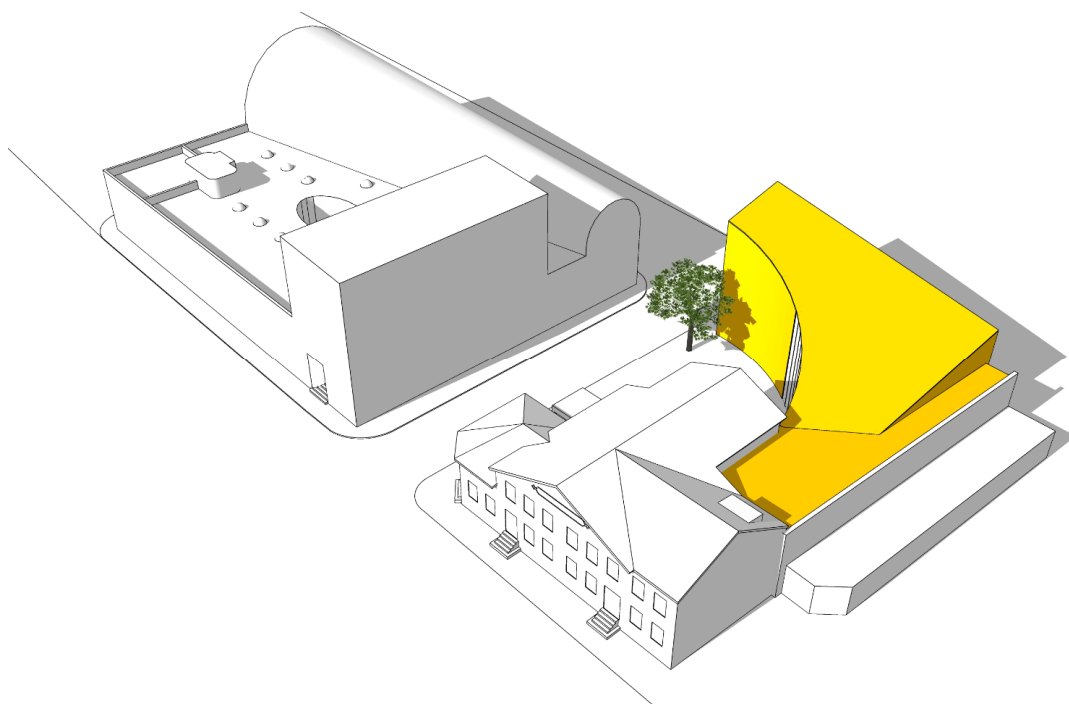


ESLÖVS KOMMUN

RISKBEDÖMNING DETALJPLAN

ÅKERMANNEN 10 M.FL. I ESLÖV

2021-08-18



wsp

Riskbedömning Detaljplan

Åkermannen 10 m.fl. i Eslöv

KUND

Eslövs kommun

KONSULT

WSP Brand & Risk

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10-722 50 00

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

wsp.com

KONTAKTPERSONER

Katarina Herrström, WSP, katarina.herrstrom@wsp.com

Fredrik Liedberg, Eslövs kommun, fredrik.liedberg@eslov.se

PROJEKT

DP Åkermannen

UPPDRAGSNAMN

Åkermannen, Eslöv RB DP

UPPDRAGSNUMMER

10318013

FÖRFATTARE

Olov Holmstedt Jönsson

DATUM

2021-08-18

ÄNDRINGSDATUM

GRANSKAD AV

Emelie Laurin

GODKÄND AV

Katarina Herrström

Sammanfattning

WSP har av Eslövs kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för fastigheterna Åkermannen 10 m.fl. i Eslövs kommun. Planområdet inrymmer i dagsläget Lilla teatern som är en del av Eslövs kulturskola. Öster om planområdet löper Södra stambanan, som är transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan den planerade tillbyggnaden och farligt godsleden är cirka 35 meter. Kommunen vill även veta vilka skyddsåtgärder som skulle krävas för att kunna reducera skyddsavståndet mellan bebyggelsen och järnvägen till cirka 28 meter respektive 20 meter. När denna riskbedömning upprättas är det ännu inte preciserat vilken typ av markanvändning som ska tillåtas inom planområdet.

Enligt länsstyrelsen i Skåne län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led. Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Riskbedömningen indikerar att transportolyckor med giftiga gaser på järnvägen medför att individrisknivån inom planområdet inte når acceptabla nivåer. Ventilationsåtgärder kan markant reducera mängden gas som tränger in i byggnader. Notera dock att dessa åtgärder enbart skyddar personer som vistas inomhus alternativt personer som skyndsamt kan förväntas inrymma vid händelse av en olycka. Givet att planbestämmelsen är S1 – Kulturskola kan människor som vistas inom planområdet företrädesvis förväntas befinna sig inomhus. Ventilationsåtgärder bedöms därmed ge en god skyddseffekt i det aktuella fallet. Åtgärdernas skyddseffekt skulle dock kunna bli begränsad för känsliga verksamheter som är förenade med en relativt hög grad av utomhusvistelse, exempelvis förskolor och grundskolor.

WSP bedömer att följande skyddsåtgärder bör kravställas i detaljplanen med hänsyn till den riskpåverkan som järnvägstransporterna på Södra stambanan medför på planområdet:

- Alla byggnader inom planområdet där människor vistas stadigvarande ska ha minst en utrymningsväg som vetter bort från järnvägen.
- Friskluftsintag på tillkommande byggnader, som medför stadigvarande vistelse, inom planområdet ska placeras högt upp på fasaden på oexponerad sida, dvs. vända bort från Södra stambanan.
- Fasader till byggnader med stadigvarande vistelse som vetter mot och ligger inom 30–40 meter från järnvägen ska utföras i obrännbart material alternativt i lägst brandteknisk klass EI 30.

Om byggnader med stadigvarande vistelse placeras cirka 28 meter från järnvägen bör även följande krav på skyddsåtgärder införas i detaljplanen:

- Fasader till byggnader med stadigvarande vistelse som vetter mot och ligger inom 30 meter från järnvägen ska utföras med brandskyddad fasad. Detta innebär att fasaden ska utföras i obrännbart material samt i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster och glasparter i EW 30.
- Bortfall av fasaddelar till byggnader med stadigvarande vistelse som ligger parallellt med och inom 28–30 meter från järnvägen får inte orsaka fortskridande ras av bygganden. Detta krav kan slopas om en skyddsmur uppförs längs järnvägen (se nedan).

Om byggnader med stadigvarande vistelse placeras 20 meter från järnvägen bör en skyddsmur uppföras mellan bebyggelsen och spåret. Skyddsmurens exakta utformning behöver utredas i ett senare skede.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
1.1	SYFTE OCH MÅL	5
1.2	OMFATTNING	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	UNDERLAGSMATERIAL	7
1.6	INTERNKONTROLL	7
2	OMRÅDESBESKRIVNING	8
2.1	OMGIVNING	8
2.2	PLANOMRÅDET	8
2.3	SÖDRA STAMBANAN	10
2.4	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	10
3	RISKIDENTIFIERING	11
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	11
3.2	MEKANISK PÅVERKAN I SAMBAND MED URSPÅRNING	11
3.3	TRANSPORTER AV FARLIGT GODS PÅ SÖDRA STAMBANAN	12
3.4	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	12
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	13
4.1	INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ SÖDRA STAMBANAN	15
4.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ SÖDRA STAMBANAN	17
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	19
5.1	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER	19
5.2	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER VID REDUCERAT SKYDDSAVSTÅND	20
6	DISKUSSION	23
7	SLUTSATSER	24
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	25
BILAGA B.	FREKVENSBERÄKNINGAR	27
BILAGA C.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	36
BILAGA D.	SKYDDSEFFEKTER	41
BILAGA E.	REFERENSER	43

1 INLEDNING

WSP har av Eslövs kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för fastigheterna Åkermannen 10 m.fl. i Eslövs kommun. Planområdet inrymmer i dagsläget Lilla teatern som är en del av Eslövs kulturskola. Det aktuella planförslaget syftar till att samla kulturskolans verksamhet till Lilla teatern genom att möjliggöra en tillbyggnad av befintliga lokaler. Öster om planområdet löper Södra stambanan, som är transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan den planerade tillbyggnaden och farligt gods-leden är cirka 35 meter. Kommunen vill även veta vilka skyddsåtgärder som skulle krävas för att kunna reducera skyddsavståndet mellan bebyggelsen och järnvägen till cirka 28 meter respektive 20 meter. Planförslaget avser att tillåta markanvändningen S1 – Kulturskola.

Enligt länsstyrelsen i Skåne län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

- Vad kan inträffa? (riskidentifiering)
- Hur ofta kan det inträffa? (frekvensberäkningar)
- Vad är konsekvensen av det inträffade? (konsekvensberäkningar)
- Hur stor är risken? (riskuppskattning)
- Är risken acceptabel? (riskvärdering)
- Rekommenderas åtgärder? (riskreduktion)

Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg och de metoder som använts i riskbedömningen redogörs för i Bilaga A.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med urspårning/ transport av farligt gods på Södra stambanan. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

1.4 STYRANDE DOKUMENT

I detta avsnitt redogörs för de dokument som huvudsakligen varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

1.4.1 Plan- och bygglagen

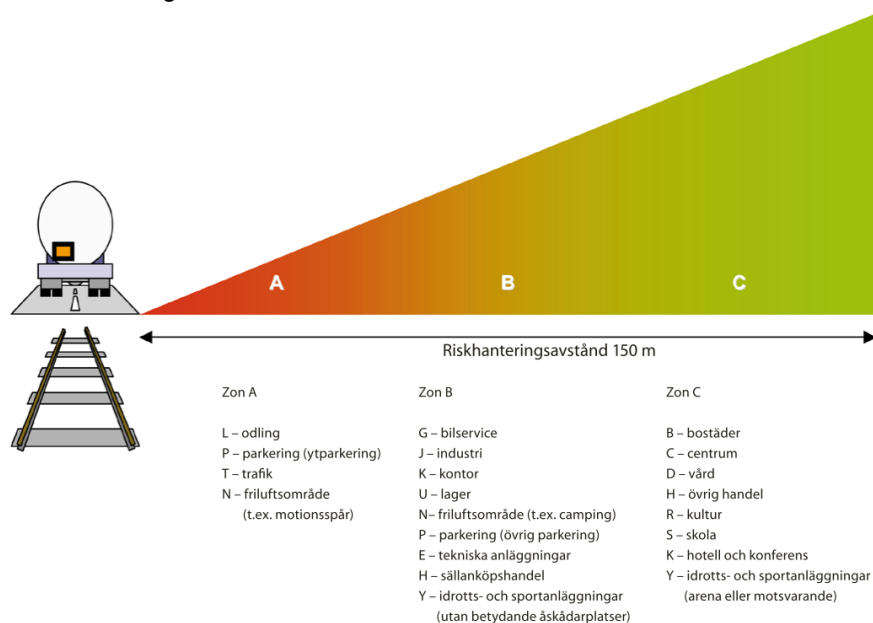
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till [...] människors hälsa och säkerhet, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 5§)

Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till [...] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 6§)

1.4.2 Riktlinjer

Länsstyrelserna i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument *Riskhantering i detaljplaneprocessen* [1] anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.

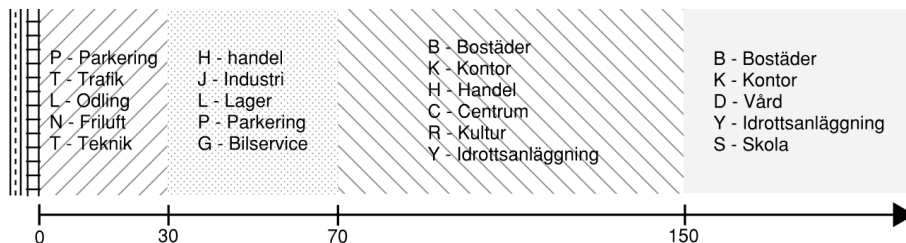


Figur 1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods [1].

Länsstyrelsen i Skåne län har tagit fram *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* (RIKTSAM) [2]. I RIKTSAM föreslås tre vägledningsnivåer för att säkerställa att tillfredsställelse och jämförbar säkerhet åstadkoms i samhällsplaneringen. Vägledning 1 baseras enbart på skyddsavstånd, och uttrycks som minimiavstånd för god planering mellan transportleder och markanvändning, se

Figur 2.

Vägledning 2 baseras på deterministiska kriterier (hänsyn till konsekvenser som tänkbara scenarier medför). Vägledning 3 baseras på probabilistiska kriterier (hänsyn till såväl sannolikhet som konsekvens av tänkbara scenarier) avseende individ- och samhällsrisk. Vägledningarna ska tillämpas för bebyggelse som planeras inom vägledningsområdet 200 meter från transportleder för farligt gods.



Figur 2. Föreslagna skyddsavstånd i Vägledning 1 [2].

I aktuell riskbedömning har Vägledning 3 i RIKTSAM tillämpats. Det vill säga att probabilistiska¹ kriterier tillämpas när lämplig markanvändning och behovet av riskreducerande åtgärder inom planområdet utvärderas. Markanvändningen S1 – Kulturskola är en känslig verksamhet enligt RIKTSAM.

Enligt RIKTSAM bör en detaljplanering som medger känsliga verksamheter inom 150 meter från en transportled för farligt gods kunna bedömas som tolerabel om följande kriterier uppfylls [3]:

- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att individrisken understiger 10^{-7} per år.
- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att samhällsrisk² understiger 10^{-5} per år där $N = 1$ och 10^{-7} per år där $N = 100$.
- Den deterministiska analysen kan påvisa det "nettotillskott" av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållanden på platsen eller efter åtgärder.

1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Det underlagsmaterial som ligger till grund för riskbedömningen redovisas löpande i rapporten.

1.6 INTERNKONTROLL

Rapporten är utförd av Olov Holmstedt Jönsson (Civilingenjör i Ekosystemteknik och Riskhantering) med Katarina Herrström (Brandingenjör & Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Emelie Laurin (Brandingenjör & Civilingenjör Riskhantering).

¹ Hänsyn tas till såväl sannolikhet som konsekvens av tänkbara olycksscenarier

² Avser samhällsrisknivån för ett 1 km² stort område med riskkällan placerad i mitten av området.

2 OMRÅDESBESKRIVNING

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet med omgivning med syfte att överskådligt tydliggöra de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

2.1 OMGIVNING

Planområdet är beläget i de centrala delarna av Eslöv i direkt anslutning till Medborgarhuset. I Figur 3 syns planområdets placering i förhållande till övriga delar av tätorten. Planområdet avgränsas i östlig riktning av Södra stambanan och i västlig riktning av Södergatan. Strax norr om planområdet ligger Medborgarhuset i Eslöv och söder om planområdet finns ett antal friliggande bostadshus.



Figur 3. Planområdets placering i förhållande till övriga delar av tätorten (kartbild från eniro.se)

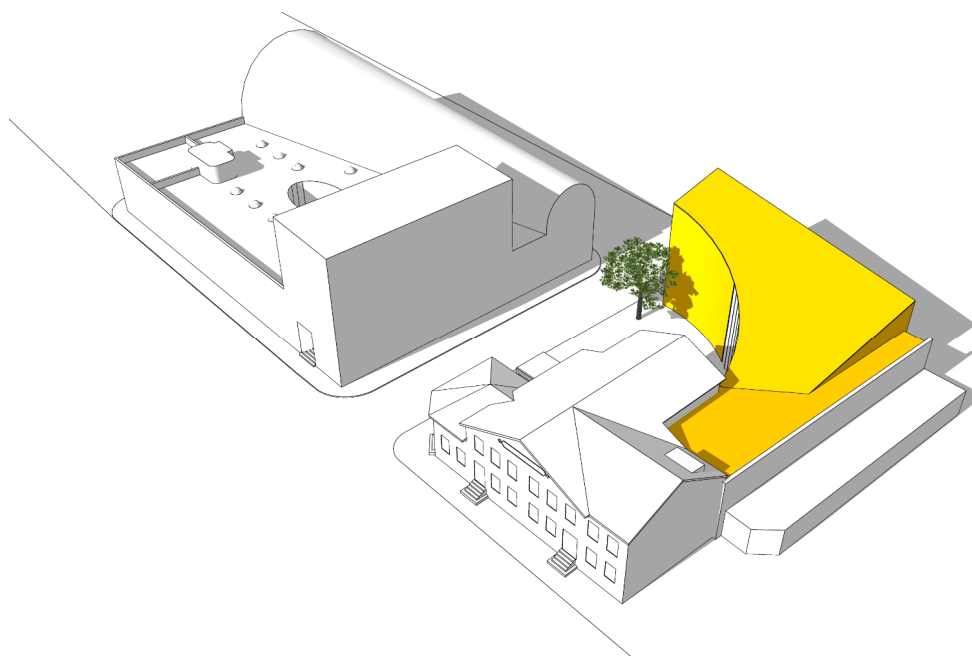
2.2 PLANOMRÅDET

Eslövs kulturskola bedriver i dagsläget verksamhet på tre olika platser i centrala Eslöv; Lilla teatern, en lokal på Östergatan samt på Ekenässkolan [4]. Verksamheten riktar sig till barn i åldrarna 3 till 18 år. Det aktuella planförslaget syftar till att samla kulturskolans verksamhet till Lilla teatern genom att möjliggöra en tillbyggnad av befintliga lokaler, se Figur 4 och Figur 5 [4]. Detaljplanen omfattar fastigheterna Åkermannen 10 och 11 samt en del av Åkermannen 14. Planområdets yta uppgår till cirka 1 200 m² varav hälften av ytan upptas av byggnaden som inrymmer Lilla teatern.

Maximalt 100 personer förväntas vistas inom kulturskolans lokaler på Södergatan efter att den planerade tillbyggnaden är genomförd [5]. Kortaste avstånd mellan fasaden på tillbyggnaden och spårcentrumlinjen för närmsta järnvägsspår uppgår till drygt 35 meter.



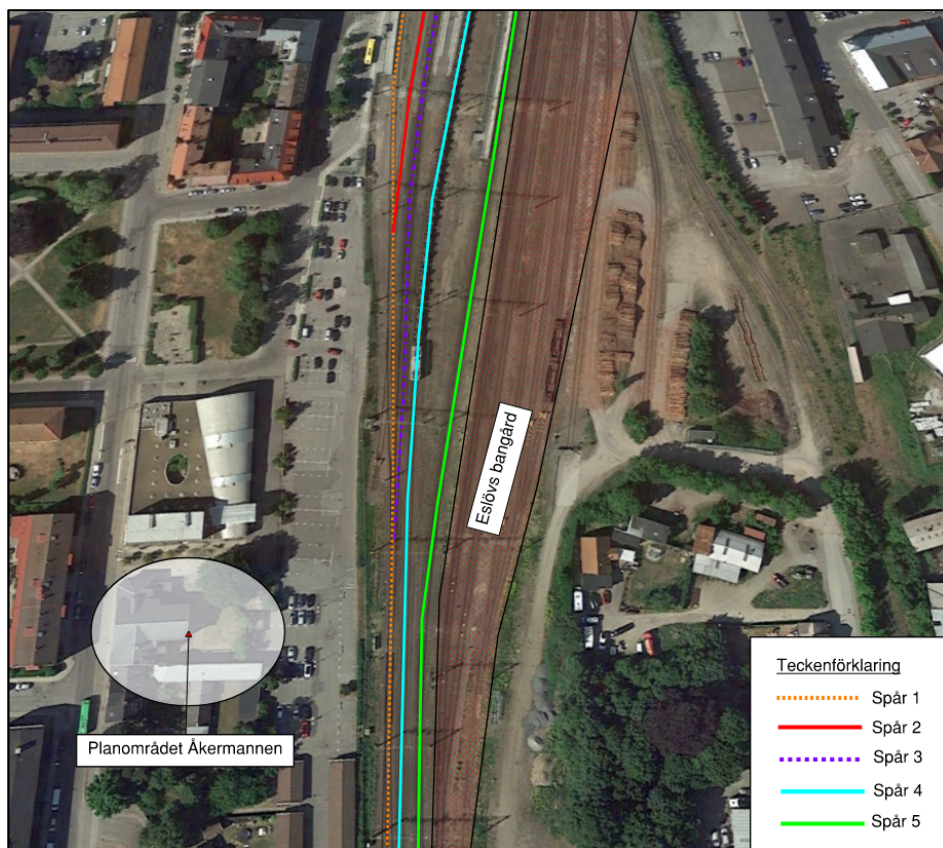
Figur 4. Lilla teatern och Medborgarhuset sett från Södergatan.



Figur 5. Medborgarhuset i Eslöv (t.v.) och kulturskolan (t.h.) samt den planerade tillbyggnaden (gult).

2.3 SÖDRA STAMBANAN

Södra stambanan är en elektrifierad dubbelspårig järnväg som sträcker sig från Malmö C i söder till Katrineholm i norr. Strax innan Eslövs järnvägsstation och bangård, i höjd med aktuellt planområde, delar järnvägen upp sig i flera spår, se Figur 6. En relativt stor andel av godstågen (drygt 30 %) blir omkörda i Eslöv och växlas då in på spår 2 (norrgående) eller spår 5 (södergående) [6]. Godståg som kan passera Eslöv utan att behöva lämna fri väg åt ett bakomliggande persontåg använder spår 3 (södergående) och spår 4 (norrgående) [6]. Persontågen nyttjar spår 1–5.



Figur 6. Järnvägens uppdelning i höjd med aktuellt planområde.

I Tabell 1 redovisas det prognostiserade trafikflödet på Södra stambanan delsträckan Lund C – Höör C enligt Trafikverkets basprognos för horisontår 2040.

Tabell 1. Antal person- och godståg per årsmedeldygn på aktuell delsträcka av Södra stambanan enligt Trafikverkets basprognos för år 2040 [7].

Södra stambanan (Lund C – Höör C)	År 2040
Antal persontåg per årsmedeldygn	156
Antal godståg per årsmedeldygn	38

2.4 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Befolkningstätheten i Eslövs tätort uppgick år 2019 till drygt 2 100 invånare per km². Den generella befolkningstätheten i tätorten antas vara representativ för den kvadratkilometern, med Södra stambanan placerade i mitten, som inrymmer planområdet Åkermannen.

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

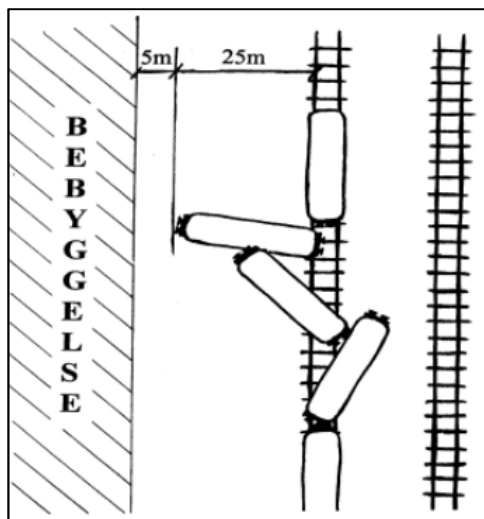
Att bedöma möjlig påverkan på omgivningen innebär, enligt avgränsningarna för denna riskbedömning, att identifiera de risker som är förknippade med järnvägsanläggningen som ligger i nära anslutning till planområdet. De risker som har identifierats kopplade till järnvägstransporterna på Södra Stambanan är:

- Mekanisk påverkan i samband med urspårning.
- Olycka vid transport av farligt gods på järnväg.

3.2 MEKANISK PÅVERKAN I SAMBAND MED URSPÅRNING

Den dominerande risken (med avseende på sannolikhet) i anslutning till järnväg är urspårning. Konsekvenserna till följd av urspårning kan omfatta att människor förolyckas, antingen utomhus eller i intilliggande byggnader som påverkas av händelsen. Dock är den vanligaste konsekvensen av en urspårning materiella skador på järnvägsanläggningen och/eller på tåg. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg.

Det finns ett antal kända orsaker som var för sig eller tillsammans kan resultera i en urspårning, såsom växelpassager, kraftiga inbromsningar, spårlägesfel, solkurvor och sabotage. Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Konsekvenserna av en urspårning är direkt beroende av hur långt ifrån spåret som tåget hamnar. Urspårningar bedöms generellt ha ett konsekvensområde (med avseende på mekaniska skador) på maximalt cirka 30 meter från spåret, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom [8].



Figur 7. Urspårningsolycka på järnväg

3.3 TRANSPORTER AV FARLIGT GODS PÅ SÖDRA STAMBANAN

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om de inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [9] [10] som har tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt det så kallade RID-systemet, som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt.

I Bilaga B.2 redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka. Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2.1, 2.3, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

I enlighet med en tidigare genomförd riskbedömning för aktuell delsträcka av Södra stambanan antas 7,6 % av de framförda godsvagnarna på sträckan transportera någon form av farligt gods [11]. I Tabell 2 redovisas fördelningen mellan de transporterade farligt gods-klasserna på järnvägen baserat på den tidigare genomförda riskbedömningen [11]. Statistiken indikerar att andelen transporter av giftiga gaser (RID-klass 2.3) på den aktuella delsträckan av Södra stambanan är signifikant högre än riksgenomsnittet 2013–2017 (12,4 % kontra 5,2 % [12]).

Tabell 2. Fördelning mellan transporterade farligt gods-klasser på aktuell delsträcka av Södra stambanan [11].

RID-S-klass	Andel
1. Explosiva ämnen och föremål	0,13 %
2.1 Brännbara gaser	2,1 %
2.3 Giftiga gaser	12,4 %
3. Brandfarliga vätskor	15,6 %
5.1 Oxiderade ämnen	19,6 %
5.2.Organiska peroxider	1 %
Övriga klasser	49,2 %
Totalt	100 %

3.4 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 3.

Tabell 3. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer baserat på rådande förutsättningar.

Explosiva ämnen Klass 1	Brandfarlig gas Klass 2.1	Giftig gas Klass 2.3	Brandfarlig vätska Klass 3	Oxiderande ämnen Klass 5.1
Liten explosion	BLEVE	Litet läckage	Liten pölbrand	Explosion
Medelstor explosion	Gasmolns-explosion	Medelstort läckage	Medelstor pölbrand	Brand
Stor explosion	Liten jetflamma Mellan jetflamma Stor jetflamma	Stort läckage	Stor pölbrand	

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade olycksscenarier förknippade med järnvägstransporterna på Södra stambanan.

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [13]. Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

Risker som klassificeras som **oacceptabla** värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

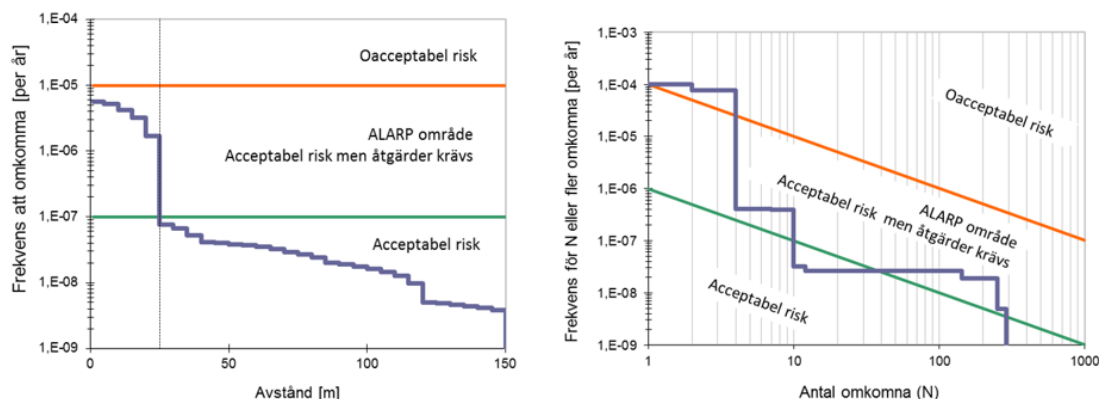
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.

De risker som kategoriseras som låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

I Tabell 4 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 8. I aktuell riskbedömning används DNV:s föreslagna kriterier i kombination med länsstyrelsens riktlinje (RIKTSAM), se avsnitt 1.4.2, för att värdera riskerna och möjlig markanvändning inom planområdet.

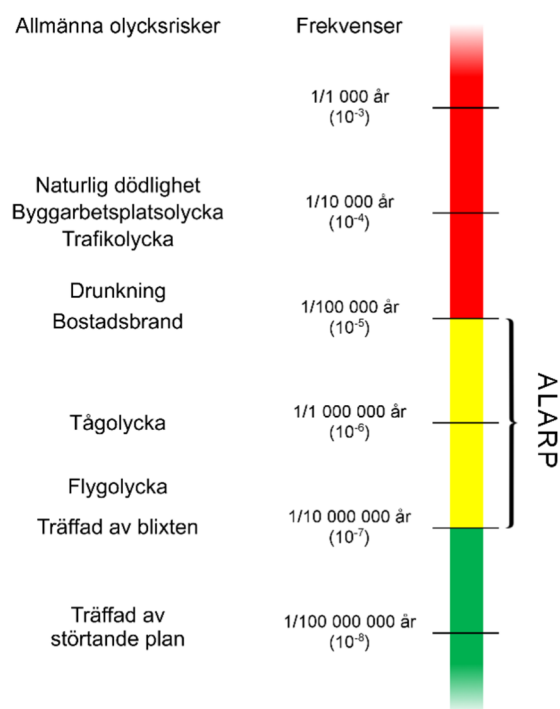
Tabell 4. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

Riskmått	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
Individrisk	$< 10^{-7}$	10^{-7} till 10^{-5}	$> 10^{-5}$
Samhällsrisk	$< 10^{-6}$	10^{-6} till 10^{-4}	$> 10^{-4}$



Figur 8. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [13].

Som jämförelse illustreras i Figur 9 ett antal olycksrisker i samhället



Figur 9. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [14].

Individrisk – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas på en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmålet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk.

Individrisk redovisas ofta med en individriskprofil (t.v. i Figur 8) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

Samhällsrisk – Beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 8) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

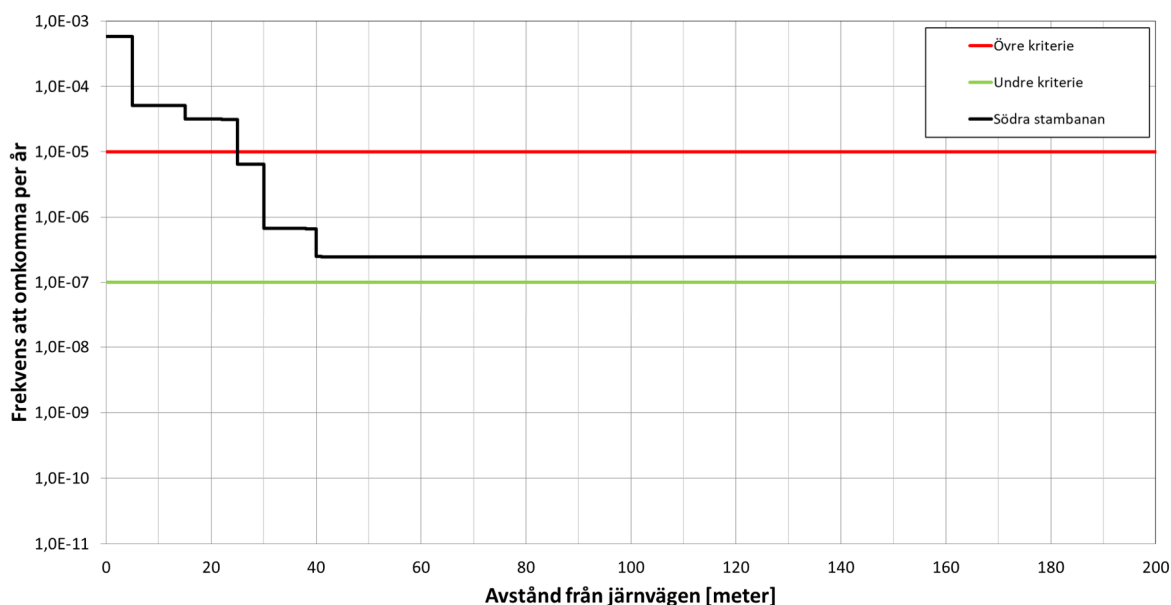
Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten, individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas.

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [15] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga B.

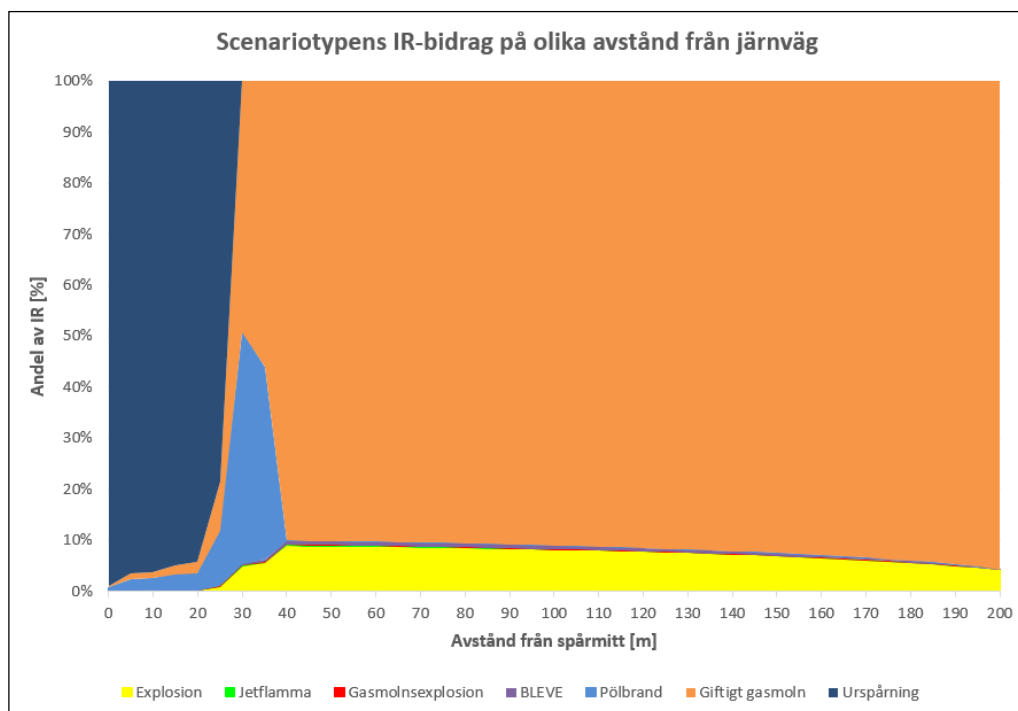
Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga C.

4.1 INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ SÖDRA STAMBANAN

I Figur 10 illustreras den uppskattade individrisknivån längs Södra stambanan. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Ur figuren kan utläsas att individrisknivån är oacceptabelt hög inom 25 meter från järnvägen sett från spårcentrumlinjen på närmsta ytterspår. Mellan 25 och 30 meter ligger individrisknivån inom den övre halvan av ALARP-området. Bortom 30 meter från järnvägen minskar individrisknivån markant och ligger inom den nedre halvan av ALARP-området, dvs. understiger 10^{-6} per år. Vidare indikerar beräkningen att individrisknivån inom vägledningens (RIKTSAM) tillämpningsområde, dvs. upp till 200 meter från järnvägen, inte når acceptabla nivåer i det aktuella fallet. Det är framförallt bidraget från farligt gods-olyckor med RID-klass 2.1 (giftig gas) som medför att individrisknivån inte når acceptabla nivåer inom vägledningens tillämpningsområde, se Figur 11. Notera dock att den redovisade risknivån avser utomhusvistelse och tar inte hänsyn till eventuella skyddseffekter som inomhusvistelse kan medföra.



Figur 10. Individrisknivå med avseende på järnvägstransporterna på Södra stambanan.



Figur 11. Bidraget till individrisknivån för olika typer av farligt gods-olyckor med avseende på avståndet från järnvägen.

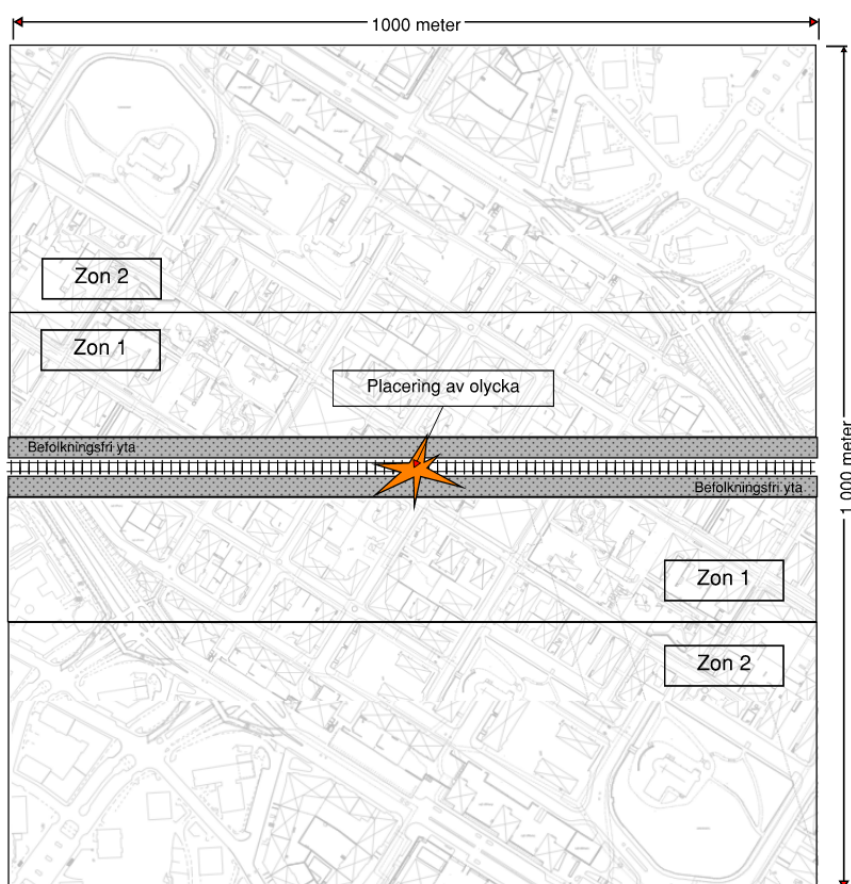
Eftersom individrisknivån inom planområdet överstiger 10^{-7} per år bör detaljplanen inte, utan krav på särskilda skyddsåtgärder, medge känsliga verksamheter inom planområdet, se avsnitt 1.4.2. Med känsliga verksamheter avses verksamheter som medför särskilt hög personbelastning alternativt vistelse av särskilt känsliga individer. Exempelvis flerbostadshus, hotell, vårdinrättningar, skolor och idrottsanläggningar (med betydande åskådarplats). I kapitel 5 redogörs för vilka riskreducerande åtgärder som bedöms skäligen att införa i detaljplanen med hänsyn till riskpåverkan från farligt gods-transporterna på Södra stambanan.

4.2 SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ SÖDRA STAMBANAN

I detta avsnitt redovisas hur beräkningarna av samhällsrisk har genomförts. Vidare redovisas vilka skyddsfaktorer avseende inomhusvistelse som har antagits vid beräkningarna av samhällsrisknivån. I Figur 12 redovisas den modell för uppskattning av samhällsrisk för planområdet och omnejd som har använts i aktuell riskbedömning. I Tabell 5 redovisas persontätheten inom respektive zon i beräkningsmodellen.

Tabell 5. Ansatt persontäthet inom respektive zon i beräkningsmodellen.

Zonindelning	Bredd	Persontäthet [inv. per km ²]
Befolkningsfri yta	40 meter	N/A
Zon 1	100 meter	2 100
Zon 2	360 meter	2 100



Figur 12. Modell för beräkning av samhällsrisknivån med avseende på järnvägstransporterna på Södra stambanan.

Närmst Södra stambanan antas en bebyggelse- samt befolkningsfri yta. Grundantagandet är i övrigt att personer uppehåller sig jämnt utspridda över respektive zon samt att en större andel av dessa personer vistas inomhus när olyckan inträffar enligt värdena i Tabell 6. Vid beräkningarna av samhällsrisk antas inomhusvistelse vid vissa olycksscenarier medföra en signifikant lägre risk att omkomma.

De ansatta skyddsgraderna som redovisas i Tabell 7 bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar, tidigare riskbedömningar inom samhällsplanering [16] och internationella vägledningar så som CPR 18E [17]. I Bilaga D redovisas mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

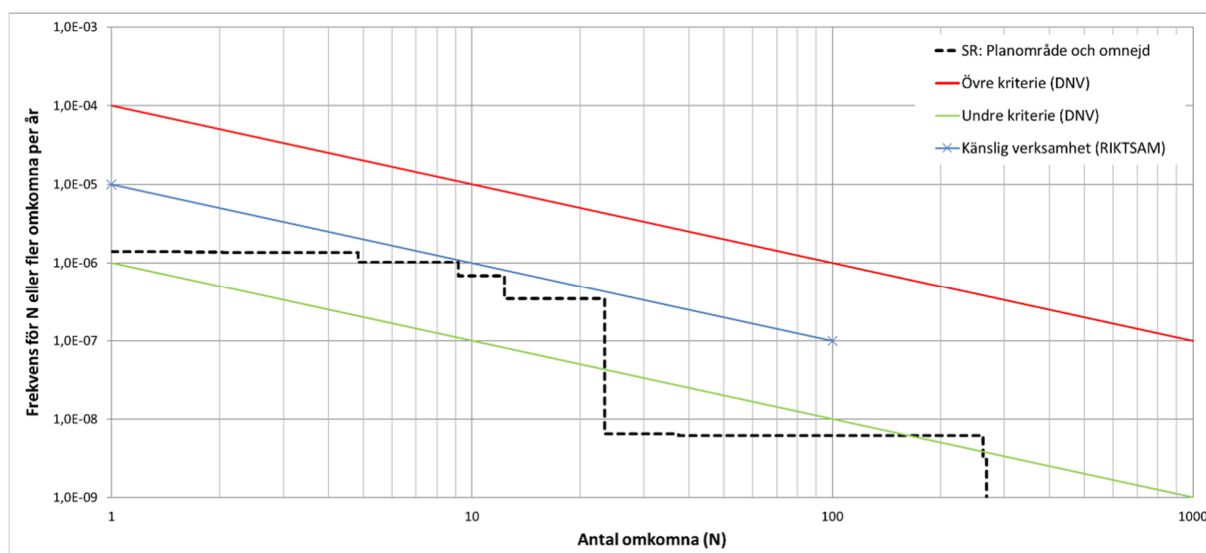
Tabell 6. Andel personer som befinner sig inomhus respektive utomhus vid olika tidpunkter på dygnet enligt riktvärden från RIKTSAM [2].

Tid på dygnet	Andel inomhus	Andel utomhus
Dagtid (kl. 07-19)	90 %	10 %
Natttid (kl. 19-07)	99 %	1 %

Tabell 7. Ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse när samhällsrisk för planområdet med omnejd beräknas. En skyddsgrad på exempelvis 60 % innebär att individerna som befinner sig inom konsekvensområdet och inomhus antas ha en 60 % mindre sannolikhet att omkomma till följd av olyckan jämfört med individer som vistas utomhus inom samma konsekvensområde.

Olycksscenario	Zon 1 (skyddsgrad vid inomhusvistelse)	Zon 2 (skyddsgrad vid inomhusvistelse)
Stora explosionslaster (~25 000 kg)	0 %	50 %
Mindre explosionslaster (~150 kg)	50 %	100 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (jetflammar, gasmoln)	75 %	75 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (BLEVE)	90 %	90 %
Utsläpp av giftiga gaser	50 %	95 %
Utsläpp av brandfarliga vätskor	95 %	95 %

I Figur 13 redovisas den uppskattade samhällsrisknivån för planområdet och omnejd. Beräkningen indikerar att samhällsrisknivån för det betraktade området ligger inom den nedre halvan av ALARP-området vid utvärdering mot DNV:s kriterier. Vidare indikerar beräkningen av samhällsrisknivån understiger kriteriet i RIKTSAM avseende känslig verksamhet, se avsnitt 1.4.2.



Figur 13. Samhällsrisknivån med avseende på järnvägstransporterna på Södra stambanan.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [18], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

Åtgärderna kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [18]. De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan.

Observera att avsnittet utgör ett diskussions- och beslutsunderlag för vidare planering och således inte har formulerats som konkreta planbestämmelser.

5.1 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER

Samtliga åtgärder är inte lämpliga att reglera i en detaljplan, utan beaktas först i senare skede. Där inget annat nämns nedan, anses åtgärderna, enligt Boverkets skrift, vara lämpliga att reglera i detaljplan.

5.1.1 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar, t.ex. vall och plank. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd, och effektiviteten avtar med avståndet.

WSP rekommenderar generellt att ingen bebyggelse eller ytor som medför stadigvarande vistelse bör uppföras inom 30 meter från Södra stambanan sett från spårcentrumlinjen för närmsta ytterspår. I avsnitt 5.2 redogörs dock för vilka skyddsåtgärder som krävs om bebyggelse med stadigvarande vistelse uppförs inom 30 meter från Södra stambanan.

5.1.2 Disposition av byggnad

Åtgärden innebär disposition av lokaler i en byggnad för att uppnå ett skydd mot olyckor.

WSP rekommenderar att alla byggnader inom planområdet där människor vistas stadigvarande ska ha minst en utrymningsväg som vetter bort från järnvägen.

5.1.3 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras högt på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen för personer som vistas inomhus vid utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar. Åtgärden kan vara lämplig att reglera i detaljplan om den är projekthanpassad.

WSP rekommenderar att friskluftsintag på tillkommande byggnader, som medför stadigvarande vistelse, inom planområdet placeras högt upp på fasaden på oexponerad sida, dvs. vända bort från Södra stambanan.

Notera dock att åtgärden enbart skyddar personer som vistas inomhus alternativt personer som skyndsamt kan förväntas inrymma vid händelse av en olycka. Givet att planbestämmelsen är S1 – Kulturskola kan människor inom planområdet företrädesvis förväntas vistas inomhus.

Ventilationsåtgärder bedöms därmed ge en god skyddseffekt i det aktuella fallet. Åtgärdernas skyddseffekt skulle dock kunna bli begränsad för känsliga verksamheter som är förenade med en relativt hög grad av utomhusvistelse, exempelvis förskolor, grundskolor.

5.1.4 Byggnadstekniskt brandskydd

Obrännbara fasadmaterial och takyttskikt kan användas för att försvåra brandspridning till byggnaden, men innebär inte explicit att brand- eller brandgasspridning in i byggnaden till följd av ledning eller otätheter förhindras. Brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster kan användas som komplement till obrännbara fasadmaterial för att förhindra brand- och brandgasspridning till inomhusmiljön. Genom att utforma ytterväggar i obrännbart material alternativt i lägst brandteknisk klass EI 30 görs bedömning att risken för brandspridning in i byggnaden i händelse av pölbrand eller jetflamma reduceras på ett tillfredsställande sätt. Observera att brandklassade väggar kan utformas med brännbara material och yttskikt.

WSP rekommenderar att fasader till byggnader med stadigvarande vistelse som vetter mot och ligger inom 30–40 meter från järnvägen utförs i obrännbart material alternativt i lägst brandteknisk klass EI 30.

5.2 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER VID REDUCERAT SKYDDSAVSTÅND

I detta avsnitt beskrivs vilka ytterligare skyddsåtgärder som skulle krävas för att möjliggöra bebyggelse inom 30 meter från Södra stambanan. Kommunen har specifikt efterfrågat vilka skyddsåtgärder som kan bli aktuella ifall bebyggelse inom planområdet med stadigvarande vistelse förläggs cirka 28 meter respektive 20 meter från järnvägen. Vid bebyggelse inom 30 meter från järnvägar behöver risken för mekanisk påverkan på bebyggelsen till följd av urspårningar adresseras.

Urspårningar bedöms generellt ha ett konsekvensområde (med avseende på mekaniska skador) på maximalt cirka 30 meter från spåret, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom [8]. De genomförda beräkningarna i Figur 10 indikerar att individrisknivån är oacceptabel inom 25 meter från järnvägen sett från spårcentrumlinjen på närmsta ytterspår. Mellan 25 och 30 meter ligger individrisknivån inom den övre halvan av ALARP-området. De höga individrisknivåerna inom 30 meter från järnvägen beror huvudsakligen på risken för mekanisk påverkan till följd av urspårningar samt strålningspåverkan från pölbränder.

I aktuell riskbedömning har metodiken i Banverkets (nuvarande Trafikverkets) rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* använts för att uppskatta sannolikheten och konsekvenserna av en urspårning. Enligt denna modell finns det inget statistiskt säkerställt samband mellan urspårningshastighet och spridning av urspårande fordon [19]. Detta innebär dock inte att urspårningshastigheten är oväsentlig för spridningsavståndet.

Kontentan är att spridningsavståndet sannolikt är minst lika beroende av omgivningsfaktorer, som exempelvis spårens läge i förhållande till omgivningen. Dvs. lokala förutsättningar så som en hög banvall kan troligtvis medföra förhållandevis långa spridningsavstånd även om urspårningen inträffar vid en låg hastighet. Järnvägsspåren i höjd med aktuellt planområde ligger i nivå med omgivningen och STH (Största Tillåtna Hastighet) på sträckan är enligt Trafikverkets linjeböcker 130 km/h (driftplats Eslöv) [20].

I Banverkets modell modelleras spridningen av urspårade fordon enligt en sannolikhetsfördelning vilken baseras på inträffade urspårningar i Sverige under perioden 1985–1995 [19]. Dvs. modellen är i detta avseende inte platsspecifik. Det finns alternativa modeller som kan nyttjas för att uppskatta spridningsavståndet av urspårade fordon och resulterande olyckslaster. Eurocode om dimensioneringskrav avseende olyckslaster hänvisar exempelvis till UIC 777–2³ för vägledning avseende olyckslaster orsakade av spårbunden trafik [21]. I UIC-modellen har hastigheten på sträckan en central betydelse då denna parameter bland annat avgör hur långt från spåret (vinkelrätt) urspårade fordon kan hamna. Modellen anger att tågets maximala avvikelse vinkelrätt från spåret i meter kan skattas utifrån $V^{0,55}$ (V = urspårningshastigheten i km/h) [22]. Givet att STH längs den aktuella järnvägssträckan uppgår till 130 km/h ger föregående samband ett maximalt spridningsavstånd på cirka 14,5 meter (jämfört med 30 meter i Banverkets modell). Utifrån UIC-modellen är det därmed troligtvis inte skäligt att vidta några riskreducerande åtgärder avseende mekanisk påverkan om skyddsavståndet överstiger drygt 15 meter.

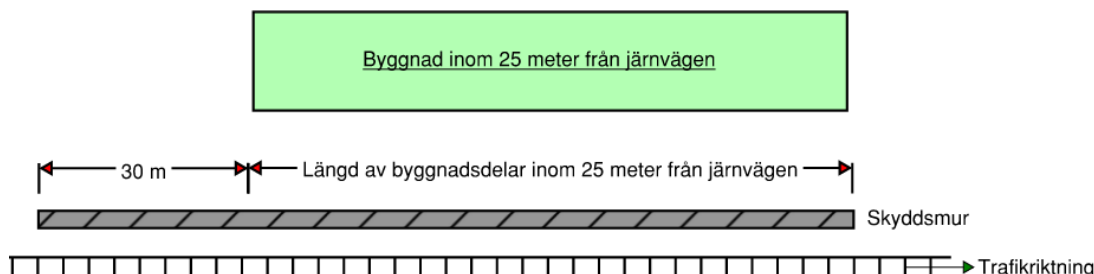
De båda modellerna producerar således signifikant skilda skattningar av urspårningsrisken. Utifrån försiktighetsprincipen har WSP valt att utgå ifrån Banverkets modell och den tidigare uppskattade individrisknivån. Dvs. riskreducerande åtgärder avseende mekanisk påverkan ska utvärderas och vidtas om skyddsavståndet mellan bebyggelsen och järnvägen understiger 30 meter. Det kan dock vara möjligt, i samråd med länsstyrelsen, att använda UIC-modellen för att avgöra behovet av riskreducerande åtgärder med hänsyn till urspårningsrisken. Dvs. att åtgärder avseende mekanisk påverkan från urspårade fordon enbart bör övervägas när skyddsavståndet understiger 15 meter.

Längs den aktuella sträckan i höjd med planområdet bedöms urspårade fordon enbart kunna spridas bortom 14,5 meter från järnvägen om en vagn ställer sig vinkelrätt mot spåret, se Figur 7. Detta sker troligtvis endast om en s.k. fällknivseffekt uppstår i samband med urspårningen, dvs. att kopplingen mellan vagnarna bryts och att bakomliggande vagnar trycker ut en framförvarande vagn. I dessa fall blir den uttrycka vagnens rörelseriktning vinkelrätt mot tågets färdriktning. Den uttrycka vagnen kan även deformeras pga. kollisionen med bakomliggande och framförvarande vagnar vilket i sin tur kan minska dess rörelseenergi. Det går dock inte att utesluta att delar av fasaden kan kollapsa om den uttryckta vagnen kolliderar med bygganden.

Vid ett skyddsavstånd på 20 meter bedömer WSP att skyddsmur bör uppföras mellan järnvägen och bebyggelsen med hänsyn till urspårningsrisken. Vid detta avstånd är individrisknivån, när den uppskattas utifrån spridningsavstånden i Banverkets modell, oacceptabelt hög vilken anses motivera mer långtgående skyddsåtgärder. Funktionskraven för skyddsmuren bör baseras på de rekommendationer gällande "guide walls" som återges i UIC 777–2. Detta innebär att muren ska placeras så nära spåren som möjligt och vara minst 76 cm hög [22]. Skyddsmuren ska kunna absorbera stora horisontella laster samt ha en hög elasticitet [22]. Utöver detta får skyddsmuren inte utformas med några utstickande delar eller andra detaljer som kan öka risken för att transporttankar med exempelvis farligt gods punkteras vid en urspårning. Skyddsmurens exakta utformning behöver utredas i ett senare skede.

³ UIC Code 777-2: Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone

Det är osäkert exakt hur lång muren behöver vara för att uppnå tillräcklig skyddseffekt i det aktuella fallet. Enligt tidigare resonemang är det sannolikt enbart vid en s.k. fällknivseffekt som urspårningen kan orsaka mekanisk påverkan bortom 14,5 meter från järnvägen. Utifrån detta bedöms det rimligt att skyddsmurens längd kan uppskattas utifrån Figur 14, dvs. längden av byggnadsdelar inom 25 meter från järnvägen samt ytterligare en sträcka om 30 meter (motsvarar längden av en X2-vagn) motsatt trafikriktningen på närmsta spår (se Figur 14). Baserat på erfarenheter från tidigare projekt uppskattas en schablonkostnad på 15 000 kr per löpmeter skyddsmur. Den totala kostanden för skyddsmuren kan dock variera beroende på konstruktionslösning och lokala förutsättningar.



Figur 14. Förslag på placering av skyddsmur för att skydda bebyggelsen inom 25 meter från mekanisk påverkan till följd av en s.k. fällknivseffekt vid urspårningen.

Vid ett skyddsavstånd på cirka 28 meter bedömer WSP att risken för mekanisk påverkan är lägre än vid 20 meter. I detta fall bedöms det möjligt att hantera urspårningsrisken med åtgärder i byggnadskonstruktionen. Detaljplanen ska i detta fall krävställa att bortfall av fasaddelar som ligger parallellt med och inom 30 meter från järnvägen inte får orsaka fortskridande ras av bygganden.

Ett reducerat skyddsavstånd gentemot järnvägen kommer även medföra att strålningspåverkan från pölbränder ökar. WSP rekommenderar därmed att byggnader med stadigvarande vistelse som vetter mot och ligger inom 30 meter från järnvägen ska utföras med brandskyddad⁴ fasad.

Det bör understrykas att Trafikverket, trots föreslagna skyddsåtgärder, kan komma att kräva ett skyddsavstånd på 30 meter gentemot tillkommande bebyggelse med hänvisning till bland annat riksintresse och möjlighet till underhåll.

⁴ Detta innebär att fasaden ska vara obrännbar samt utförd i lägst brandteknisk klass EI 30. Vidare ska fönster utföras i lägst brandteknisk klass EW 30.

6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som bedöms vara belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området,
- utformning och disposition av etableringar,
- farligt gods-transporter förbi planområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

De antaganden som har gjorts har varit konservativa så att risknivån inom området inte ska underskattas.

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [23]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [23]

7 SLUTSATSER

Resultaten av genomförd riskbedömning indikerar att riskbidraget från transportolyckor med giftiga gaser på järnvägen medför att individrisknivån inom planområdet inte når acceptabla nivåer. Detaljplanen bör därmed inte, utan vidare krav på särskilda skyddsåtgärder, medge känsliga verksamheter inom planområdet.

WSP bedömer att följande skyddsåtgärder bör kravställas i detaljplanen med hänsyn till den riskpåverkan som järnvägstransporterna på Södra stambanan medför på planområdet:

- Alla byggnader inom planområdet där människor vistas stadigvarande ska ha minst en utrymningsväg som vetter bort från järnvägen.
- Friskluftsintag på tillkommande byggnader, som medför stadigvarande vistelse, inom planområdet ska placeras högt upp på fasaden på oexponerad sida, dvs. vända bort från Södra stambanan.
- Fasader till byggnader med stadigvarande vistelse som vetter mot och ligger inom 30–40 meter från järnvägen ska utföras i obrännbart material alternativt i lägst brandteknisk klass EI 30.

Om byggnader med stadigvarande vistelse placeras cirka 28 meter från järnvägen bör även följande krav på skyddsåtgärder införas i detaljplanen:

- Fasader till byggnader med stadigvarande vistelse som vetter mot och ligger inom 30 meter från järnvägen ska utföras med brandskyddad fasad. Detta innebär att fasaden ska utföras i obrännbart material samt i lägst brandteknisk klass EI 30. Vidare ska fönster och glaspartier utföras i EW 30.
- Bortfall av fasaddelar till byggnader med stadigvarande vistelse som ligger parallellt med och inom 28–30 meter från järnvägen får inte orsaka fortskridande ras av bygganden. Detta krav kan slopas om en skyddsmur uppförs längs järnvägen (se nedan).

Om byggnader med stadigvarande vistelse placeras 20 meter från järnvägen bör en skyddsmur uppföras mellan bebyggelsen och spåret. Funktionskraven för skyddsmuren bör baseras på de rekommendationer gällande "*guide walls*" som återges i UIC 777–2. Vidare får skyddsmuren inte utformas med några utstickande delar eller andra detaljer som kan öka risken för att transporttankar med exempelvis farligt gods punkteras vid en urspårning. Skyddsmurens exakta utformning behöver utredas i ett senare skede.

BILAGA A. METOD FÖR RISKHANTERING

Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

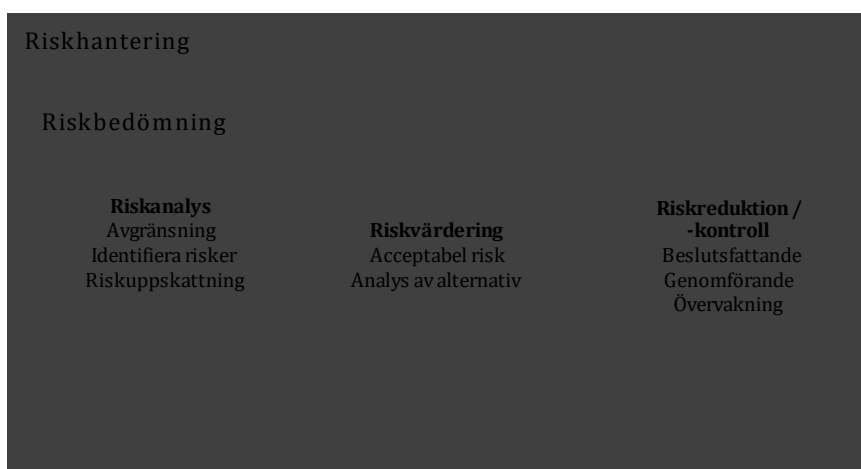
A.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikheten anger hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och kan beräknas om frekvensen, d.v.s. hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, är känd.

Risikanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [24] [25], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 15.

Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år, och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.



Figur 15. Riskhanteringsprocessen.

Efter att riskerna analyserats görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas riskreduktion/-kontroll. I det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/-kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

A.2. RISKANALYSMETODER

I denna riskbedömning används en kvantitativ metod för att utvärdera riskpåverkan på planområdet till följd av järnvägstransporterna på Södra stambanan.

A.2.1 *Kvalitativa metoder*

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten, utan försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall utan, eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra [26].

A.2.2 *Semi-kvantitativa metoder*

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna, och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ. En riskmatris är ett exempel på ett semi-kvantitativt verktyg [26].

A.2.3 *Kvantitativa metoder*

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [27].

BILAGA B. FREKVENSBERÄKNINGAR

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [28]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

B.1. SANNOLIKHET FÖR URSPÅRNING

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka är:

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Årsmedeldygnstrafiken på den aktuella delsträckan av Södra stambanan baseras på Trafikverkets basprognos för horisontår 2040, se Tabell 1.
- Varje persontåg antas i snitt ha 7 stycken vagnar.
- Varje godståg antas i snitt ha 30 stycken vagnar.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Varje tåg antas i snitt passera två stycken växlar.

B.1.1 Urspåring

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspåring av tåg redovisas i Tabell 8 [28]:

Tabell 8. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspåring.

Identifierade olyckstyper för urspåring	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm (godståg)
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
Vagnfel		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (persontåg)
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm (godståg)
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm (godståg)

B.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [28] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

B.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

B.1.4 Resultat

Notera att vissa olyckstyper i Tabell 8 som kan resultera i en urspårning är specifikt kopplade till godstrafik, exempelvis vagnfel godståg och lastförskjutningar. Olycksfrekvenserna för dessa olyckstyper allokeras därmed enbart till händelsen urspårning godståg. Frekvensbidraget från olyckstyper som inte specifikt rör godståg fördelas genom att vikta för andelen tåg av respektive trafikslag som förekommer på sträckan enligt nedanstående exempel:

$$\varphi(\text{Godståg, rälsbrott}) = \varphi(\text{rälsbrott}) \cdot \text{Andel godståg}$$

$$\text{Andel godståg} = \frac{\text{Antal godståg}}{\text{Antal godståg} + \text{Antal persontåg}}$$

I Tabell 9 redovisas hur olycksfrekvenserna har fördelats över respektive trafikslag.

Tabell 9. Fördelning av olycksfrekvenser för respektive trafikslag.

Urspårning godståg	Frekvens (per år)
Vagnfel godståg	$\varphi(\text{vagnfel godståg})$
Lastförskjutning	$\varphi(\text{lastförskjutning})$
Okänd orsak	$\varphi(\text{okänd orsak})$
Spårlägesfel	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{spårlägesfel})$
Solkurvor	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{solkurvor})$
Växel sliten, trasig	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
Σ	$\varphi(\text{godståg})$
Urspårning persontåg	Frekvens (per år)
Vagnfel persontåg	$\varphi(\text{vagnfel persontåg})$
Solkurvor	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{solkurvor})$
Spårlägesfel	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{spårlägesfel})$
Växel sliten, trasig	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
Σ	$\varphi(\text{persontåg})$

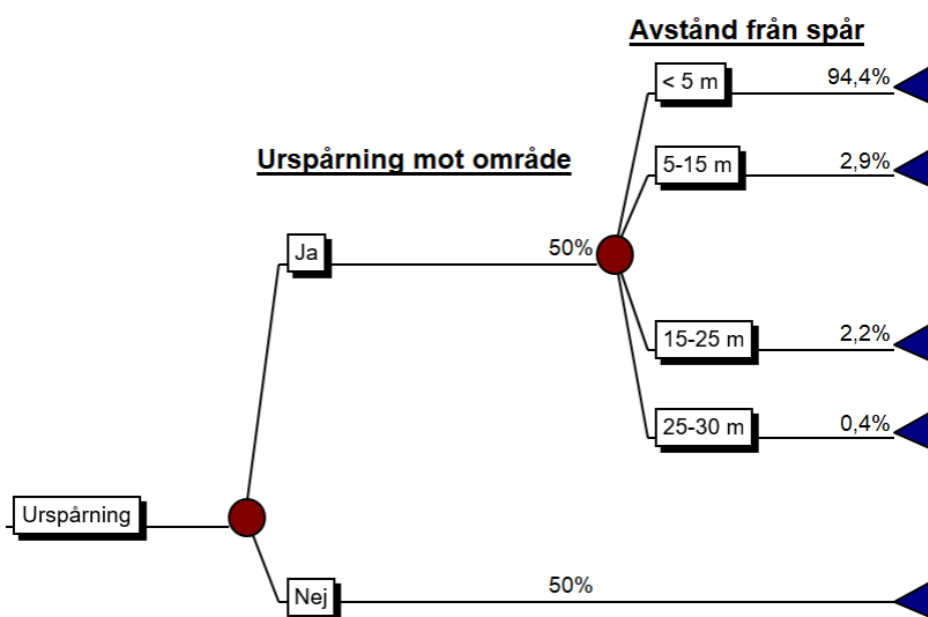
B.1.5 Avstånd från spårmittpunkt för urspårade vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 10 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spårmittpunkt som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (80 % persontåg och 20 % godståg) [28].

Tabell 10. Avstånd från spårmittpunkt (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spårmitt	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	76,12%	18,33%	2,88%	2,24%	0,43%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spårmitt vid urspärning är mycket liten [29]. Enligt Tabell 10 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspärningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspärande tåg. Ett händelseträd som beskriver detta presenteras i Figur 16.



Figur 16. Händelseträd med sannolikheter för urspärningar.

B.2. JÄRNVÄGSOLYCKA MED TRANSPORT AV FARLIGT GODS

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [9] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 11 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 11. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [9].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [30].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [31]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

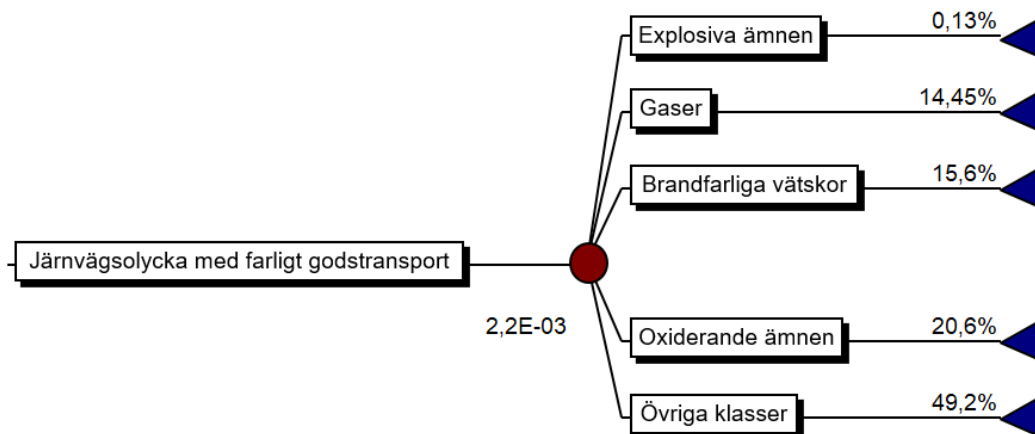
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt B.1.4 beräknad till $9,31 \cdot 10^{-2}$ per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [32].

Farligt gods-vagnar antas utgöra 7,6 % av det totala antalet godsvagnar. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1-(1-0,076)^{3,5}$$

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas bli cirka $2,18 \cdot 10^{-2}$ per år. I händelseträdet, se Figur 17, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur 17. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

B.3. OLYCKSSCENARIER – HÄNDELSETRÄDSMETODIK

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

B.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

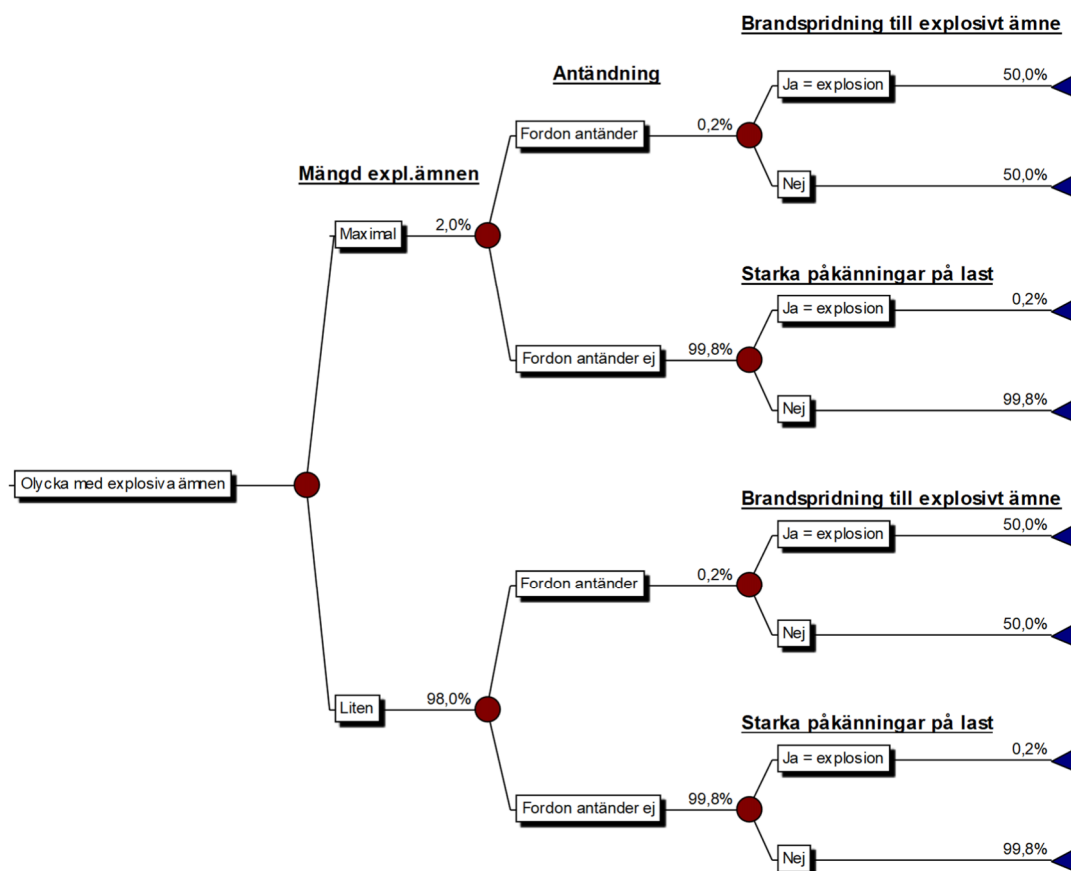
Transport av RID-S klass 1 på järnväg förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006-2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet [33]. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga och dels av säkerhetsmässiga skäl. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg utfördes endast tre transporter med klass 1 i Sverige under hela 2011. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne [34].

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas i beräkningarna förenklat utgöra mindre laster om 150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för en stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka [35] [36]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [16].

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [37]. Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO [38] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 18 redovisas möjliga scenarier.



Figur 18 Händelseträd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

B.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [39], antas 87 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen [28]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare.

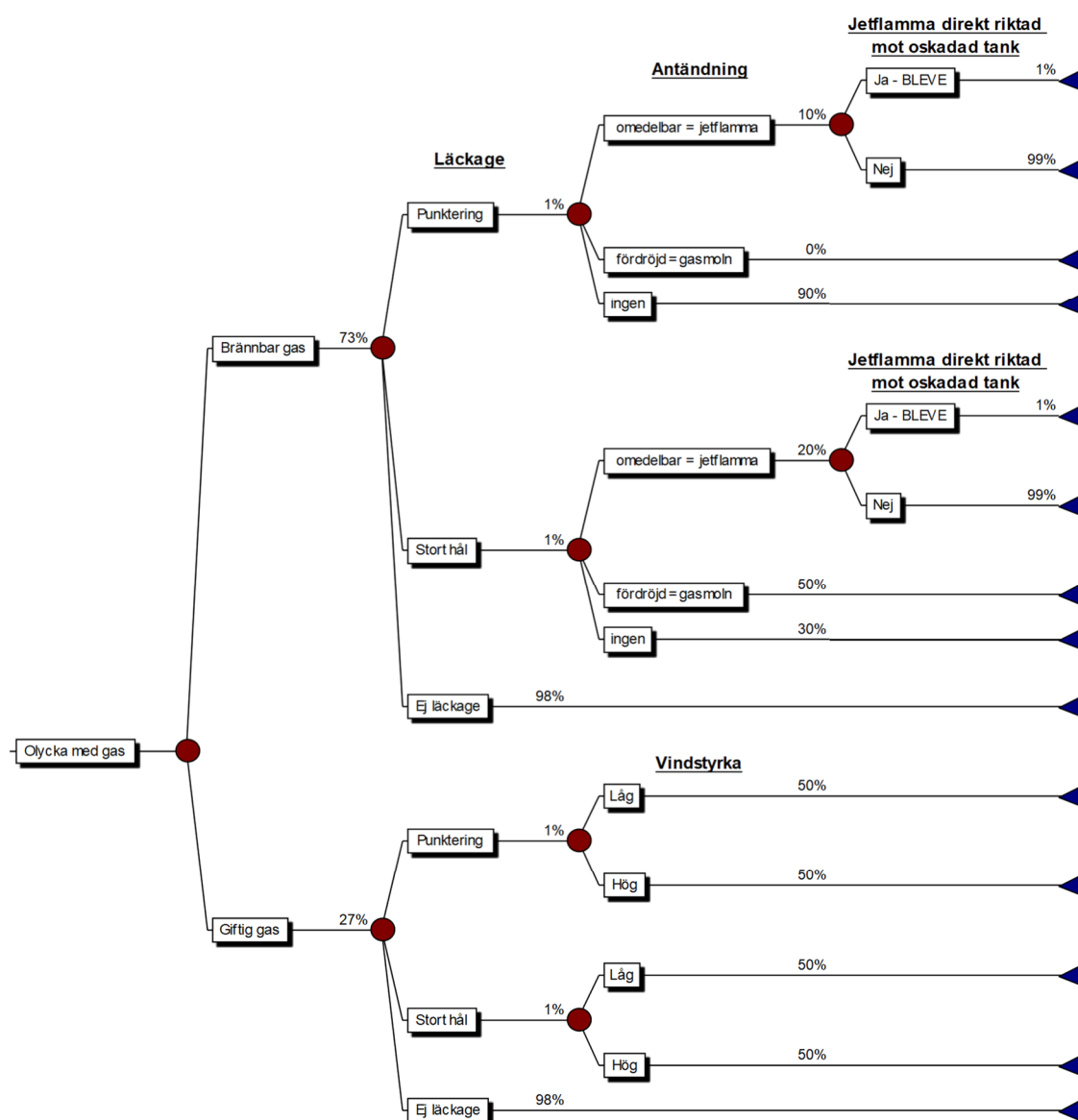
Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [40] för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % [40]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 19 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

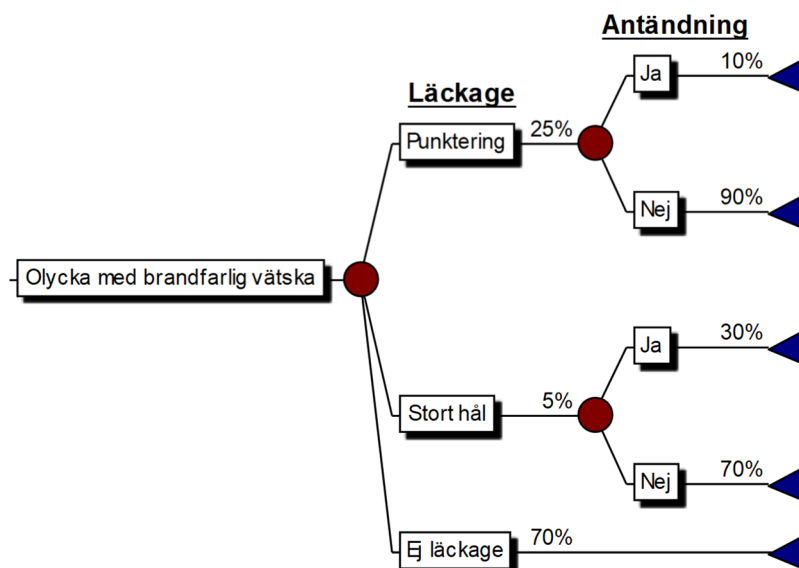


Figur 19. Händelseträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

B.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspärning är 25 % och 5 % [28]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % [28]. I Figur 20 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 20. Händelseträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

B.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

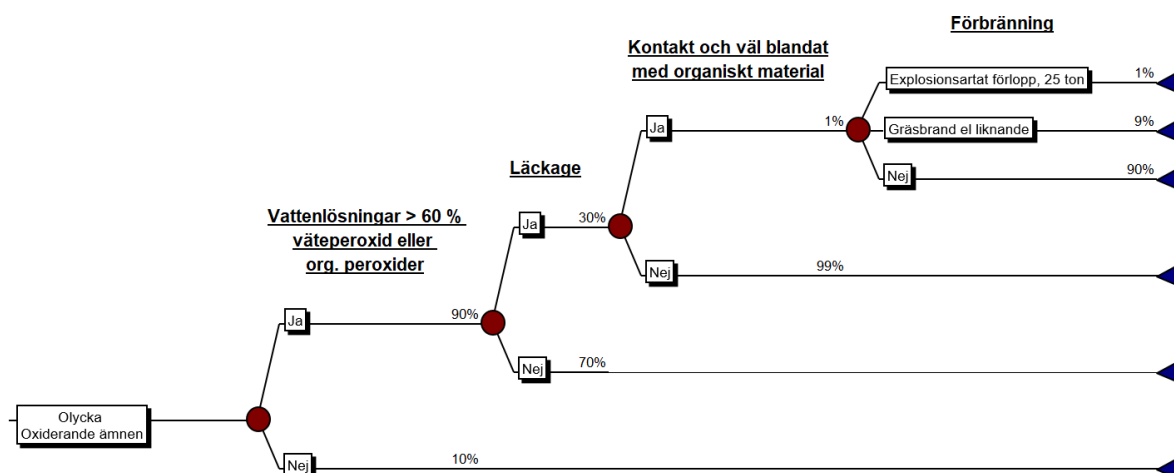
Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik [33] anger att 93 % av transporterna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transporterna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt B.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % [16]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då

blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 21 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 21. Händelsetråd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

B.4. ANPASSNING AV SANNOLIKHETEN AVSEENDE KONSEKVENSAVSTÅND

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan ger därmed en frekvensreduktionsfaktor för respektive scenario.

BILAGA C. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar mitt på spåret, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas. Vid beräkning av mekanisk skada orsakad av urspårning har dock de urspårande vagnarnas avstånd från spårmit beaktats.

C.1. MEKANISK SKADA VID URSPÅRNING

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risker för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25–30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom.

C.2. UPPSKATTADE KONSEKVENSER FÖR OLYCKOR MED FARLIGT GODS

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i Bilaga B. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

C.2.1 *RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen*

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [41].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer, och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [42]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15–40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Sammantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % omkomma.
- Inom det område där trycket uppgår till 20–180 kPa antas 20 % omkomma.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [43] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 12. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 12. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av RID-S klass 1 gods. Explosionen antas vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180 \text{ kPa}$	Avstånd $P \geq 20 \text{ kPa}$
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Stor explosion	25 000 kg	74 meter	221 meter

C.2.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara, inerta och giftiga. Det är endast de brännbara (RID-S-klass 2.1) och giftiga gaserna (RID-S-klass 2.3) som antas kunna innebära dödliga konsekvenser för omgivningen vid olycka.

Brännbar gas, RID-S-klass 2.1

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton [44].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [45]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [46], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m^2 (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

De indata som använts i *Gasol* för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: $4 \cdot \text{designtrycket}$
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 13 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst.

Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 13. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Källstyrka	Antändning	Konsekvensavstånd
BLEVE	-	-	Cirkulärt 200 m radie
Punktering	2,4 kg/s	Jetflamma	18 m
		Gasmoln	18 m
Stort hål	60 kg/s	Jetflamma	91 m
		Gasmoln	21 m

Giftig gas, RID-S-klass 2.3

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [47] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC₅₀⁵) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [47]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [47].

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 14.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

Tabell 14. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Källstyrka	Vindstyrka	Konsekvensavstånd
Punktering	0,45 kg/s	3 m/s	38 m
		8 m/s	34 m
Stort hål	112 kg/s	3 m/s	755 m
		8 m/s	880 m

⁵ Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

C.2.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [45].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensen läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m² pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² pöl.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [48].

I Tabell 15 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen breddas ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 15. Skadedrabat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensen (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensen (400 m ²)	11 m	29 m	40 m

C.2.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-S-klass 5 vid urspärning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensen. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor [16], se vidare avsnitt B.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt B.3.3.

Tabell 16. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Avstånd till dödliga förhållanden
Explosion 25 ton	250 m
Gräsbrand etc.	40 m

C.3. UPPSKATTNING AV ANTAL OMKOMNA I RESPEKTIVE SCENARIO

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt B.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt C.2, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt 2.4.

BILAGA D. SKYDDSEFFEKTER

Vid beräkningar av samhällsrisk för det aktuella planområdet och omnejd har skyddsfaktorer vid inomhusvistelse använts. Skyddsgraderna bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar och internationella vägledningar så som CPR 18E [17]. I nedanstående stycken ges mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

Explosioner:

Tryckvågor från större explosionslaster kan medföra omfattande skador på byggnader belägna långt ifrån olyckans centrum. Människor som befinner sig inomhus bedöms vara relativt skyddade från direkt tryckpåverkan men kan förolyckas om delar av byggnaden rasar. Kollaps av moderna byggnader till följd av jordbävningar bedöms kunna medföra ett skadeutfall på 20–50 % omkomna och 50–80 % skadade [49]. Inom Zon 1 antas ingen skyddsfaktor vid inomhusvistelse. Byggnader inom Zon 2 kommer delvis vara skyddade från tryckpåverkan av framförvarande byggnader inom Zon 1. Skyddsgraden vid inomhusvistelse inom zon 2 till följd av explosioner på järnvägen antas uppgå till 50 %.

Olycksscenarier med brännbara gaser:

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på infallande strålning från jetflammar. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är antagandet mer osäkert. Gasmolnsexplosioner kan utöver strålningspåverkan även medföra tryckskador på omgivningen. Skyddsgraden vid inomhusvistelse med avseende på olycksscenarier med brännbara gaser antas i beräkningarna uppgå till 75 %.

BLEVE:

En BLEVE förväntas inte uppstå förrän efter cirka en halv till en timmes extern brandpåverkan på tanken. Fullskaliga tester har visat att oisolerade tankar med säkerhetsventiler kan klara 25 min av kraftig yttre upphettning innan en BLEVE inträffar [50]. Om tanken är värmeisolerad ökar den tiden till kring 90 minuter [50]. Vid BLEVE av en lagringstank med brandfarlig gas uppstår både tryck- och strålningspåverkan mot omgivningen. Strålningspåverkan bedöms dock utgöra den dimensionerande skadeeffekten med avseende på potentiellt konsekvensavstånd. Människor som befinner sig inomhus antas vara skyddade från den utfallande strålningen men skulle kunna förolyckas om delar av byggnadskroppen rasar. Möjligheten att hinna utrymma riskområdet bedöms även vara relativt god då olycksscenariot inte inträffar momentant. Skyddsfaktorn vid en BLEVE vid inomhusvistelse inom ansätts till 90 %.

Utsläpp av giftig gas:

I CPR 18E bedöms individer som befinner sig inomhus i princip vara helt skyddade (avseende risken att omkomma) vid ett utsläpp av giftig gas [51]. För byggnader som ligger nära anslutning till transportleden och olycksplatsen bedöms dock föregående antagande underskatta konsekvensen baserat på erfarenhet av liknande fall. Skyddsfaktorn vid inomhusvistelse inom Zon 1 avseende utsläpp av giftig gas antas konservativt i beräkningarna endast uppgå till 50 %. Inom Zon 2 antas skyddsgraden vid inomhusvistelse med avseende på utsläpp av giftig gas öka till 95 %.

Pölbränder:

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på infallande strålning från pölbränder. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är

antagandet mer osäkert. I beräkningarna ansätts en 90 %-ig skyddsgrad vid inomhusvistelse med avseende på olycksscenarier som medför pölbrand.

BILAGA E. REFERENSER

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [3] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [4] Eslövs kommun, *Fastigheterna Åkermannen 10, 11 och del av 14 i Eslöv, detaljplan* (<https://eslov.se/bygga-bo-miljo/kommunens-planarbete/alla-plan-och-byggprojekt/fastigheterna-akermannen-10-11-och-del-av-14-i-eslov-detaljplan/>) Hämtad 2021-03-19, Eslövs kommun, 2021.
- [5] Serviceförvaltningen/Byggprojektavdelningen på Eslövs kommun, *Uppgift erhållen via mejl från Fredrik Liedberg 2021-02-22*.
- [6] Wuz risk consultancy AB, *Risakanalys avseende järnvägsolyckor - Utredning i samband med planarbetet för Abborren 2 & 10 i Eslöv*, Kävlinge: Wuz, 2017.
- [7] Trafikverket, *Trafikuppgifter järnväg T18 och bullerprognos 2040.xlsx: Hämtad via <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/>*, Trafikverket, 2018.
- [8] Länsstyrelsens i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [9] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [10] MSB, *MSBFS (2016:9) föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg (RID-S)*, 2016.
- [11] Wuz risk consultancy AB, *Risakanalys avseende farligt gods-olyckor: Utredning i samband med planarbete för del av Eslöv 53:4 (Joel Sallius plats) i Eslöv*, Kävlinge: Wuz, 2012.
- [12] TRAFA, *Bantrafik 2018*, Trafikanalys, 2019.
- [13] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [14] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [15] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [16] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS," 1997.
- [17] CPR 18E, Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book', 1999.
- [18] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.

- [19] Banverket, *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Banverket, 2001.
- [20] Trafikverket, *Linjebok Malmö (Trafikcentralen Malmö): Nässjö - Pederholm*, Trafikverket, Hämtad via: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/jarnvag/Underlag-till-linjebok/Malmos-linjebok/> 2021-05-07.
- [21] Swedish Standard Institute, *Eurocode 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast*, 2008: Swedish Standard Institute.
- [22] UIC, *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2)*, UIC, 2002.
- [23] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [24] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [25] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [26] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [27] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [28] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [29] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [30] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [31] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [32] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [33] Trafik analys - TRAFA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [34] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [35] SIKa, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [36] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [37] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [38] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [39] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [40] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [41] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.

- [42] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [43] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [44] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [45] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [46] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [47] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [48] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [49] Ministry of Transport and Water Management, CPR 14E: Methods for the calculation of physical effects, Haag: Ministry of Transport and Water Management (Nederländerna), 1996.
- [50] W. Townsend, "Comparison of thermally coated and uninsulated rail tank cars filled with LPG subjected to a fire environment.," U.S. Department of Transportation, federal railroad administration, Washington, 1974.
- [51] Advisory Council on Dangerous Substances , "Guidelines for quantitative risk assessment, "Purple book", CPR18E," Ministry of Transport (NL), 2005.
- [52] International Union of Railways (UIC), *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone (UIC 777-2, andra utgåvan)*, UIC, 2002.

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 50 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00

wsp.com

