modeller kan byggas upp och beräknas relativt snabbt. Det är också enkelt att plocka ut relevanta och tydliga resultat i tabeller, grafer och kartbilder.

5.2.1 Generella sårbarhetsparametrar

Sårbarhetsparametrar för personer som exponeras för explosion, brand och giftiga gaser presenteras i Tabell 5-12. Parametrarna är hämtade från [19] om inget annat anges.

Tabell 5-12: Sårbarhetsparametrar för personer som exponeras för explosion, brand och giftiga gaser.

Parameter	Värde	Kommentar
Explosionsövertryck (dödlighet)	30 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 100% dödlighet
Explosionsövertryck (glaskross)	10 kPa	Explosionsövertryck som orsakar glaskross och 2,5% dödlighet inomhus
Gasmolnsbrand (faktor för dödlighet)	1	Inom brännbar koncentration av ett gasmoln
Jetbrand (faktor för dödlighet)	1	Inom jetbrandens utredning
Värmestrålning (dödlighet)	35 kW/m ²	Värmestrålningsnivå med 100% dödlighet
Probitfunktion för värmestrålning	$-36,38+2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot t)$ [2]	q = värmestrålning i W/m ² t = exponeringstid i sekunder
Tid för värmeexponering	20 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 20 s har funnit skydd
Skyddsfaktor för värmeexponering (kläder)	0,14	Skyddsfaktor som används för exponering av värmestrålning
Probitfunktion för toxisk exponering för ammoniak	$7,9367+1 \cdot \ln(c^2 \cdot t)$ [2]	c = koncentration t = exponeringstid
Probitfunktion för toxisk exponering för klor	$10,599+0,5 \cdot \ln(c^{2,75} \cdot t)$ [2]	c = koncentration t = exponeringstid
Tid för toxisk exponering	1800 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 1800 s har funnit skydd
Skyddsfaktor för toxisk exponering (inomhus)	0,1 [5]	Skyddsfaktor för exponering av toxisk koncentration inomhus
Mottagarens höjd över marken	1,5 m	Höjd för beräkning av värmestrålning och toxisk koncentration av gas

5.2.2 Explosiva ämnen

Människor som exponeras för en explosion utsätts för en tryckhöjning som är skadlig över vissa gränsvärden. Konsekvenserna av explosioner representeras av resulterande övertryck i tryckvågen och den effekt ett sådant övertryck har på personerna som utsätts för tryckvågen.

Människors skador utgörs i första hand av skador på trumhinnor. Vid mer kraftfulla övertryck påverkas lungor och andra inre organ, vilket kan orsaka dödliga skador. I Tabell 5-13 nedan redovisas uppgifter för skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus [20].

Tabell 5-13: Gränsvärden för skador på människor vid explosionsövertryck utomhus [20].

Skada	Explosionsövertryck (kPa)
Gräns för lungskador (alla skadade)	70
Gräns för dödliga skador (1% döda)	180
10% döda	210
50% döda	260
90% döda	300
99% döda	350

Människor kan också omkomma om de vistas inomhus i en byggnad som kollapsar på grund av övertryck. Typiska värden för byggnadsverks tålighet visas i Tabell 5-14. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa medan byggnadsstommar antas kollapsa vid 20 kPa.

Tabell 5-14: Gränsvärden för skador på olika byggnadsverk.

Byggnadsmaterial	Trycktålighet
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen och föremål används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i Yellow book [18]. Det massexplosiva ämnet representeras av TNT och massan TNT räknas om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett hypotetiskt gasmoln. Trycket från explosionen beräknas därefter. Den massa av brännbar gas som motsvarar en bestämd mängd TNT kan erhållas från nedanstående samband:

$$m_{gas} = \frac{m_{TNT} \cdot \Delta H_{d(TNT)}}{\Delta H_{c(metangas)} \cdot Y}$$

Där

m_{gas} = ekvivalent massa gas i brännbart gasmoln som bidrar till gasmolnsexplosion [kg]

m_{TNT} = massa TNT, [kg]

$\Delta H_{d(TNT)}$ = förbränningsvärme för TNT, 4,18E+06 J/kg

$\Delta H_{c(metangas)}$ = förbränningsvärme för metangas, 5,6E+07 J/kg

Y = effektivitetsfaktor [-], beror på gasens reaktivitetsgrad och anges i [18] till 0.2

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 5-15. Mängden massexplosiva varor i en transport är antingen 20 kg eller 16 000 kg enligt avsnitt 5.1.1.

Tabell 5-15: TNT-ekvivalenter av metan.

Olycksscenario	Massa TNT [kg]	Massa metangas [kg]
Liten explosion	20	7,5
Stor explosion	16 000	5970

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum bestäms ett dimensionslöst avstånd enligt [20]:

$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{1/3}}$$

Där

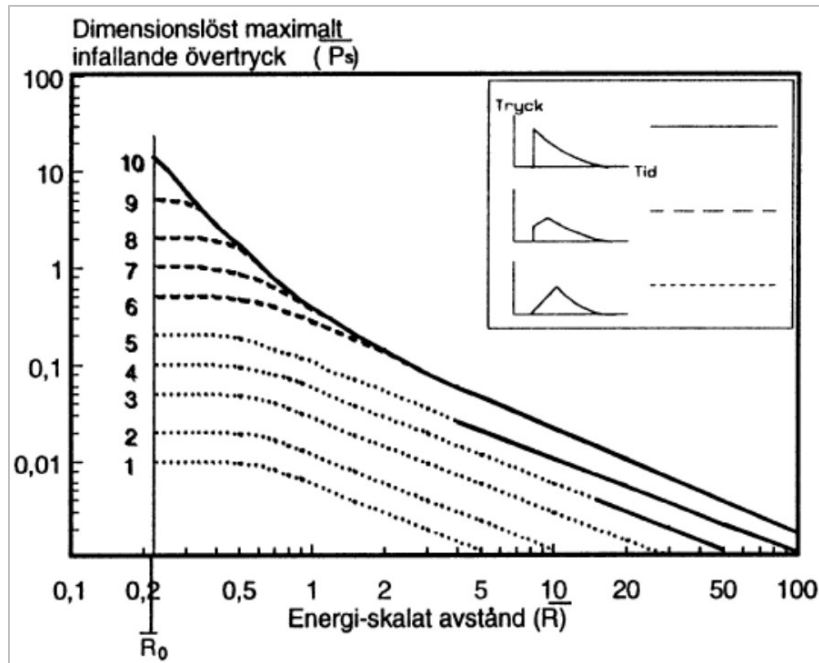
\bar{R} = Dimensionslöst avstånd [-]

R = Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]

E = Energimängd i gasmolnet [J]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Därefter kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av Figur 5-7 [20].



Figur 5-7: Maximalt dimensionslöst tryck.

För beräkningarna har den högsta detonationsklassen ur Figur 5-7, dvs. detonationsklass 10, antagits. Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 5-7 kan explosionsövertrycket bestämmas genom:

$$P_s = \bar{P} \cdot P_0$$

Där

\bar{P} = Dimensionslöst tryck [-]

P_s = Explosionstryck [Pa]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Baserat på ovanstående kan explosionsövertrycket på olika avstånd från explosionens centrum bestämmas. Avstånd till explosionsövertrycken 10 kPa och 30 kPa för såväl liten explosion som stor explosion presenteras i Tabell 5-16.

Tabell 5-16: Konsekvensavstånd för explosion.

Olycksscenario	Avstånd [m] till angivet explosionsövertryck	
	10 kPa	30 kPa
Liten explosion	37	17
Stor explosion	341	157

5.2.3 Brandfarliga gaser

Mängden brandfarlig gas i en vagn antas vara ca 40 m³. Vidare antas att det är tryckkondenserad propan (gasol) som transporteras eftersom ämnet har en låg brännbarhetsgräns. Det innebär att antändning kan inträffa på ett förhållandevis långt avstånd från olycksplatsen.

Enligt avsnitt 5.1.2 gäller följande med avseende på läckage:

- Litet läckage – punktering med hålstorlek 10 mm
- Stort läckage – punktering med hålstorlek 50 mm

Dessa hålstorlekar används för modellering av konsekvenser för jetbrand och antänt gasmoln. I tillägg modelleras även BLEVE, vars konsekvenser är oberoende av hålstorlek.

För jetbrand och antänt gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, tiden till antändning samt vindhastighet. Ett utsläpps storlek och konsekvensområde varierar beroende på var i tanken ett läckage inträffar, dvs. om läckaget uppstår där det transporterade ämnet är i vätskefas eller i gasfas. I beräkningarna antas att läckaget sker i vätskefasen eftersom det ger de största konsekvenserna och anses vara det mest troliga i händelse av olycka med brandfarlig gas.

De indata som används i beräkningsprogrammet [2] för att simulera konsekvensområden för jetbrand, antänt gasmoln och BLEVE är:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck: 6,2 bar (absolut tryck motsvarande ångtrycket)
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- Tankfyllnadsgrad: 80%
- Bristningstryck: 25 bar (inneboende tryck då tanken brister vid en BLEVE)
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83%
- Molnighet: 75% (halvklart till molnigt)
- Väderparametrar: Enligt avsnitt 3

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med brandfarlig gas presenteras i Tabell 5-17, Tabell 5-18 och

Tabell 5-19. Tabell 5-17 och Tabell 5-18 presenterar konsekvenser för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet läckage respektive stort läckage av brandfarlig gas. Konsekvenserna för jetbrand och antänt gasmoln är beroende av väderförhållanden och presenteras därför för olika väderförhållanden.

Tabell 5-19 presenterar konsekvenserna för BLEVE. Som tidigare nämnt är konsekvenserna för BLEVE är oberoende av hålstorlek. Dessutom är konsekvenserna för BLEVE i praktiken oberoende av väderförhållanden och presenteras därför inte för olika väderförhållanden.

Tabell 5-17: Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet läckage.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m] vid angivet väderförhållande		
		D5	D2	F2
10 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	26	29	30
15 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	25	28	29
20 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	24	27	28
35 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	22	25	26
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	20	23	26
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	14	15	18
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	14	15	18

Tabell 5-18: Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med stort läckage.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m] vid angivet väderförhållande		
		D5	D2	F2
10 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	109	122	125
15 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	102	114	118
20 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	97	110	113
35 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	89	102	105
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	100	124	158
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	68	83	111
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	77	93	138

Tabell 5-19: Konsekvensavstånd för olycksscenario BLEVE.

Konsekvens	Avstånd [m]
10 kW/m ² värmestrålning	321
15 kW/m ² värmestrålning	251
20 kW/m ² värmestrålning	206
35 kW/m ² värmestrålning	126

5.2.4 Giftiga gaser

Enligt avsnitt 5.1.3 antas transporter av giftiga gaser innehålla antingen ammoniak eller klor. Mängden giftig gas i ett släp antas vara 40 m³.

Spridningssimuleringar har genomförts för måttligt giftiga gaser (representerat av ammoniak) och mycket giftiga gaser (representerat av klor). Väderförhållandena som råder vid tiden för utsläppet påverkar konsekvenserna i stor utsträckning. Platsspecifika väderdata som presenteras i avsnitt 3 har tillämpats i beräkningsprogrammet [2]. Påverkan för människor som befinner sig inomhus bedöms reduceras med en faktor tio jämfört med människor som befinner sig utomhus, enligt vad som anges i Purple Book [5].

Enligt avsnitt 5.1.3 gäller följande med avseende på läckage:

- Litet läckage – punktering med hålstorlek 10 mm
- Stort läckage – punktering med hålstorlek 50 mm

De indata som används i beräkningsprogrammet [2] för att simulera konsekvensområden för läckage av giftig gas är:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck klor: 10 bar (absolut tryck)
- Lagringstryck ammoniak: 10 bar (absolut tryck)
- Utströmningskoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- Tankfyllnadsgrad: 80%
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83%
- Molnighet: 75% (halvklart till molnigt)
- Väderparametrar: Enligt avsnitt 3

För att redovisa konsekvensområdets utbredning används Acute Exposure Guideline Level (AEGL). Nivåerna AEGL-1, AEGL-2 och AEGL-3 avser exponeringsnivåer av luftburna partiklar där en individ (inklusive känsliga individer) kan uppleva besvär, få irreversibla hälsoeffekter respektive drabbas av livshotande skador samt död. AEGL-3 utgör den nivå där känsliga individer kan omkomma. AEGL-3 för ammoniak avseende 30 minuters exponering är 1600 ppm [21]. AEGL-3 för klor avseende 30 minuters exponering är 28 ppm [21]. Tabell 5-20 presenterar avstånd till AEGL-3 för 30 minuters exponering vid läckage av ammoniak och klor.

Tabell 5-20: Avstånd till AEGL-3 för 30 minuters exponering vid läckage av ammoniak och klor.

Olycksscenario	Avstånd [m] till AEGL-3 för 30 minuters exponering vid angivet väderförhållande		
	D5	D2	F2
Ammoniak (litet läckage)	119	157	318
Ammoniak (stort läckage)	709	928	1693
Klor (litet läckage)	668	1065	3481
Klor (stort läckage)	4086	6101	12873

5.2.5 Brandfarliga vätskor

I konsekvensberäkningen används pentan för att modellera bensin och dodekan för att modellera resterande brandfarliga vätskor (diesel, flygbränsle osv.). En cirkulär pöl används i konsekvensberäkningarna, vilket är ett konservativt antagande då detta ger högre värmestrålning i jämförelse med en avlång pöl som kanske skulle efterspegla verkligheten på ett rimligare sätt. I Tabell 5-21 redovisas avstånd till värmestrålningsnivåer för vädersscenario D5 för de studerade olycksscenarierna. Variationerna mellan D5 och andra vädersscenarier är inte betydande och därför presenteras enbart avstånd för vädersscenario D5.

Tabell 5-21: Avstånd till värmestrålningsnivåer för vädersscenario D5.

Olycksscenario	Avstånd [m] till angiven värmestrålningsnivå vid vädersscenario D5			
	10 kW/m ²	15 kW/m ²	20 kW/m ²	35 kW/m ²
Pentan (litet läckage)	25	22	20	15
Pentan (medelstort läckage)	34	30	27	20
Pentan (stort läckage)	44	38	34	25
Dodekan (litet läckage)	17	15	14	11
Dodekan (medelstort läckage)	23	20	19	15
Dodekan (stort läckage)	29	26	24	19

5.2.6 Oxiderande ämnen och organiska ämnen

I avsnitt 5.1.5 beskrivs att oxiderande ämnen (klass 5.1) antas utgöra samtliga transporter av ämnen i klass 5. I samma avsnitt beskrivs att explosionsscenarier eller brandscenarier kan uppstå i samband med en olycka med oxiderande ämnen.

Explosionsscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som små explosioner av explosiva ämnen och föremål. Se avsnitt 5.2.2 för mer information om konsekvenser för små explosioner.

Brandscenarier med oxiderande ämnen antas konservativt ge liknande konsekvenser som små pölbränder av brandfarliga vätskor. Brandscenarier med oxiderande ämnen fördelas lika mellan små pölbränder av pentan och dodekan. Se avsnitt 5.2.5 för mer information om konsekvenser för en små pölbränder.

6 Urspårning av tåg

Följande olycksscenarier som involverar urspårning av tåg utreds i riskutredningen:

- Urspårning av tåg: mekanisk påverkan

6.1 Beräkningsmetodik

Vid beräkning av mekanisk påverkan vid tågurspårning används en metodik som är framtagen av International union of railways (UIC) [22]. Metodiken från UIC är mer detaljerad med avseende på konsekvensavstånd än metodiken som används i den kvantitativa analysen av olycka med farligt gods, se avsnitt 5. Urspårning definieras som att minst ett hjul lämnar rälsen. Mekanisk påverkan definieras som påverkan på yta och föremål längs med sträckan där det urspårade tåget transporteras.

Frekvensen för mekanisk påverkan på ett visst avstånd från spåret beräknas enligt:

$$F_K = F_U \cdot P_K$$

Där

- F_K = frekvensen för mekanisk påverkan på ett visst avstånd från spåret
- F_U = frekvensen för urspårning i anslutning till studerat område
- P_K = sannolikheten att ett urspårat tåg orsakar mekanisk påverkan på ett visst avstånd från spåret.

Frekvensen för urspårning i anslutning till studerat område beräknas enligt:

$$F_U = e_r \cdot d \cdot Z_d \cdot 365 \cdot 10^{-2}$$

Där

- e_r = urspårningsfrekvens per tågkilometer
- d = den längsta urspårningssträckan längs med spåret (m). Beräknas genom $v^2/80$, där v är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.
- Z_d = antal tåg per dygn längs den studerade sträckan.

Sannolikheten att ett urspårat tåg orsakar mekanisk påverkan på ett visst avstånd från spåret beräknas enligt:

$$P_K = \left(\frac{b-a}{b}\right)^2 \cdot 0,5 \cdot \frac{c}{d}$$

Där

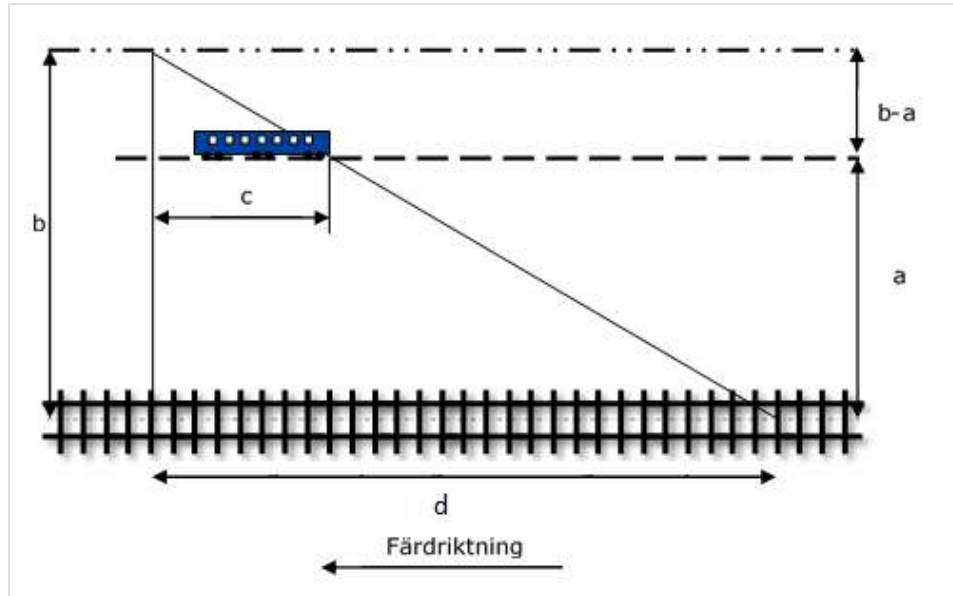
- a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och studerat område
- b = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som tågagn kan hamna efter urspårning. Beräknas genom $v^{0,55}$ där v är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.
- c = det parallella avstånd (m) längs med spåret inom vilket det finns risk för mekanisk påverkan av urspårat tåg vid avståndet a .
- d = den längsta urspårningssträckan längs med spåret (m). Beräknas genom $v^2/80$, där v är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.

Värde på c beräknas enligt:

$$\text{om } b > a \rightarrow c = \frac{d}{b} \cdot (b - a)$$

$$\text{om } b < a \rightarrow c = 0 \rightarrow P_K = 0$$

En beskrivning av de olika avståndsfaktorerna som används i beräkningarna illustreras i Figur 6-1. Triangeln intill spåret kan ses som det område som kan påverkas av en urspårning, givet att urspårningen sker i triangelns nedre högra hörn.



Figur 6-1: Illustration av de olika avståndsfaktorerna som används i ekvationerna för urspårning.

6.2 Underlag

För att kunna tillämpa beräkningsmetodiken från UIC krävs underlag i form av en urspårningsfrekvens per tågakilometer samt underlag om antalet tågpassager och hastighet för tågpassagera.

Urspårningsfrekvens per tågakilometer härleds genom statistik från Trafikanalys [7, 23] för antal tågakilometer och antal urspårade tåg vid tågrörelse på det svenska järnvägsnätet. Statistiken presenteras i Tabell 6-1. Statistik för antal tågakilometer i Tabell 6-1 gäller för såväl el- som dieseldrivna fordon. Med tågrörelse menas den trafikverksamhet som normalt uppfattas som tågtrafik, och som utförs för att framföra spårfordon från bland annat en driftplats till en annan, och med urspårning menas att minst ett hjul lämnar rälsen [23].

Tabell 6-1: Statistik för tågakilometer och urspårningar vid järnvägsdrift på det svenska järnvägsnätet för år 2011-2020 [7, 23].

Trafiktyp	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Antal tågakilometer uttryckt i miljontal										
Persontrafik	104	106	113	116	117	122	124	129	132	116
Gods- trafik	43	40	38	37	35	36	36	36	36	35
Total trafik	147	146	151	153	153	158	160	165	168	151
Antal urspårningar vid tågrörelse										
Total trafik	7	10	9	10	3	4	5	8	7	6

Godståg är generellt mer drabbade av urspårningar i jämförelse med persontåg. I den rapporterade statistiken går det inte att särskilja urspårningar som drabbat persontåg respektive godståg. För att kunna beräkna urspårningsfrekvenserna har därför

tågkilometertalen för person- och godståg sammanslagits. Från data i Tabell 6-1 beräknas den genomsnittliga urspårningsfrekvensen per tågkilometer (e_r) till $4,44 \cdot 10^{-8}$.

Antal tåg längs Vänerbanan per dygn förbi aktuellt område (Z_d) förväntas år 2040 i genomsnitt vara 47,2 tåg, där 28,1 utgörs av persontåg och 19,2 utgörs av godståg [10]. Vad gäller DVVJ saknas en framtidsprognos. Däremot finns trafikuppgifter för 2021 som anger att det på den studerade sträckan mellan Mellerud och Billingsfors gick ca. 0,6 tåg per dygn under året och att samtliga av dessa var persontåg [10]. Konservativt antas att DVVJ år 2040 kommer trafikeras av 1 persontåg och 1 godståg per dygn.

Den längsta urspårningssträckan längs med spåret som ett tåg kan färdas (d) beror på tågets hastighet vid tillfället för urspårningen. Den största tillåtna hastigheten (STH) på den aktuella delen av Vänerbanan är 160 km/h [24]. STH för godståg är dock begränsad till 100 km/h på det svenska järnvägsnätet. Tåg som gör uppehåll på Melleruds station förväntas ha en betydligt lägre hastighet än 160 km/h och hastigheten för dessa tåg antas vara 40 km/h. STH den aktuella delen av DVVJ är STH 40 km/h [25].

Hastigheten för samtliga godståg längs Vänerbanan ansätts till 100 km/h, vilket bedöms konservativt eftersom 32% av godstågen gjorde uppehåll på Melleruds station under 2021 enligt statistik från Trafikverket [10]. Vad gäller persontåg på Vänerbanan gjorde drygt 99% av dessa uppehåll på Melleruds station under 2021 [10]. Ett konservativt antagande om att 90% av persontågen gör uppehåll på Melleruds station tillämpas. Det innebär att hastigheten kommer att vara 40 km/h för 90% av persontågen på Vänerbanan medan hastigheten kommer att vara 160 km/h för de resterande 10% av persontågen på Vänerbanan. Hastigheten för såväl persontåg som godståg som trafikerar DVVJ antas vara 40 km/h, vilket motsvarar STH för sträckan, oberoende av om tågen gör uppehåll på Melleruds station.

Ovanstående information om antal tåg och hastigheter på Vänerbanan och DVVJ sammanfattas i Tabell 6-2.

Tabell 6-2: Antalet tåg uppdelat efter hastighet på Vänerbanan och DVVJ.

Hastighet [km/h]	Antal tåg		
	Vänerbanan	DVVJ	Totalt
40	25,2	2	27,2
100	19,2	0	19,2
160	2,8	0	2,8
Totalt	47,2	2	49,2

Kombinationen av antalet tåg och hastighet innebär sammantaget att frekvensen för urspårning (F_u) på den studerade järnvägssträckan är $6,22 \cdot 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar en olycka ungefär en gång på 1600 år, enligt beräkningsmetodiken från UIC.

6.3 Resultat med avseende på avståndsfaktorerna b och d

Tabell 6-3 redovisar det maximala vinkelräta avståndet från spårmittpunkt som en tågagn kan hamna efter urspårning (b) och den längsta urspårningssträckan längs med spåret (d) för aktuella hastigheter enligt beräkningsmetodiken från UIC som presenteras i avsnitt 6.1. En illustration av avståndsfaktorerna b och d finns i Figur 6-1 i avsnitt 6.1.

Tabell 6-3: Det maximala vinkelräta avståndet från spårmittpunkt som tågagn kan hamna efter urspårning (b) och den längsta urspårningssträckan längs med spåret (d) för aktuella hastigheter.

Hastighet [km/h]	b [m]	d [m]
40	8	20
100	13	125
160	16	320

Det maximala vinkelräta avståndet från spårmittpunkt där mekanisk påverkan till följd av

urspårning kan inträffa är 16 m enligt Tabell 6-3. Enbart tåg med hastigheten 160 km/h kan medföra påverkan på detta avstånd.

6.4 Konsekvenser med avseende på personskador

Det förväntas att de människor som befinner sig utomhus inom det område som påverkas av en urspårning kommer att omkomma. Ovanstående antas även gälla för personer som befinner sig inomhus. Detta är ett konservativt antagande eftersom det krävs att den fysiska påverkan på en byggnad är så pass kraftig att byggnaden rasar eller på annat sätt påverkas för att personer som befinner sig i byggnaden ska omkomma.

Referenser

- [1] Statistiska centralbyrån, "Statistiska tätorter 2020, befolkning, landareal, befolkningstäthet," 2021-11-24.
- [2] TNO Riskcurves, RISKCURVES 11.4.2.
- [3] Melleruds kommun, "Ungdomshuset Stinsen," 2021-09-16. [Online]. Available: <https://www.mellerud.se/skola-och-barnomsorg/ungdomshuset-stinsen/>. [Accessed 2022-03-11].
- [4] SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer," [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/>. [Accessed 2022-02-02].
- [5] TNO Purple Book, "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book", 2005b. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>.
- [6] FOI, "Osäkerheter i observationer och beräkningar," Totalförsvarets forskningsinstitut., FOI-R--3764--SE, 2013.
- [7] Trafikanalys, "Bantrafik 2020 - Statistik 2021:23," 2021-06-23.
- [8] Räddningsverk, "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," 2006.
- [9] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [10] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkningar," 2021-04-09.
- [11] Trafikverket, "NJDB på webb," [Online]. Available: <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Accessed 2022-02-25].
- [12] VTI, "Riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg - Projektsammanfattning, VTI-rapport 387:1," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [13] HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety, London, 1991.
- [14] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [15] Drivkraft Sverige, "Volymer," [Online]. Available: <https://drivkraftsverige.se/statistik/volymer/>. [Accessed 30 07 2021].
- [16] MSB, SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid, 1999.
- [17] MSB, SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider, 1996.

- [18] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [19] TNO Green Book, "Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book", 1992.
- [20] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," 1998.
- [21] EPA, "Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values," 29 08 2016. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>.
- [22] UCI, "Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone," UIC, 2002.
- [23] Trafikanalys, "Bantrafikskador 2020 - Statistik 2021:17," 2021-06-10.
- [24] Trafikverket, "Underlag till linjebok - Göteborg C / Göteborg Kville - Kil," 2022-02-28.
- [25] Trafikverket, "Underlag till linjebok - Mellerud - Bengtsfors," 2022-02-28.