

VÄSTRA GÖTALANDSREGIONEN

RISKBEDÖMNING DETALJPLAN

BUSSDEPÅ VÄDERMÖTET

2024-12-20



Riskbedömning Detaljplan - Bussdepå Vädermotet

Göteborgs kommun, Västra Hisingen

KUND

Västra Götalandsregionen

KONSULT

WSP Sverige AB
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

Olov Holmstedt Jönsson, WSP, olov.holmstedt.jonsson@wsp.com
Emma Westerberg, Västfastigheter, emma.westerberg@vgregion.se

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning	Granskningshandling	Mindre förtydliganden	Komplettering	
Datum	2022-07-08	2022-09-01	2024-12-20	[Datum]
Handläggare	Olov Holmstedt Jönsson	Olov Holmstedt Jönsson	Olov Holmstedt Jönsson	
Signatur	OHJ	OHJ	OHJ	
Granskare	Gustav Nilsson	Gustav Nilsson	Katarina Herrström	[Granskad av]
Signatur	GNi	GNi	KH	
Godkänd av	Karin Magnusson	Karin Magnusson	Olov Holmstedt Jönsson	[Godkänd av]
Signatur	KM	KM	OHJ	
Uppdragsnummer	10378249	10338067	10378249	

Sammanfattning

WSP har av Västfastigheter fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för del av området Vädermotet inom stadsdelen Västra Hisingen i Göteborgs kommun. Detaljplanen syftar till att möjliggöra uppförandet av en bussdepå för elbussar inom planområdet. Söder om planområdet löper Hisingsleden, Torslandavägen samt Halvorsäng vilka är utpekade transportleder för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och Halvorsäng, som är den transportled som ligger närmst planområdet, uppgår till 50 meter. Drygt 250 meter söder om planområdet ligger St1:s raffinaderi som utgör en Sevesoverksamhet enligt den högre kravnivån.

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.

Baserat på genomförda riskuppskattningar och litteraturstudier bedöms utformningen av planområdet vara acceptabel ur risksynpunkt. WSP rekommenderar dock att följande åtgärder ska krävställas i planen för att säkerställa att skyddsnivån upprätthålls över tid:

- Ett skyddsavstånd på minst 30 meter ska upprätthållas mellan bebyggelse inom planområdet som medför stadigvarande vistelse och väggkant Halvorsäng (inkl. påfarten till Hisingsleden). Exempelvis komplementbyggnader och ytparkering kan tillåtas inom 30 meter från väggkant eftersom dessa typer av markanvändning inte medför stadigvarande vistelse. Enligt nuvarande planförslag uppgår kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse inom planområdet med stadigvarande vistelse och väggkant Halvorsäng till 50 meter.
- För byggnader inom planområdet som medför stadigvarande vistelse och utförs med centraliserad tilluft ska friskluftsintagen placeras bortvända från transportlederna och uppställningsytorna för elbussar (intaget i nordlig riktning). Vidare ska tilluften förses med avstängningsfunktion.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	6
1.1	SYFTE OCH MÅL	6
1.2	OMFATTNING	6
1.3	AVGRÄNSNINGAR	6
1.4	STYRANDE DOKUMENT	7
1.5	UNDERLAGSMATERIAL	8
1.6	REVIDERING 2024-12-16	8
1.7	INTERNKONTROLL	9
2	OMRÅDESBESKRIVNING	10
2.1	VÄDERMOTET	10
2.2	PLANOMRÅDET	10
2.3	INFRASTRUKTUR	11
2.4	SEVESOVERKSAMHET	13
2.5	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	14
3	RISKIDENTIFIERING	15
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	15
3.2	VÄGTRANSPORTER AV FARLIGT GODS	15
3.3	ST1 RAFFINADERI	18
3.4	UPPSTÄLLNING AV ELBUSSAR	18
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	20
4.1	INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ TRANSPORTLEDER	22
4.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ TRANSPORTLEDER	23
4.3	RISKPÅVERKAN FRÅN ST1 RAFFINADERI	25
4.4	RISKPÅVERKAN FRÅN BRAND I UPPSTÄLLDA ELBUSSAR	25
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	27
5.1	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER	27
6	DISKUSSION	29
6.1	ALLMÄNT OM OSÄKERHETER	29
6.2	KÄNSLIGHETSANALYS – ÖKAD OMFATTNING AV FARLIGT GODS	29
7	SLUTSATSER	31
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	32
BILAGA B.	STATISTISKT UNDERLAG	33
BILAGA C.	FREKVENSBERÄKNINGAR	36



BILAGA D.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	46
BILAGA E.	SKYDDSEFFEKTER	51
BILAGA F.	REFERENSER	52

1 INLEDNING

WSP har av Västfastigheter fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för del av området Vädermotet inom stadsdelen Västra Hisingen i Göteborgs kommun. Detaljplanen syftar till att möjliggöra uppförandet av en bussdepå för elbussar inom planområdet. Söder om planområdet löper Hisingleden, Torslandavägen samt Halvorsäng vilka är utpekade transportleder för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och Halvorsäng, vilken är den transportled som ligger närmst planområdet, uppgår till 50 meter. Drygt 250 meter söder om planområdet ligger St1:s raffinaderi som utgör en Sevesoverksamhet enligt den högre kravnivån.

Enligt länsstyrelsen i Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Med anledning av länsstyrelsens krav upprättas denna riskbedömning.

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 transporter av farligt gods, Sevesoverksamheten (St1 Raffinaderi) samt uppställning av elbussar inom själva planområdet. 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

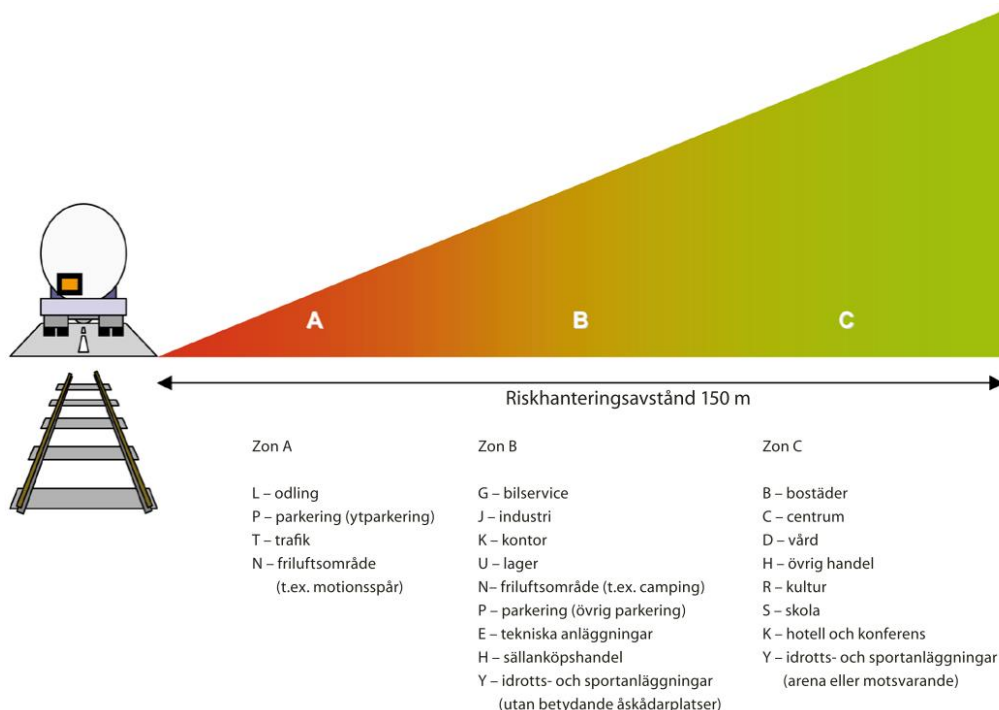
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

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

Länsstyrelsernas 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].

1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Förstudie – Bussdepå Vädermotet, Sweco, 2021 [2]
- Utdrag från Trafikverkets trafikflödeskartor
- Utdrag från Nationella vägdatabasen (NVDB)
- Planbeskrivning (samrådshandling), 2024 [3]

1.6 REVIDERING 2024-12-20

Innehållet i denna rapport har uppdaterats utifrån synpunkterna i det yttrande som Räddningstjänsten Storgöteborg (RSG) lämnade i samband med plansamrådet, se Tabell 1 [4]. Synpunkterna kommenteras och bemöts i Tabell 1 och reviderade avsnitt i rapporten, med anledning av synpunkterna, markeras med ett streck i vänstermarginalen likt.

Tabell 1. Inkomna synpunkter kopplade till riskhänsyn och brandvattenförsörjning [4]

Inkomna synpunkter från Räddningstjänsten Storgöteborg	Kommentar/bemötande
<u>Svavelväte</u> <i>I riskanalysen från WSP presenteras att ett utsläpp av svavelväte från St1 inte bedöms påverka planområdet. Enligt RSG:s tolkning av St1 Refinerys säkerhetsrapport kan ett svavelväte utsläpp påverka planområdet. Vilka antaganden och slutsatsen om att ett svavelväte utsläpp inte kommer att påverka planområdet presenteras inte i riskanalysen och behöver redovisas.</i>	Bedömningen i föregående version (2022-09-01) baserades på den information till allmänheten som finns publicerad på St1:s hemsida [5]. I denna anges att "ett allvarligt haveri i svavelanläggningen skulle kunna medföra besvärande lukt och kraftigt obehag av svavelväte utanför raffinaderiområdet". Utifrån detta konstaterande drogs slutsatsen att risk för livshotande personskador utanför verksamhetsområdet ej föreligger. Scenariot bedömdes därigenom inte heller bidra till individ- och samhällsrisknivån för planområdet. Därigenom inte heller påverka bedömningen i lämpligheten av tilltänkt markanvändning eller i sig motivera införandet av en skyddsbestämmelse i detaljplanen. WSP har inte tillgång till St1:s senaste säkerhetsrapport och kan således inte uttala sig om vilken typ av möjlig påverkan som RSG syftar på.
<u>Batterier</u> <i>Inom planområdet kommer ett stort antal elbussar stå tätt uppställda. Laddningsmöjligheter kommer finnas. Vid händelse av termisk rusning i batteriet hos en buss så föreligger stor risk för spridning om</i>	Riskidentifieringen avseende uppställning av elbussar (termisk rusning) i avsnitt 3.4 har kompletterats. Vidare har värderingen av den påverkan som uppställningen, i händelse av termisk rusning kan medföra för omgivningen utvecklats, se avsnitt 4.4. I detta avsnitt berörs

Inkomna synpunkter från Räddningstjänsten Storgöteborg	Kommentar/bemötande
bussarna står för tätt. Brand i bil/buss-batteri kan vara mycket svårsläckt och RSG:s bedömning bl.a. utifrån illustration över förslag till utformning av bussdepå från planbeskrivningen så kan det bli fråga om en mycket lång insats där eventuellt stora mängder kontaminerat släckvatten produceras. Vid snabb brandspridning på grund av att t.ex. att bussarna står för tätt kan också mycket rök produceras under lång tid. Frågorna om kontaminerat släckvatten samt potentiellt stor rökproduktion vid snabb brandspridning bör utredas mer ingående. I riskanalysen framtagen av WSP presenteras att vid händelse av brand i en elbuss bör personal inrymma och stänga ventilationen. I riskanalysen nämns inget om ventilationsuttagens placering. Rimligen borde dessa vändas så långt bort från bussupställningsplatserna som möjligt. RSG anser att ventilationsuttagens placering samt möjlighet till avstängning bör kravställas i plan.	även förutsättningar för tillfällig magasinering av släckvatten inom planområdet. Vad gäller frånvänd placering av friskluftsintag och möjlighet till avstämning bedömer WSP att åtgärden kan anses skälig att införa som planbestämmelse för bebyggelse som medför stadigvarande vistelse och utförs med centraliserat tilluftssystem.
<u>Brandvattenförsörjning</u> Från samrådshandlingen står det att kapaciteten finns i ledningsnäten och att räddningstjänstens krav är uppfyllda. Kretslopp och vatten föreslår också att ny brandpost uppförs. Maximalt 150 meter mellan brandposterna är önskvärt samt att man i detta fall tar hänsyn till risken för lång insats och att det skulle kunna gå åt mycket vatten. Därmed bör brandpost med högre flöde installeras. Önskvärt är 40 liter/sek motsvarande hög brandbelastning.	Underlag för bedömning av kapaciteten i brandpostnätet saknas i nuläget. Beställaren (Västfastigheter) håller på att utreda frågan.

1.7 INTERNKONTROLL

Rapporten är utförd av Olov Holmstedt Jönsson (Civilingenjör Riskhantering) med Karin Magnusson (Senior uppdragsledare) 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 Gustav Nilsson (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering) och Katarina Herrström (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering).

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 VÄDERMOTET

Vädermotet ligger på södra Hisingen drygt 6 km väster om Göteborgs centralstation och stadskärna. Aktuellt planområde ligger inom fastigheten Biskopsgården 830:822. I Figur 2 syns planområdet placering i förhållande till befintligheter i omgivningen. I östlig och sydlig riktning avgränsas planområdet av Halvorsäng samt en påfart till Hisingaleden. I östlig riktning avgränsas planområdet av Biskopsgårdens Södra industriområde och i nordlig riktning av utsiktsplatsen Väderutsikten. Drygt 250 meter söder om planområdet ligger St1:s raffinaderi som är en Sevesoverksamhet enligt den högre kravnivån. För en vidare beskrivning av transportlederna och Sevesoverksamheten se avsnitt 2.3 respektive avsnitt 2.4.



Figur 2. Planområdet placering i förhållande till befintligheter i omgivningen.

2.2 PLANOMRÅDET

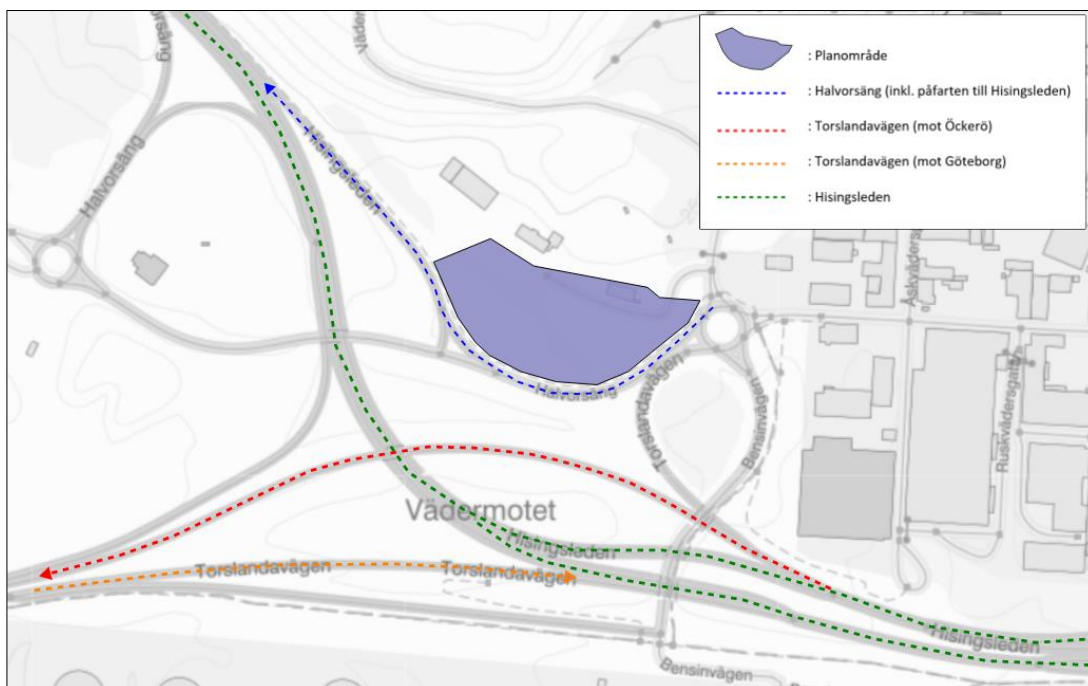
I Figur 3 syns planområdets tilltänkta utformning vars totala yta uppgår till drygt 4 hektar [2]. Utöver uppställningsytor för 90 elbussar planeras för en större byggnad på 5 100 m². Denna byggnad ska inrymma personal- och administrationsytor inkl. trafikledning samt sex verkstadshallar och två tvätthallar.



Figur 3. Illustrationsplan för planområdet [2]

2.3 INFRASTRUKTUR

I detta avsnitt beskrivs de transportleder för farligt gods som behandlas i riskbedömningen. Syftet är att tydliggöra de förutsättningar och ingångsvärden som riskuppskattningen för respektive transportled baseras på. I Figur 4 redovisas planområdet placering i förhållande till transportlederna.



Figur 4. Transportleder för farligt gods som kommer att beaktas i aktuell riskbedömning.

2.3.1 Hisingsleden

Hisingsleden är en del av riksväg E6.20 och bildar tillsammans med övriga delsträckor av riksvägen en halv ringled runt Göteborg. På den aktuella vägsträckan strax söder om planområdet har vägen två körfält i respektive riktning och hastighetsbegränsningen är satt till 70 km/h. Körfälten i respektive riktning separeras av en betongbarriär och vägen är försedd med sidoräcken. Hisingsleden är utpekad som en primär transportled för farligt gods och trafikeras bland annat av drivmedelstransporterna från Oljehamnen. Avståndet mellan vägkant och planområdesgränsen varierar längs sträckan men överstiger generellt 100 meter. Notera att påfartsrampen till Hisingsleden strax öster om planområdet, dvs. blå linje i Figur 4, hanteras i en separat beräkning.

I Tabell 2 redovisas uppmätt trafikflöde på aktuell delsträcka av Hisingsleden år 2017 samt den prognostiserade trafikeringen för horisontår 2040 [6] [7]. Mätningen från år 2017 indikerar att trafiken är jämnt fördelad över respektive körriktning. För att resultatet av riskbedömning ska bli robust används de prognostiserade trafikflödena på vägen för horisontår 2040 som ingångsvärde till kommande riskuppskattningar.

Tabell 2. Uppmätt trafikflöde på Hisingsleden i nuläget samt prognostiserade trafikflöden för horisontår 2040 [6] [7].

Hisingsleden	År 2017	Horisontår 2040
ÅDT Total	14 000	18 190
ÅDT Personbilar	12 700	16 260
ÅDT Lastbilar	1 300	1930
Andel tung trafik	9,3 %	10,6 %

2.3.2 Torslandavägen

Torslandavägen (Länsväg 155) sträcker sig mellan Göteborg och Öckerö. I höjd med Vädermotet och aktuellt planområdet ansluter Torslandavägen till Hisingsleden. Notera att det är enbart trafiken mot Öckerö, röd linje i Figur 4, som kommer att passera inom 150 meter från aktuellt planområde. Avståndet mellan planområdet och trafiken på Torslandavägen som kör i riktning mot Göteborg, orange linje i Figur 4, uppgår till minst 170 meter. Vidare ligger Hisingsleden högre än Torslandavägen och fungerar därmed som en form av skyddsbarriär mellan planområdet och den östergående trafiken på Torslandavägen. Med hänsyn till föregående faktorer kommer enbart riskpåverkan på planområdet och omnejd från den västergående trafiken på Torslandavägen, dvs. i riktning mot Öckerö, att beaktas.

Torslandavägen har tre körfält i respektive riktning och hastighetsbegränsningen på vägen uppgår till 70 km/h. Vägen är precis som Hisingsleden utpekad som en rekommenderad transportled för farligt gods och får nyttjas för genomfartstrafik. I Tabell 3 redovisas uppmätt trafikflöde på aktuell delsträcka av Torslandavägen, dvs. röd linje i Figur 4, år 2021 samt den prognostiserade trafikeringen för horisontår 2040 [8] [7]. Prognostiserade trafikflöden på vägen horisontår 2040 kommer att användas som ingångsvärde till kommande riskuppskattningar.

Tabell 3. Uppmätt trafikflöde på Torslandavägen i nuläget samt prognostiserade trafikflöden för horisontår 2040 [8] [7].

Torslandavägen	År 2021	Horisontår 2040
ÅDT Total	12 000	15 100
ÅDT Personbilar	10 200	12 600
ÅDT Lastbilar	1 800	2 500
Andel tung trafik	15,0 %	16,7 %

2.3.3 Halvorsäng

Halvorsäng är en tvåfältsväg som avgränsar planområdet i sydlig riktning. Höjdmässigt ligger vägen generellt lägre än planområdet och hastighetsbegränsningen uppgår till 50 km/h. Halvorsäng (inkl. påfartsrampen till Hisingleden) är utpekad som en primär transportled för farligt gods och eventuella farligt gods-transporter till och från Biskopsgårdens södra industriområde kan förväntas trafikera vägen. Vidare finns det en drivmedelsstation (Circle K Vädermotet) längs vägen som hanterar flytande drivmedel (bensin/diesel) men ingen fordonsgas.

I Tabell 4 redovisas uppmätt trafikflöde på aktuell delsträcka av Halvorsäng, dvs. blå linje i Figur 4, år 2017 samt den prognostiserade trafikeringen för horisontår 2040 [9] [7]. Prognostiserade trafikflöden på vägen horisontår 2040 kommer att användas som ingångsvärde till kommande riskuppskattningar.

Tabell 4. Uppmätt trafikflöde på Halvorsäng i nuläget samt prognostiserade trafikflöden för horisontår 2040 [9] [7]-

Halvorsäng	År 2017	Horisontår 2040
ÅDT Total	3 500	4 530
ÅDT Personbilar	3 250	4 160
ÅDT Lastbilar	250	370
Andel tung trafik	7,1 %	8,2 %

2.4 SEVESOVERKSAMHET

St1:s raffinaderi på Hisingen är beläget drygt 250 söder om planområdet inom fastigheten Bräcke 42:1. Raffinaderiet har en produktionskapacitet på cirka 4,8 miljoner kubikmeter och råvaran utgörs företrädesvis av råolja från Nordsjön. Ur råoljan utvinns flytande bränslen i form av diesel (50 %), bensin (25 %) och flygfotogen, vidare utvinns även en mindre andel gasformiga bränslen i form av butan och propan [10]. Till följd av hanteringen av brandfarliga produkter omfattas verksamheten av Sevesolagstiftningen enligt den högre kravnivån. Produkterna mellanlagras tillfälligt inom verksamhetsområde i ett flertal cisterner innan de distribueras vidare. Produkterna pumpas i huvudsak via rörledningarna ner till bränsledepån i Skarvikshamnen för vidare distribution via tankbil eller fartyg [11]. Tankbilstransporterna från depån trafikerar därefter Oljevägen, se Figur 5. En del utlastning av gasformiga bränslen sker dock direkt från raffinaderiområdet via järnvägsspåren som löper parallellt med Oljevägen i den södra delen av verksamhetsområdet.



Figur 5. Raffinaderiets, Skarvikshamnens samt Oljevägens placering i förhållande till planområdet.

2.5 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Antalet personer som har sin arbetsplats på bussdepån kan, beroende på möjligt antal bussar, förväntas uppgå till cirka 300 personer [12]. Av dessa 300 utgör drygt 270 chaufförer (3 chaufförer per buss) och resterande utgör av kontors- och verkstadspersonal. Busschaufförerna antas i genomsnitt under dagtid spendera 2 timmar på depån och är övrig tid ute i trafiken. Övrig personal (30 personer) antas under dagtid alltid befinna sig inom depån och planområdet. I riskbedömning antas 12 timmar av dygnet utgöra "dagtid" och 12 timmar "natttid". Baserat på föregående antaganden, sammantaget med att planområdets totala yta uppgår till drygt 4 hektar, uppskattas persontätheten inom planområdet under dagtid uppgå till 1 875 per km². Under natttid antas persontätheten inom planområdet vara en 1/10 av den för dagtid. Den uppskattade persontätheten inom planområdet blir något lägre än den genomsnittliga för Göteborg (tätorten) vilken år 2020 uppgick till drygt 2 500 per km² [13].

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 riskkällor som är förknippade med transportlederna, Sevesoverksamheten samt uppställningen av elbussar inom planområdet. Nedan listas de riskkällor som har identifierats. De identifierande riskkällorna beskrivs sedan mer detaljerade i kommande avsnitt.

De risker kopplade till vägtransporter på Hisingsleden, Torslandavägen och Halvorsäng som bedöms kunna påverka omgivningen negativt är:

- Olycka vid transport av farligt gods på väg.

De risker kopplade till St1:s raffinaderi som bedöms kunna påverka omgivningen negativt är:

- Brand i cistern,
- brännbart gasmoln (vid överfyllning av tank),
- brand vid utlastning av LPG till järnväg och fartyg,
- haveri av svavelanläggning.

De risker kopplade till uppställning av elbussar inom planområdet som bedöms kunna påverka omgivningen negativt är:

- Brand i elfordon som medför termisk rusning av batteriet.

3.2 VÄGTRANSPORTER 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 de inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [14] [15] som har tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg respektive väg delas in i nio olika klasser enligt det så kallade ADR-/RID-systemet, som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods (se avsnitt B.2) bedöms följande farligt gods-klasser vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

3.2.1 Hisingsleden och Torslandavägen

År 2020 genomfördes omkring 375 500 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar. Den totala mängden farligt gods uppgick till cirka 10 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 73 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2016–2020 [16]. I Tabell 5 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika ADR-S-klasserna baserat på uppgifter från TRAFÄ för åren 2016–2020 för hela landet. Den nationella fördelningen antas vara representativ för de aktuella delsträckorna av Hisingsleden och Torslandavägen.

Tabell 5. Inbördes fördelning i körda kilometer för olika ADR-S-klasserna baserat på uppgifter från TRAFI mellan åren 2016–2020 för hela landet [16].

ADR-S-Klass	Andel
Explosiva ämnen och föremål – Klass 1	0,46%
Brandfarlig gas – Klass 2.1	7,11%
Giftig gas – Klass 2.3	0,05%
Brandfarliga vätskor – Klass 3	47,09%
Oxiderande ämnen och organiska peroxider – Klass 5	2,35%
Övriga klasser	20 %
Summa	100 %

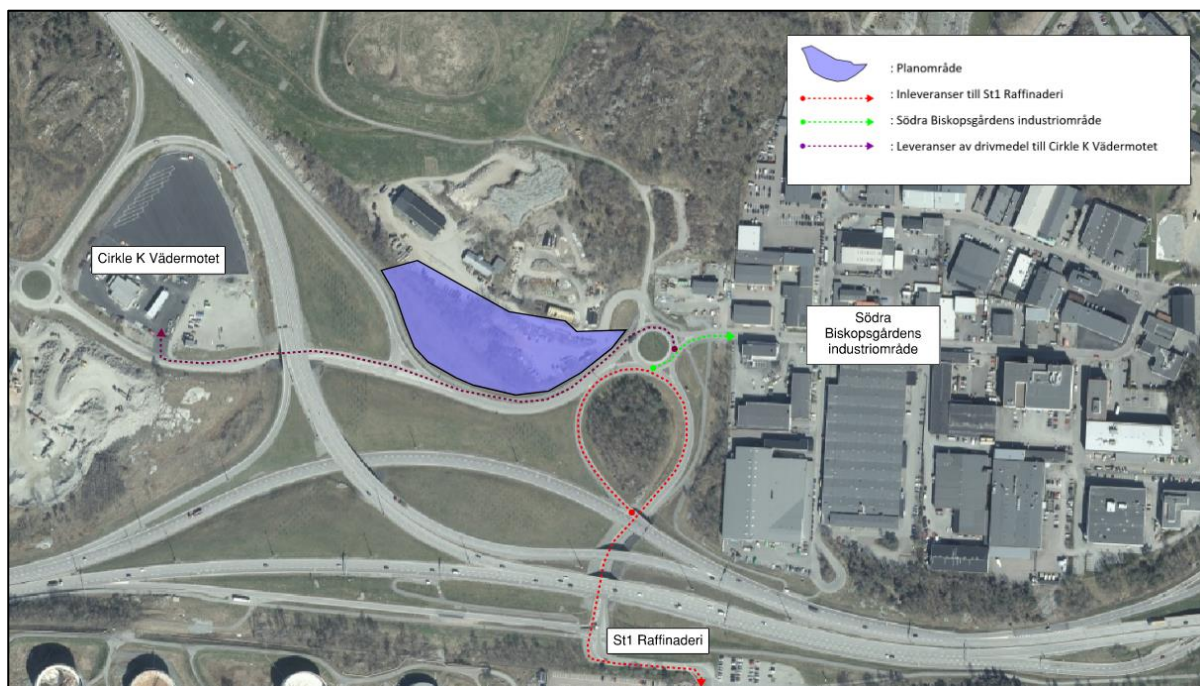
3.2.2 Halvorsäng

Följande potentiella målpunkter för farligt gods har identifierats i anslutning till vägen Halvorsäng:

- St1 Raffinaderi
- Södra Biskopsgårdens industriområde
- Circle K Vädermotet

I Figur 6 redovisas hur transporter till dessa målpunkter rör sig i förhållande till aktuellt planområde. Notera att inleveranser till St1 Raffinaderi använder Torslandavägen/Bensinvägen (röd streckad linje) och inte Halvorsäng för att nå verksamhetsområde. St1 får mellan 2–4 leveranser av ADR-klassat gods per vecka [17]. Majoriteten av dessa transporter utgörs av frätande ämnen i form av svavelsyra och lut men transporter av ammoniak, väteperoxid och svetsgas förekommer också med jämna mellanrum [17]. Öster om planområdet ligger Södra Biskopsgårdens industriområde. Ingen explicit inventering av eventuella målpunkter för farligt gods inom industriområdet har genomförts. Eventuella transporter av farligt gods till industriområdet kan dock förutsättas trafikera Torslandavägen och därefter grön streckad linje i Figur 6 för att nå området. Schablonmässigt antas verksamheter inom industriområdet medföra två tanktransporter av brandfarlig vätska per vecka och en tanktransport av brandfarlig gas per månad. Väster om planområde längs Halvorsäng ligger en drivmedelsstation (Circle K Vädermotet) för tankning av bensin och diesel men ingen fordonsgas. Stationen antas, baserat på erfarenheten från tidigare riskbedömningar, få i genomsnitt två drivmedelsleveranser per vecka.

Något förenklat men samtidigt konservativt antas samtliga omnämnda farligt gods-transporter i stycke ovan trafikera Halvorsäng inkl. påfarten till Hisingsleden, dvs. blå linje i Figur 4. I Tabell 6 redovisas antagen fördelning mellan transporterade ADR-klasser på den aktuella vägsträckan.



Figur 6. Potentiella målpunkter för farligt gods längs Halvorsäng

Tabell 6. Ansatt fördelning av förekommande farligt gods-klasser på Halvorsäng.

ADR-S-Klass	Andel
Explosiva ämnen och föremål – Klass 1	0,00%
Brandfarlig gas – Klass 2.1	5,31%
Giftig gas – Klass 2.3	0,88%
Brandfarliga vätskor – Klass 3	46,02%
Oxiderande ämnen och organiska peroxider – Klass 5	13,27%
Övriga klasser	34,51%
Summa	100 %

3.2.3 Sammanställning av olycksscenarier

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarier för transportlederna med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 7.

Tabell 7. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarier 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	

3.3 ST1 RAFFINADERI

De risker kopplade till St1:s raffinaderi som enligt verksamhetens egna riskutredningar bedöms kunna påverka omgivningen negativt är [5]:

- Brand i cistern,
- brännbart gasmoln (vid överfyllning av tank),
- brand vid utlastning av LPG till järnväg och fartyg,
- haveri av svavelanläggning.

Möjliga konsekvenser vid tankbrand utgörs av värmestrålning och sotande rök som kan påverka och medföra avspärrningar av omgivande vägar och järnvägsspår [5]. Avståndet mellan plangränsen och den cistern inom raffinaderiet som ligger närmst planområdet uppgår dock till drygt 300 meter. Till följd av det betydande skyddsavståndet bedöms risken för allvarliga personskador inom planområdet till följd av strålningspåverkan vid scenariot tankbrand vara försumbar. Om vindriktning ligger mot planområdet vid olyckstillfället kan dock brandröken medföra att personalen på bussdepån behöver inrymma.

Brännbara gasmoln kan uppstå och spridas mot omgivningen vid händelse av överfyllning av tank. Alla tankar med brandfarliga ämnen inom verksamhetsområdet är dock försedda med dubbla överfyllnadslarm varvid sannolikheten för att scenariot ska uppstå är mycket liten [5]. Vidare är skadeområdet med avseende på livshotande brännskador vid gasmolnsbränder företrädesvis beroende av molnets storlek och sammansättning när antändningen inträffar. En förutsättning för att scenariot ska medföra en allvarlig påverkan på planområdet är således fördröjd antändning. Detta bedöms i sin tur vara osannolikt med hänsyn till förekomsten av tändkällor inom själva raffinaderiet samt transportlederna mellan planområdet och anläggningen.

Brand vid utlastning av LPG¹ till järnväg och fartyg kan ge upphov till pölbrand och/eller brännbara gasmoln. Avståndet mellan utlastningsplatsen till järnväg och planområdet uppgår till drygt 850 meter. Avståndet mellan Skarvikshamnen där utlastning av LPG till fartyg sker och planområdet uppgår till cirka 1,7 km. Med hänsyn till det betydande skyddsavståndet i kombination med att sannolikheten för fördröjd antändning är låg bedöms scenarierna inte medföra någon betydande riskpåverkan på planområdet.

Ett haveri av svavelanläggningen kan medföra att svavelväte sprids utanför anläggningsområdet. Svavelväte är både en giftig och brandfarlig gas samt har en väldigt skarp odör. St1 bedömer att en möjlig konsekvens vid scenariot är att Oljevägen behöver spärras av och att Skarvikshamnen behöver utrymmas. WSP bedömer, precis som för övriga scenarier som medför uppkomst av brännbara gasmoln, att sannolikheten för fördröjd antändning och därigenom en potentiell livshotande påverkan på planområdet är låg. Avståndet mellan raffinaderiets huvudprocess (där svavelväte uppstår som en biprodukt i processen) och planområdet uppgår till cirka 500 meter.

3.4 UPPSTÄLLNING AV ELBUSSAR

Den huvudsakliga risken kopplade till uppställningen av elbussar inom planområdet bedöms vara brand. Bränder eller andra typer av olyckor som medför termisk rusning av fordonens batterier bedöms vara särskilt allvarliga då dessa kan medföra spridning av vätefluorid och andra toxiska ämnen mot omgivningen via brandgaserna. En termisk rusning kan uppstå till följd av exempelvis extern värmepåverkan (brand), mekanisk påverkan (trafikolycka) eller vid kortslutning av batteriet.

¹ Liquefied petroleum gas

Den kemiska reaktionen i batteriet ur vilken elektriciteten utvinns skapar även spillvärme vilken under normala förhållanden leds bort. Om batteriet hettas upp och når temperaturer på mellan 150–250 grader (beroende vilken kemi batteriet är uppbyggt av) blir den kemiska reaktionen instabil och mängden spillvärme som avges per tidsenhet ökar markant. I detta tillstånd hinner inte spillvärmens avledas tillräckligt snabbt vilket medför en ytterligare temperaturhöjning i batteriet och den kemiska reaktionen riskerar att bli självaccelererande.

Vid något lägre temperaturer, 80–150 grader beroende på kemin, kan även en så kallad gasning/ventilering uppstå vilket är en form av säkerhetsmekanism. Ventileringen innebär dock att brännbara gaser avges och om dessa antänds utsätts batteriet och dess omgivning för ytterligare temperaturökning. För att bromsa den termiska rusningen behöver battericellerna kylas ner till dess att deras inre temperatur understiger 150 grader. Vidare behöver kylningen pågå under en längre tid för att förhindra återantändning. Erfarenheter från tidigare inträffade olyckor visar återantändning kan inträffa flera dygn efter det att kylningen och räddningsinsatsen har avslutats. Kylbehovet innebär även att bränder i elfordon ger upphov till betydligt större mängder kontaminerat släckvatten jämfört med bränder i konventionella fordon.

I samband med den termiska rusningen av batteriet kan ett antal olika toxiska och irriterande gaser, exempelvis väteklorid (HCl, vätecyanid (HCN) samt vätefluorid (HF), frigöras och spridas mot omgivningen via brandgasplymen. Detta är dock inte unikt för elfordon och dessa gaser kan även bildas vid bränder i konventionella fordon. Exempelvis innehåller vissa plaster samt kylmedel fluorerande ämnen vilka kan sönderfalla till vätefluorid om de utsätts för brandpåverkan. Genomförda försök indikerar dock att mängden vätefluorid som frigörs vid brand i elfordon (Litium-Jon) är 2–3 gånger högre än den som frigörs vid bränder i konventionella fordon. Vätefluorid kan absorberas via huden eller inandning. Väl inne i kroppen kan ämnet orsaka en allvarlig rubbning av saltbalansen och därigenom störa nervfunktioner. [18]

Sedan år 2010 har det inträffat minst 27 brandhändelser som medfört termisk rusning av batterier i elbussar i världen [19]. Siffran bör ställas i proportion till den totala fordonsflottan av elbussar vilken i januari 2024 uppgick till över 250 000 fordon och förväntas öka till ~670 000 fordon år 2027. Av de 27 inträffade händelserna har 19 skett i samband med laddning och/eller service inom depåer. Notera dock att orsaken till bränderna i dessa fall inte nödvändigtvis har varit termisk rusning av batteriet, dvs. statistiken inkluderar även händelser där termisk rusning inträffat till följd av extern brandpåverkan [19]. Nedan exemplifieras några av de händelser som ingår i statistiken:

Tyskland, Düsseldorf (2021): En brand inom en depå medförde att 40 bussar (både el och diesel) förstörs. Orsaken till branden är okänd men den tros ha startat i en av dieselbussarna.

Tyskland, Hanover (2021): Sju bussar, varav 5 elbussar, totalförstördes vid en brand inom en bussdepå. Oklart om elbussarna laddades vid tidpunkten för branden.

Tyskland, Stuttgart (2021): 25 elbussar (Mercedes eCitaro) inom en depå förstördes i en brand. Utlösande händelse var ett tekniskt fel i samband med laddning.

För vissa av de inträffade händelserna finns både bild- och videodokumentation av olycksförloppen. En filmsekvens [20] från en olycka i Paris som inträffade år 2022 där batterierna på en elbuss i trafik genomgår termisk rusning exemplifierar hur snabbt och omfattande brandförloppet kan bli när reaktionen når sitt självaccelererande stadiet.

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med transporterna av farligt gods. Vidare genomförs en kvalitativ värdering eventuell riskpåverkan på planområdet från raffinaderiet samt risker kopplade till uppställningen av elbussar inom planområdet.

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 [21]. 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.

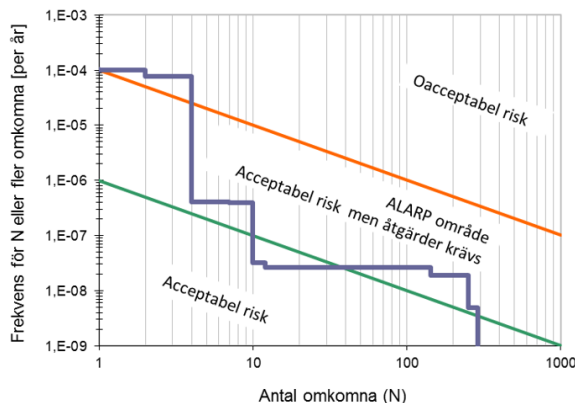
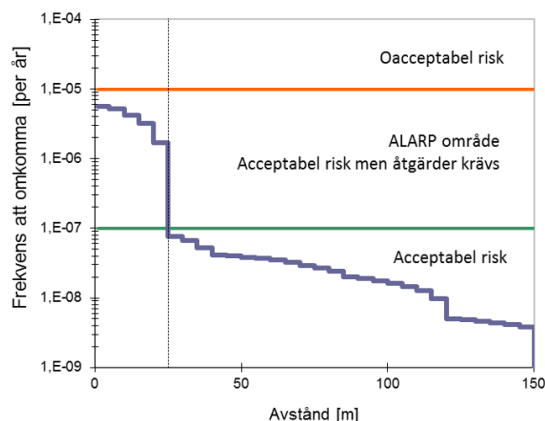
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande 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 8 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 7.

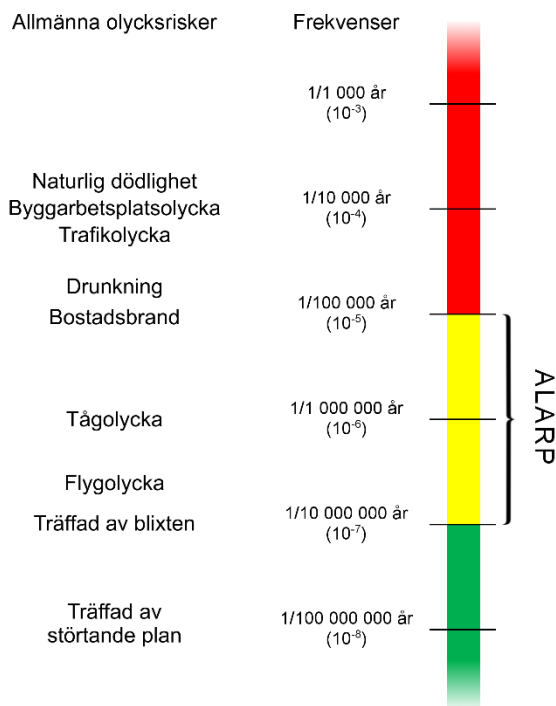
Tabell 8. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

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 7. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [21].

Som jämförelse illustreras i Figur 8 ett antal olycksrisker i samhället



Figur 8. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [22].

Individrisk – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas i 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 7) 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 personstätheten 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 7) 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 risknivå i ett område så att risknivå 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.

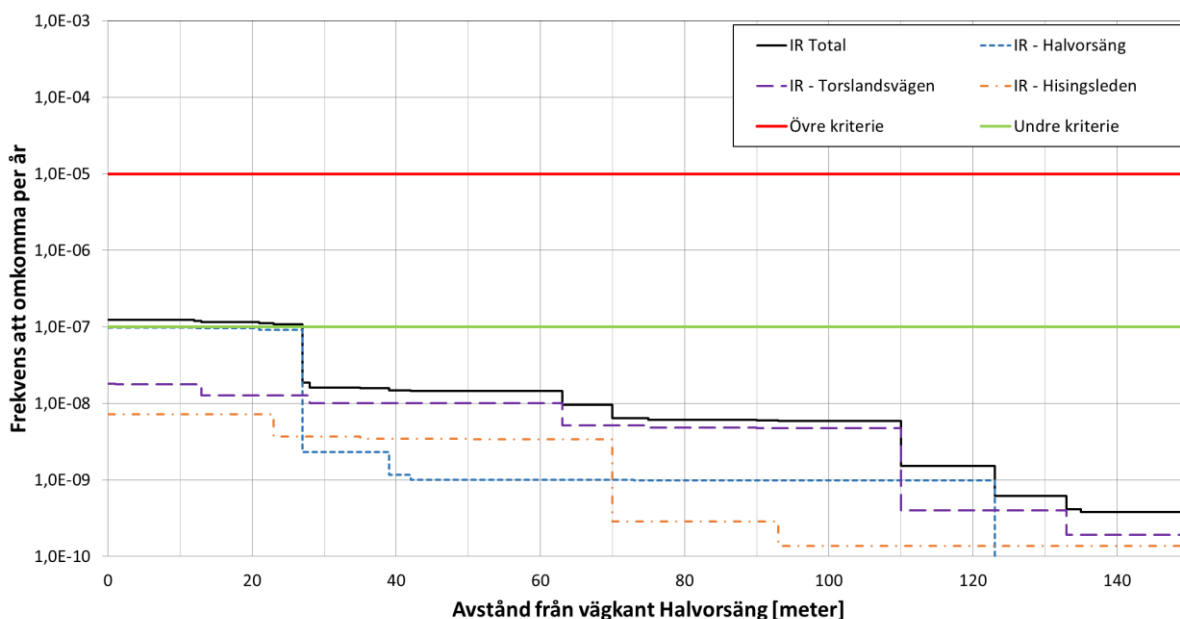
För uppskattning av risknivå har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [23] beräknas

frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga C.

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

4.1 INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ TRANSPORTLEDER

I Figur 9 redovisas den sammanlagda individrisknivån för områden norr Halvorsäng med avseende på kumulativ riskpåverkan från farligt gods-transporterna på Halvorsäng, Torslandavägen samt Hisingsleden. Notera att referenspunkten för individrisknivån i Figur 9 i samtliga fall utgår från vägkant Halvorsäng vilken är den av de beaktade transportlederna som ligger närmst planområdet. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Beräkningen indikerar att individrisknivån ligger mycket lågt inom ALARP-området upp till 27 meter från vägkanten och blir därefter acceptabel. Planerade bebyggelsen inom planområdet med stadigvarande vistelse (trafikledning, personalutrymmen och verkstad) är därmed förlagd inom områden med acceptabel individrisknivå.



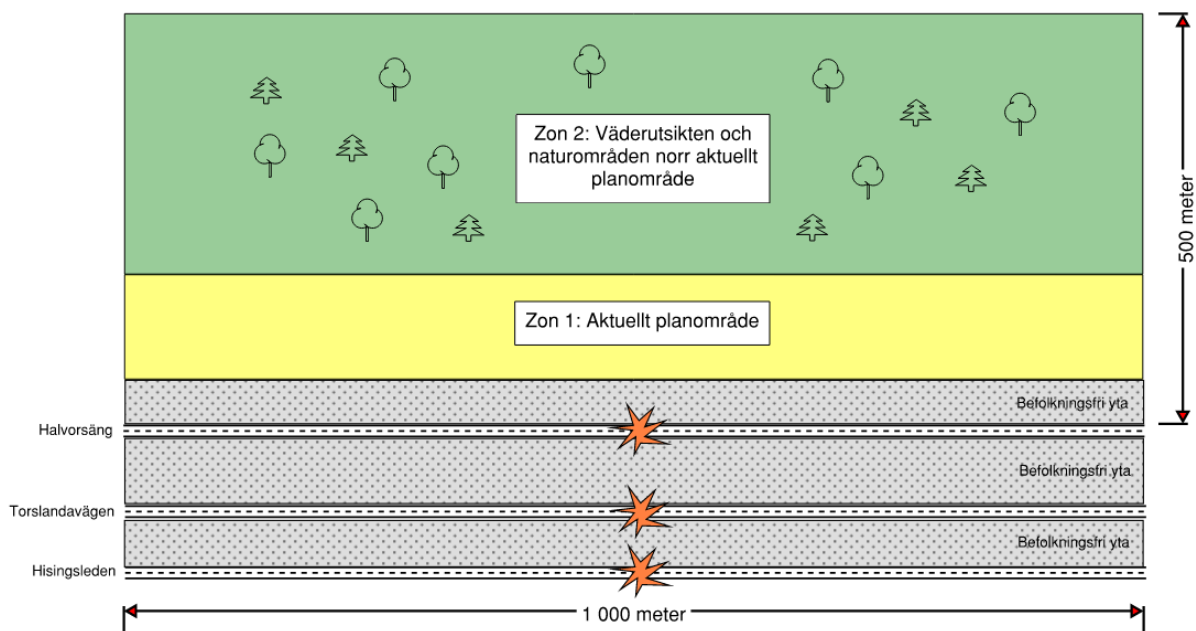
Figur 9. Sammanlagd individrisknivå för områden norr om vägkant Halvorsäng med avseende på riskpåverkan från samtliga transportleder för farligt gods inom 150 meter från planområdet.

4.2 SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ TRANSPORTLEDER

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 10 redovisas den modell som har använts vid uppskattningen av samhällsrisk för planområdet med omnejd. I Tabell 9 redovisas persontätheten inom respektive zon i beräkningsmodellen.

Tabell 9. Ansatt persontäthet inom respektive zon i beräkningsmodellen. Med skyddsavstånd "transportled" avses kortaste avståndet mellan respektive väggkant och planerad bebyggelse inom planområdet.

Zonindelning	Djup	Persontäthet dagtid [inv. per km ²]	Persontäthet nattetid [inv. per km ²]
Skyddsavstånd Hisingsleden	150 meter	N/A	N/A
Skyddsavstånd Torslanda	110 meter	N/A	N/A
Skyddsavstånd Halvorsäng	50 meter	N/A	N/A
Zon 1 (planområde)	100 meter	1 875	188
Zon 2 (naturområden norr om aktuellt planområde)	350 meter	100	N/A



Figur 10. Modell för beräkning av samhällsrisknivå

Den betraktade delsträckan av respektive transportled i riskbedömningen är 1 km lång i enlighet med rekommendationerna i *Värdering av Risk* [21]. Planområdet bredd uppgår dock enbart till drygt 200 meter i det aktuella fallet. Detta innebär att en farligt gods-olycka längs de betraktade vägsträckorna inte nödvändigtvis behöver medföra en påverkan det aktuella planområdet. För att underlätta riskuppskattningen har planområdet därav skalats upp och antas i beräkningsmodellen vara 1 km brett. Detta förenklar beräkningarna samtidigt som en representativ värdering av risken fortfarande erhålls då DNV:s kriterier utgår ifrån riskneutralitet. Begreppet riskneutralitet innebär att olycksrisker anses vara likvärdiga om de har samma förväntade konsekvens över tid. 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 10.

Vid beräkningarna av samhällsriskén antas inomhusvistelse vid vissa olycksscenarioer medföra en signifikant lägre risk att omkomma. De ansatta skyddsgraderna som redovisas i Tabell 11 bygger på tidigare riskbedömningar inom samhällsplanering [24] och internationella vägledningar så som CPR 18E [25]. I Bilaga E redovisas mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

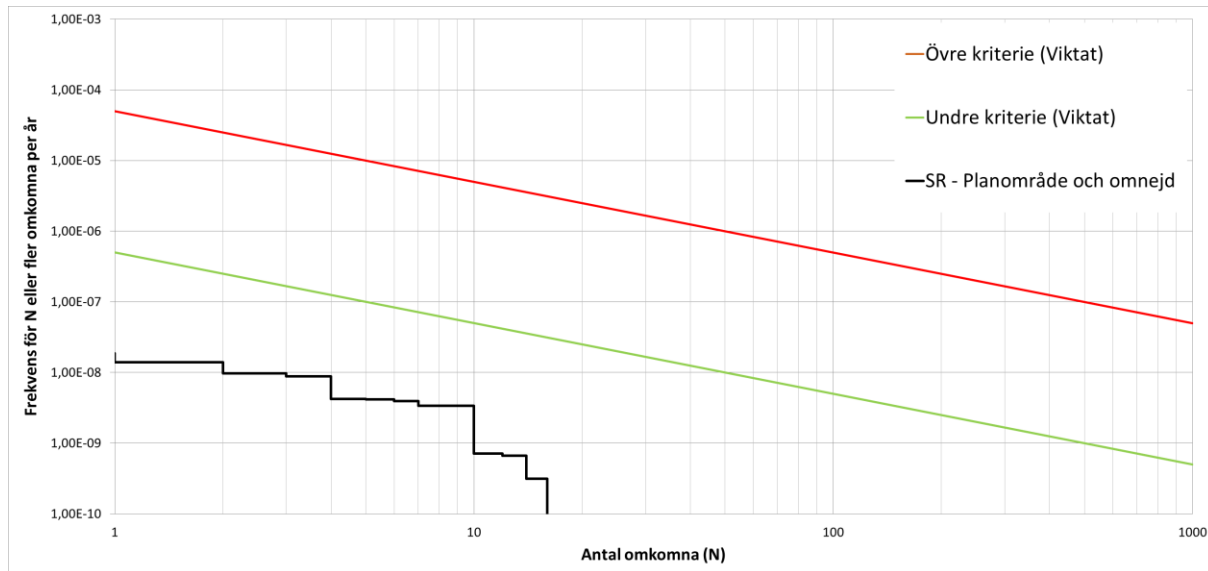
Tabell 10. Andel personer som befinner sig inomhus respektive utomhus vid olika tidpunkter på dygnet enligt riktvärden från RIKTSAM [26].

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

Tabell 11. Ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse när samhällsriskén för planområdet med omnejd beräknas. En skyddsgrad på exempelvis 60 % innebär att individerna som befinner sig inomhus inom konsekvensområdet antas ha en 60 % lägre 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	0 %	N/A*
Mindre explosionslaster	0 %	N/A*
Utsläpp av brandfarliga gaser (jetflammar, gasmoln)	50 %	N/A*
Utsläpp av brandfarliga gaser (BLEVE)	50 %	N/A*
Utsläpp av giftiga gaser	50 %	N/A*
Utsläpp av brandfarliga vätskor	90 %	N/A*

* Ej relevant då Zon 2 i beräkningsmodellen utgörs av naturområden varvid ingen inomhusvistelse sker inom denna zon.



Figur 11. Uppskattad samhällsrisknivå för planområdet och omnejd med avseende riskpåverkan från närliggande (inom 150 meter) transportleder för farligt gods.

I Figur 11 redovisas uppskattad samhällsrisknivå för planområdet och omnejd med avseende på riskpåverkan från de närliggande transportlederna för farligt gods. Beräkningarna indikerar att samhällsrisknivån för planområdet ligger helt inom acceptabla nivåer givet ett bebyggelsefritt avstånd på 30 meter gentemot vägkant Halvorsäng.

4.3 RISKPÅVERKAN FRÅN ST1 RAFFINADERI

Utifrån de rådande förutsättningarna och de tidigare beskrivningarna i avsnitt 3.3 bedömer WSP att raffinaderiets riskpåverkan på planområdet är tolerabel. Den tilltänka markanvändningen inom planområdet bedöms därmed vara acceptabel ur en risksynpunkt. Den troliga konsekvensen vid händelse av en allvarlig olycka inom raffinaderiet är att människor inom planområdet behöver inrymma för att inte exponeras för brandröken.

4.4 RISKPÅVERKAN FRÅN BRAND I UPPSTÄLLDA ELBUSSAR

Studier visar att riskerna som brandmän i full rökdykarutrustning utsätts för i samband med släckinsatser där gasformig vätefluorid kan förekomma sannolikt är mycket låga. Andningsutrustning i kombination med larmställ bedöms ge ett gott skydd gentemot de toxiska effekterna [27]. För oskyddade individer rekommenderas, baserat på testdata från fullskaliga försök, ett skyddsavstånd på cirka 100 meter vid bränder i personbilar med elmotorer [18]. Batterikapaciteten för elbussar är dock cirka 2,5 gånger större än den hos de personbilar som har använts vid försöken. Vid brand i en elbuss kan därmed massflödet av frigjord vätefluorid förväntas vara relativt högre. Emellertid medför bränder i bussar även en betydligt större effektutveckling vilken borde öka lyftkraften i brandgasplymen varvid koncentrationen av toxiska brandgaser i marknivån minskar. Det är därmed inte säkert att riskavståndet behöver vara markant större vid brand i elbuss kontra brand i personbil (med elmotor). Det går dock inte att fastställa detta med säkerhet utan tillgång till relevant försöksdata [18].

Riskerna kopplade till bränder i elfordon är sannolikt mest påtagliga i instängda utrymmen så som tunnlar och parkeringsgarage. Att uppställningen av fordonen i detta fall sker utomhus kan därmed anses utgöra en förmildrande omständighet. Vid händelse av en brand i en uppställd elbuss inom depån bör personalen inrymma och stoppa ventilationen.

WSP delar räddningstjänsten bedömning att uppställning och laddning av drygt 90 elbussar inom planområdet innebär risk för brandspridning till angränsande fordon i händelse av termisk rusning. Det är samtidigt relevant att poängtera att förutsättning för liknande brandförlopp generellt föreligger inom bussdepåer. Exempelvis bör den planerade bussdepån i stadsdelen Järnbrott (Göteborg) kunna ge upphov till motsvarande olycksförlopp. Detaljplanen som möjliggör bussdepån i Järnbrott vann laga kraft 2022 och innehåller inga bestämmelser som explicit hanterar risken för brandspridning mellan uppställda fordon [28]. Vad gäller förekomsten av skyddsvärda objekt i omgivningen bedöms förutsättningarna för den aktuella planen vara bättre än de för bussdepån i Järnbrott. Omgivningen omkring aktuell depå utgörs i huvudsak av trafikinfrastruktur och industri, i kontrast till Järnbrott där bostadsbebyggelse förekommer i depåns närområde. I båda fallen skulle en omfattande brand inom verksamheten kunna ge upphov till trafikpåverkan och tillfällig avstängning av viktig infrastruktur (Hisingsleden i fallet med Vädermotet och E6/Västerleden i fallet Järnbrott).

Av ovanstående följer att markanvändningen bussdepå inom aktuellt planområde inte bör kunna anses vara mindre lämplig än den för liknande anläggningar vars detaljplaner har vunnit laga kraft i närtid. Tvärtom kan förutsättningarna i omgivningen, sett till vilka risker den planerade markanvändningen kan tänkas medföra, anses vara mer fördelaktiga. Den troliga konsekvensen för omgivningen, även i händelse av snabb och omfattande brandspridning inom depån, bedöms vara tillfällig nedstängning av närliggande infrastruktur samt inrymning av områden som kan påverkas av brandgaser. Det finns dock inte några vedertagna kriterier för värdering denna typ av riskpåverkan. Riskmåten individrisk och samhällsrisk är exempelvis inte tillämplbara eftersom konsekvensen av scenariot kan förväntas vara påverkan på viktig infrastruktur snarare än dödsfall.

Möjlighet till tillfällig magasinering av släckvatten inom planområdet tillses genom att makadamdiken och dagvattendammen utförs med tät botten. Vidare förses anslutningspunkten till kommunens dagvattennät med en avstängningsventil för att förhindra att eventuellt släckvatten sprids utanför verksamhetsområdet [29].

Vad gäller förutsättningarna att via en planbestämmelse hantera risken för snabb brandspridning mellan uppställda bussar bedöms denna vara ytterst begränsad (om ens möjlig). Uppställningen i sig är inte bygglovspliktig och det föreligger en klar godtycklighet kring vilken nivå av skydd som är acceptabelt då det inte är en fråga om byggnadsverk.

Den framtida verksamhetsutövaren har ett egenintresse i att reducera risken för omfattande skada i händelse av termisk rusning. Verksamheten (kollektivtrafik) kan anses samhällsviktig och därigenom särskilt skyddsvärd, vilket kan motivera kompletterade skyddsåtgärder. Vidare är det tänkbart att försäkringsgivare kan komma att ställa krav på åtgärder/beredskap för att reducera risken för omfattande skada (brandspridning mellan flera bussar). Därutöver är ägare eller nyttjanderättshavare skyldiga enligt 2 § kap. 2 i LSO (2003:778) att *vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand*. Dvs. räddningstjänstens möjlighet att påverka och kravställa kvarstår även efter det att detaljplanen har vunnit laga kraft.

Värderingen av planförslagets lämplighet ur ett riskhänseende sker utifrån bestämmelserna i Plan- och Bygglagen. WSP:s bedömning, utifrån omgivningens påverkan på planområdet, och vice versa, är att se att tilltänkt markanvändning är möjlig ur riskhänseende.

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 [30], 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 [30]. De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan.

5.1 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER

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 att ett skyddsavstånd på minst 30 meter ska upprätthållas mellan bebyggelse inom planområdet som medför stadigvarande vistelse och vägkant Halvorsäng (inkl. påfarten till Hisingsleden). Komplementbyggnader och ytparkering kan dock tillåtas inom 30 meter från vägkant då dessa typer av markanvändning inte medför stadigvarande vistelse. Enligt nuvarande planförslag uppgår kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och vägkant Halvorsäng till 50 meter.

5.1.2 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 projektanpassad.

I det aktuella fallet kan bebyggelsen sett till planerad användning förväntas utföras med centraliserad tilluft. I detta fall är den eventuella merkostnaden till följd av krav på bortvända placering av tilluftintag troligtvis förhållandevis begränsad och kan därigenom anses skälig. Utifrån ett rent deterministiskt perspektiv (dvs. konsekvensbaserat) är skyddseffekten av åtgärden rimligtvis stor givet att en termisk rusning och brandspridning till flera elbussar inom uppställningsytorna har inträffat.

För byggnader inom planområdet som medför stadigvarande vistelse och utförs med centraliserad tilluft ska friskluftsintagen placeras bortvända från transportlederna och uppställningsytorna för elbussar (intaget i nordlig riktning). Vidare ska tilluften förses med avstängningsfunktion.

6 DISKUSSION

I detta kapitel beskrivs osäkerheter kopplade till den kvantitativa riskbedömningen. Vidare genomförs en känslighetsanalys för att studera hur risknivåerna för planområdet påverkas vid en ökad omfattning av farligt gods-transporter på de aktuella transportlederna förhållande till grundberäkningen i kapitel 4.

6.1 ALLMÄNT OM OSÄKERHETER

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bland annat 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,
- farligt gods-transporter förbi planområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

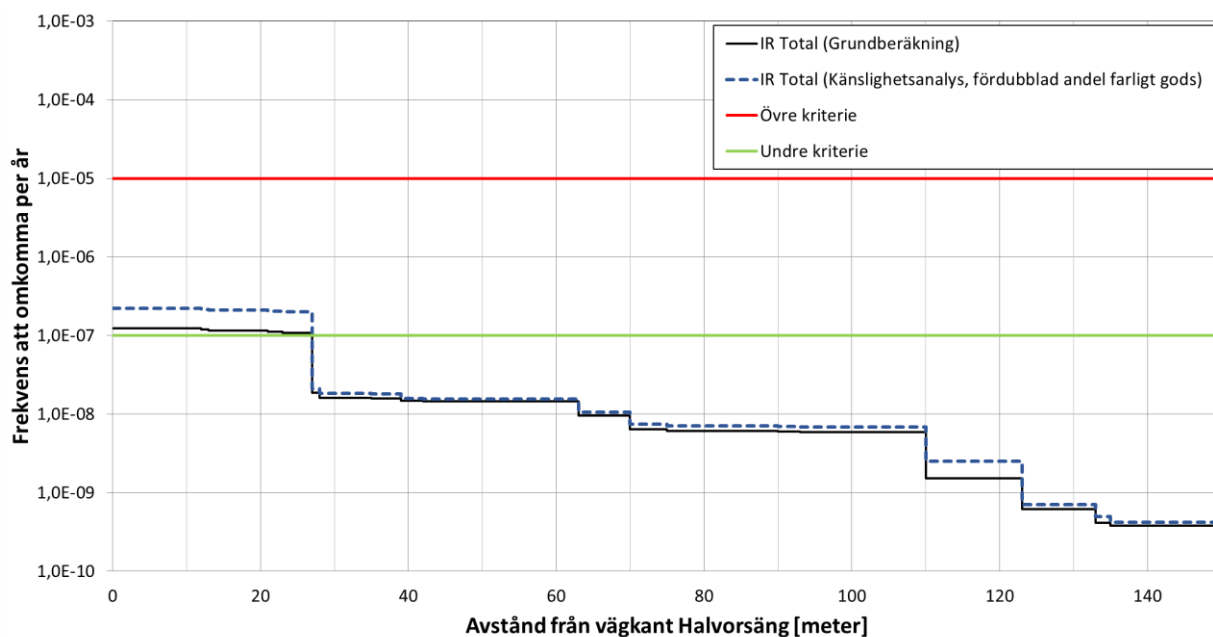
De antaganden som har gjorts har varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas.

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. [31]

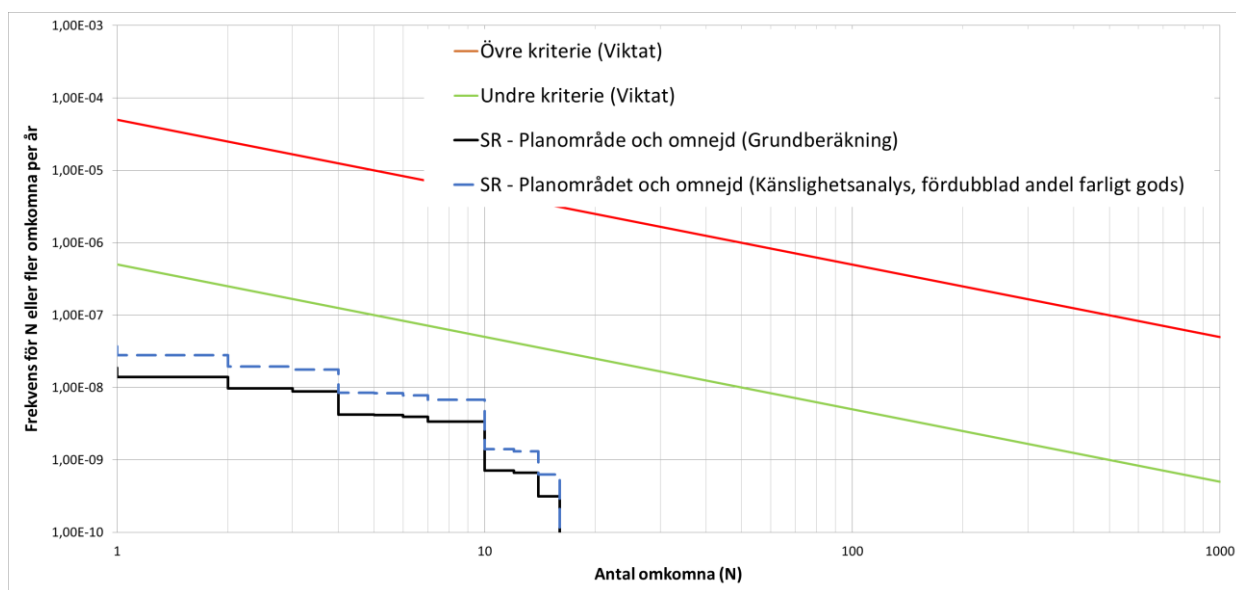
Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i 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. [31]

6.2 KÄNSLIGHETSANALYS – ÖKAD OMFATTNING AV FARLIGT GODS

I Figur 12 och Figur 13 syns hur individrisknivån respektive samhällsrisknivån påverkas om omfattningen av farlig gods-transporter på de aktuella transportlederna dubblas i förhållande till grundberäkningen. En ökad omfattning av farligt gods-transporter medför att individrisknivån för områden norr om vägkant Halvorsäng ökar något. Individrisknivån befinner sig dock, precis som grundberäkningen, inom acceptabla nivåer bortom 27 meter från vägkanten. Beräkningen i Figur 13 visar att samhällsrisknivån för planområdet och omnejd ligger väl inom acceptabla nivåer både i grundberäkningen och känslighetsanalysen. Sammantaget indikerar känslighetsanalysen att resultatet av riskbedömningen är robust även om omfattningen av farligt gods-transporter förbi planområdet är betydligt högre än vad som antas i grundberäkningen.



Figur 12. Förändringen av individrisknivå vid en dubblering av antalet farligt gods-transporter på de aktuella transportlederna.



Figur 13. Förändringen av samhällsrisknivå vid en dubblering av antalet farligt gods-transporter på de aktuella transportlederna.

7 SLUTSATSER

Baserat på genomförda beräkningar och litteraturstudier bedöms utformningen av planområdet vara acceptabel ur en risksynpunkt. WSP rekommenderar dock att följande åtgärd ska kravställas i planen för att säkerställa att skyddsnivån upprätthålls över tid:

- Ett skyddsavstånd på minst 30 meter ska upprätthållas mellan bebyggelse inom planområdet som medför stadigvarande vistelse och väggkant Halvorsäng (inkl. påfarten till Hisingsleden). Exempelvis komplementbyggnader och ytparkering kan tillåtas inom 30 meter från väggkant eftersom dessa typer av markanvändning inte medför stadigvarande vistelse. Enligt nuvarande planförslag uppgår kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse inom planområdet med stadigvarande vistelse och väggkant Halvorsäng till 50 meter.
- För byggnader inom planområdet som medför stadigvarande vistelse och utförs med centraliserad tilluft ska friskluftsintagen placeras bortvända från transportlederna och uppställningsytorna för elbussar (intaget i nordlig riktning). Vidare ska tilluften förses med avstängningsfunktion.

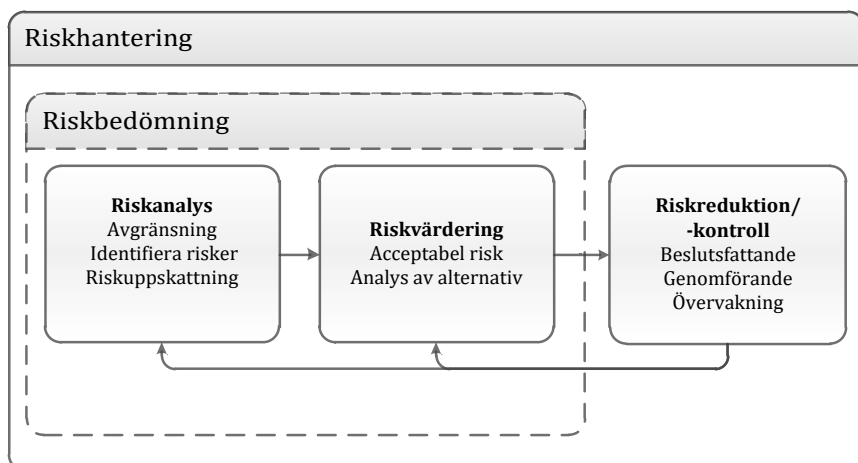
Bilaga A. Metod för riskhantering

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.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [32] [33], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 14.

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 14. 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.

Bilaga B. Statistiskt underlag

I denna bilaga redovisas det statistiska underlag för transporter av farligt gods som utgjort grund för genomförda bedömningar och beräkningar.

B.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [23] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [34] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarier med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten.

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 12. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2040.

$$Olyckor_{Total}(O) = \dot{A}DT_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK$$
$$Olyckor_{FG} = O \cdot \left[\left(SiO \cdot \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} \right) + (1 - SiO) \left(\frac{2 \cdot \dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} - \frac{\dot{A}DT_{FG}^2}{\dot{A}DT_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index$$

Tabell 12. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	Hisingsleden	Torslandavägen	Halvorsäng
$\dot{A}DT_{total}$	18 190	15 070	4 530
$\dot{A}DT_{FG}$	48	63	1,2
Hastighetsgräns	70 km/h	70 km/h	50 km/h
Olyckskvot (OK)	0,9	0,8	1,5
Andel Singelolyckor (SiO)	0,25	0,25	0,15
Index	0,11	0,11	0,02
Frekvens FG-olycka	$2,74 \cdot 10^{-2}$	$3,16 \cdot 10^{-2}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$

B.2. Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

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 [14] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på väg delas in i nio olika klasser enligt ADR-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. till exempel 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 13 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 13. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [14].	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 [35].
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 [34]. 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.

Tabell 14. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på riksgenomsnitt (Hisingsleden, Torslandavägen) samt inventering av lokala recipienter av farligt gods (Halvorsäng).

	Hisingsleden	Torslandavägen	Halvorsäng
ÅDT _{FG}	48	63	1,2
ADR-S klass 1	0,46%	0,46%	0,00%
ADR-S klass 2.1	7,11%	7,11%	5,31%
ADR-S klass 2.3	0,05%	0,05%	0,88%
ADR-S klass 3	47,09%	47,09%	46,02%
ADR-S klass 5	2,35%	2,35%	13,27%
ADR-S övriga	20 %	20 %	34,51%

Bilaga C. Frekvensberäkningar

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

C.1. ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

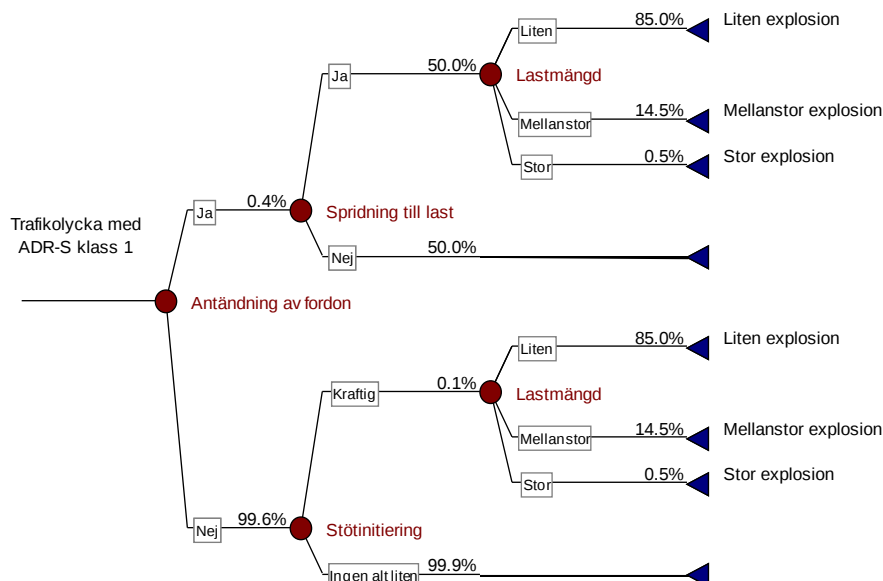
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [14]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

C.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [36] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande. Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor.

C.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 15 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 15. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.1.2.1. Antändning av fordon

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak kunna uppkomma om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand, till exempel överhettade bromsar eller elektriska fel.

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [37]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [38] [39].

C.1.2.2. Brandspridning till lasten

Sannolikheten för spridning till last och detonation beror på vilken typ av ADR-S klass som involveras, vilket ämne, brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera.

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [40], med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor. Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insatstiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan [41], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.1.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [42]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [43] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

C.1.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [44] [45].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [46] anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [47]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens [48] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 15, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 15. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,5 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	14,5 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	85 %.	150 kg

C.2. ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [14]. Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

C.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga². Brandfarliga gaser är ofta luktfria [49]. Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val [41].

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Nedanstående avsnitt beskriver hur en olycka med gods i klass 2.1 kan ta uttryck, samt vilka dimensionerande scenarier och tänkbara skadehändelser som kan uppträda.

C.2.1.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [50]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [23].

C.2.1.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [23] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [23].

C.2.1.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar.

² Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

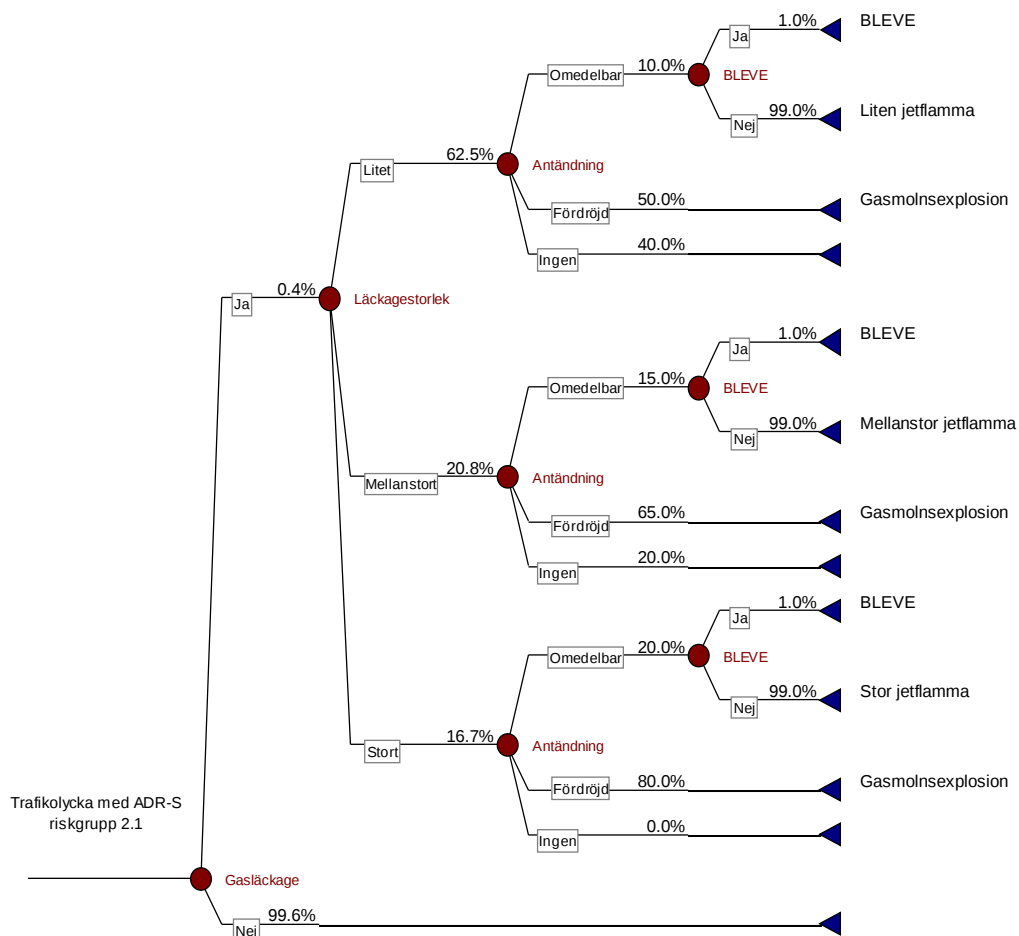
För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [51], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

C.2.1.4. BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta trycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

C.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 16 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 16. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

C.2.3.1. Representativt ämne

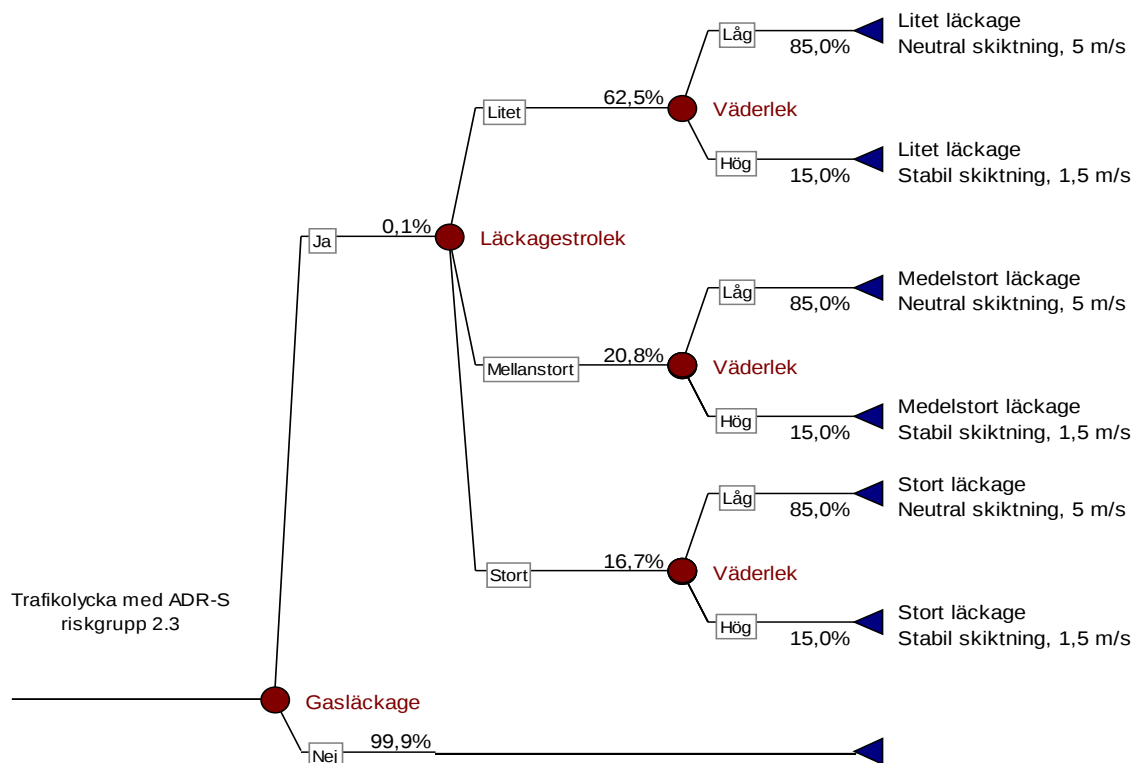
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

C.2.3.2. Toxikologiska gränsvärden

För att kvantifiera skadeutfallet vid exponering av ett giftigt ämne finns en rad olika gränsvärden. Då riskbedömningen baseras på frekvensen för dödsfall görs ansätts LC_{50} som dimensionerande gränsvärde. LC_{50} är den koncentration där mortaliteten i en normalfördelad population är 50 % för en given exponeringstid. I beräkningarna ansätts konservativt att skadeutfallet inom beräknat konsekvensområde är 100 %.

C.2.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 17 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 17. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.2.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [23]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [50]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [23].

C.2.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [23].

C.2.4.3. Väderlek

Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varierar gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två typer av väderlek – Neutral atmosfärisk skiktning D med en vindhastighet på 5 m/s samt med en Extremt stabil skiktning F med en vindhastighet på 1,5 m/s. Den förstnämnda representerar genomsnittligt väder, vilket förekommer omkring 85 % av tiden, och den sistnämnda representerar ogynnsamt väder vilket ansätts råda under resterande 15 %.

C.3. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensen, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

C.3.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 12.

C.3.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [52] [53]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [23]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

C.3.1.3. Antändning

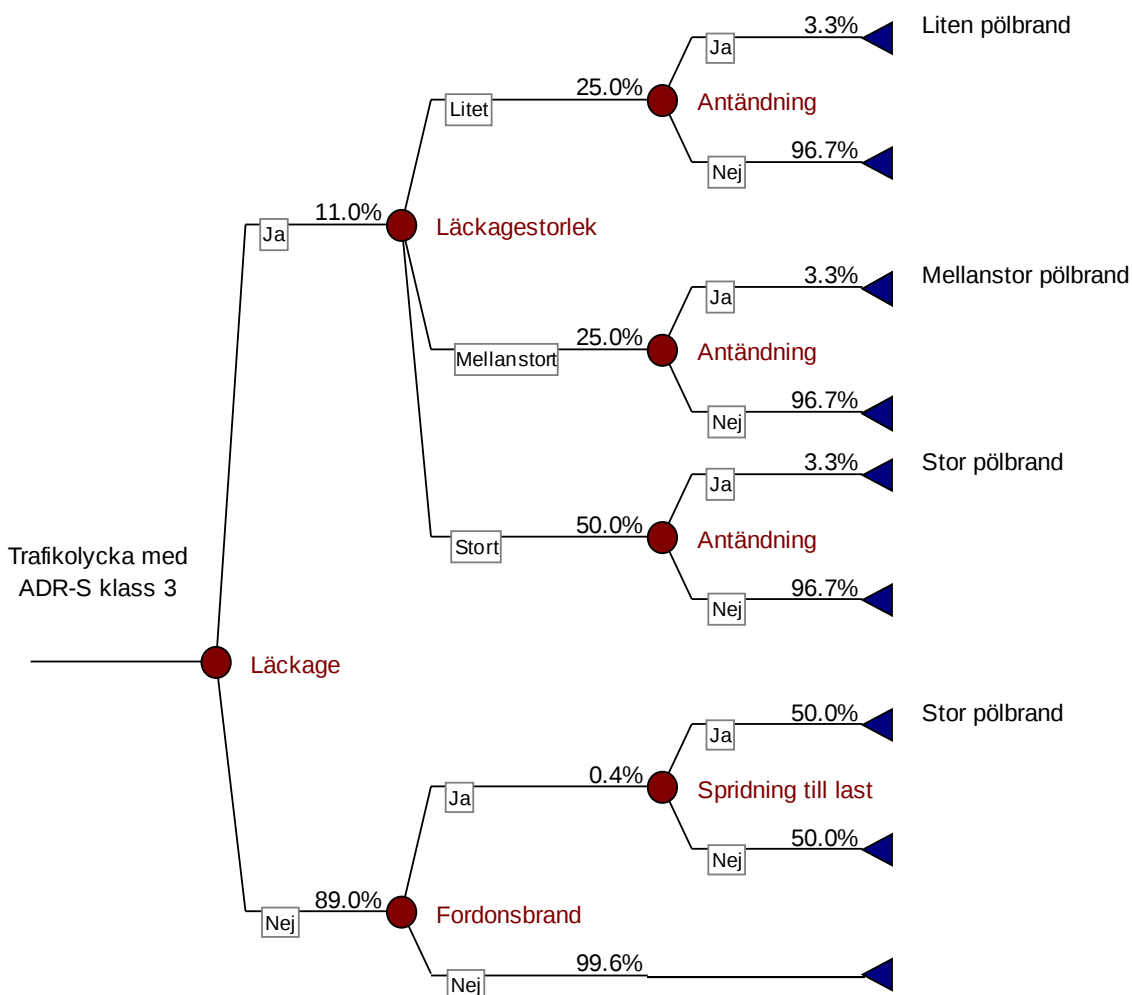
Bensen och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [54]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensen. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensen, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [43].

C.3.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt C.1.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

C.3.1.5. Händelseträd med sannolikheter

I Figur 18 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 18. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4.

C.4. ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

ADR-S klass 5 är indelad i två riskgrupper; oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och organiska peroxider (riskgrupp 5.2).

C.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [14].

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckuppbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [55]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [56] och FOI [57] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper [58].

C.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

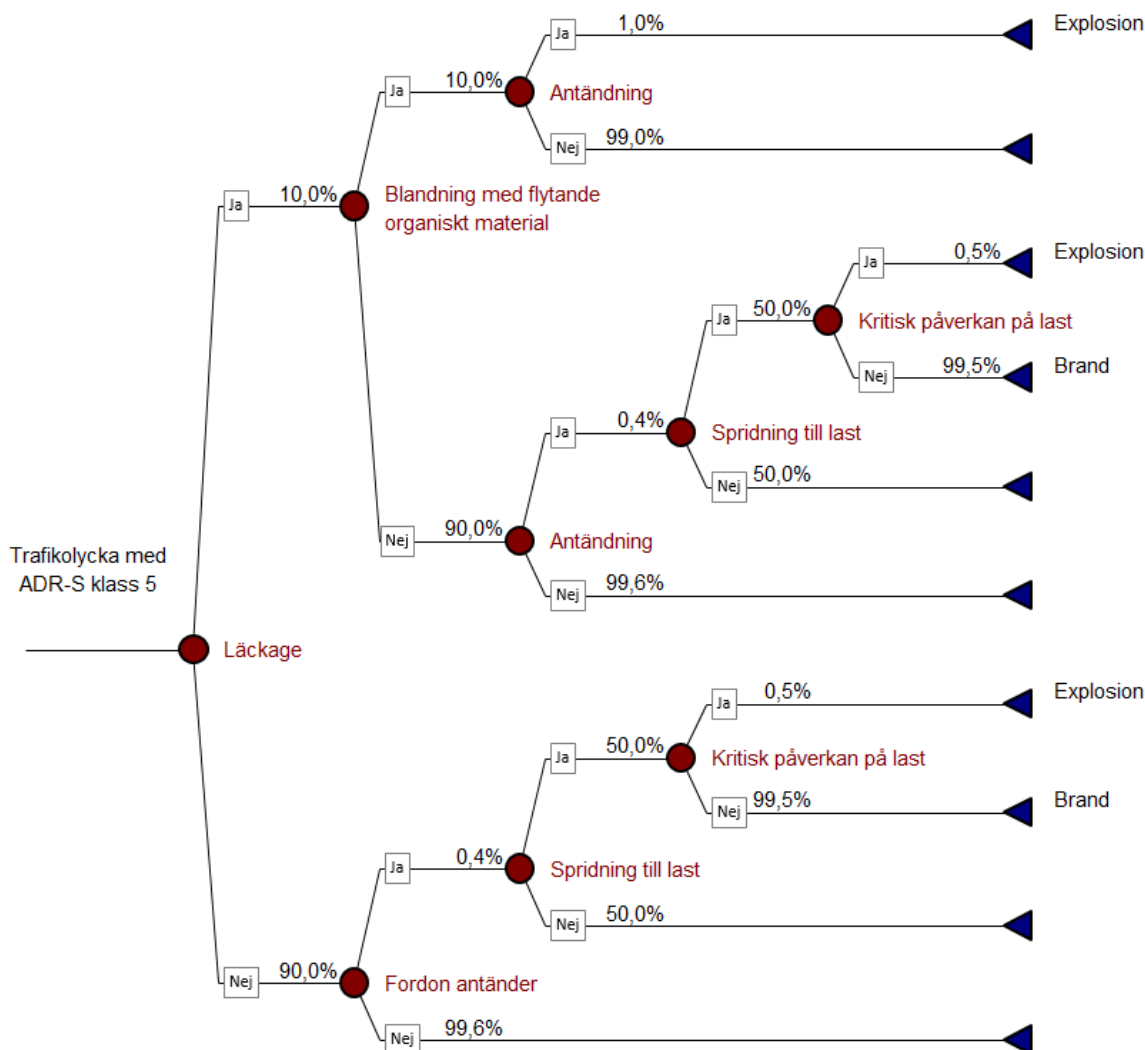
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [49]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

C.4.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [59], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

C.4.2.2. Händelseträdd med sannolikheter

Figur 19 redovisar ett händelseträdd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 19. Händelsesträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.4.2.3. Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [60]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåckning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

C.4.2.4. Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det blandas med ett organiskt flytande ämne såsom bensin. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de

blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. Sannolikheten för att ammoniumnitraten ska kontamineras vid en transportolycka ansätts till 10 %.

C.4.2.5. Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

C.4.2.6. Antändning av oblandat gods

Sannolikheten för en antändning efter ett utsläpp av lasten, men utan att den blandats med organiskt material, bedöms utifrån ämnets egenskaper vara lika stor som sannolikheten att fordonet i sig fattar eld vid olyckan, det vill säga 0,4 %.

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt C.1.2) är denna cirka 0,4 %.

C.4.2.7. Brandspridning till lasten

För att ett explosivt förlopp ska ske i detta fall krävs tillförsel av energi i form av antingen en brand eller detonation i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. Sannolikheten för att fordonsbranden ska sprida sig till lastutrymmet beror bland mycket annat på fordonets utformning och hur lasten förvaras. Enligt tidigare resonemang antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 50 %.

C.4.2.8. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [56]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas [55]. Vidare krävs möjlighet till tryckupbyggnad för att termiskt sönderfall av ren ammoniumnitrat ska kunna övergå till explosivt sönderfall genom deflagration eller detonation [61]. Smälta av ammoniumnitrat tros kunna skapa dessa förutsättningar även om forskningen inom området är bristfällig [61]. Hypotesen är att vätskepelare av smälta kan skapa en egen inneslutning i vilken trycket kan bli så pass högt att reaktionsförloppet blir explosionsartat [61]. Denna typ av olycksförlopp bedöms vara relativt långsamma och förutsätter troligtvis att ammoniumnitraten utsätts för en relativt kraftig och långvarig brandpåverkan. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation har inträffat. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

C.5. Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga D).

Bilaga D. Konsekvensberäkningar

I detta avsnitt beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för olika klasser kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive ADR-S klass.

D.1. Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från vägkant närmast området.

D.2. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

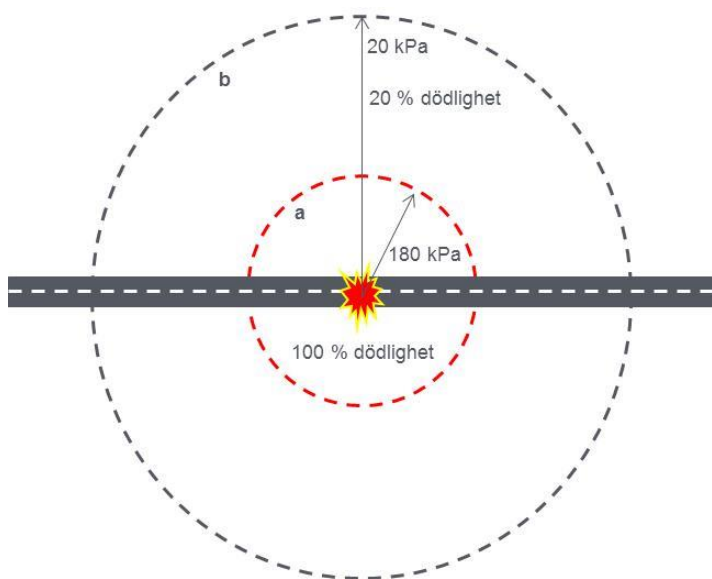
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [62].

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 [63]. 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 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa enligt Figur 20.



Figur 20. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i Konsekvensanalys explosioner [64] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 16. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 16. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvfärisk 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
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 meter	88 meter
Stor explosion	16 000 kg	62 meter	193 meter

D.3. ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

D.4. ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brandfarlig gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar, och att mängden gas i en tankbil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* [65] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [23] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 17. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, Ø	Läckagestorlek, A
Litet	0,09 kg/s	0,32 cm	0,08 cm ²
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 cm	0,83 cm ²
Stort	17,9 kg/s	4,56 cm	16,4 cm ²

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Gasen antas vara propan (gasol).
- Hålet antas vara intryckt utifrån.
- En jetflamma antas vara horisontell.

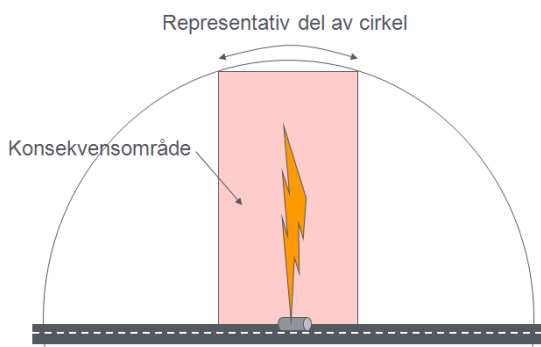
D.5. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [63]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.6. Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbränns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [63], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [66] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 21.



Figur 21. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

D.7. Gasmolnsexplosion

En gasmolnsexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran Spridning Luft [65] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 21.

D.8. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

- BLEVE 170 meter
- Liten jetflamma 5 meter
- Medelstor jetflamma 17 meter
- Stor jetflamma 73 meter
- Gasmolnsexplosion 42 meter

D.9. ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen *Spridning Luft* och med *ALOHA* för totalt 6 scenariere enligt Tabell 18. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga C och med en ytråhet på 0,5 m.

Tabell 18. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC50@30 min	Spridningsvinkel
Lit	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	30°

D.10. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det 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 [41] [67].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m² (*lit*), 200 m² (*mellanstort*) respektive 400 m² (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [41]. I Tabell 19 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 19. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	23 meter
Stort utsläpp	400 m ²	30 meter

D.11. ADR-S klass 5

Två typer av olycksscenarier med påverkan på omgivningen har identifierats i samband med olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider: Explosion och brand.

D.11.1.1. Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselmixtur kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [58]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 30 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter.

D.11.1.2. Brand

En brand som inkluderar ämnen i ADR-S klass 5 är mycket intensiv, eftersom dessa ämnen är brandunderstödjande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter.

Bilaga E. Skyddseffekter

Vid beräkningar av samhällsriskerna längs de aktuella transportlederna har skyddsfaktorer vid inomhusvistelse använts. Skyddsgraderna bygger riskbedömningar inom samhällsplanering [24] och internationella vägledningar så som CPR 18E [25]. I nedanstående stycken ges mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse

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 inom Zon 1 med avseende på olycksscenarier med brännbara gaser antas i beräkningarna uppgå till 50 %.

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 [68]. Om tanken är värmeisolerad ökar den tiden till kring 90 minuter [68]. 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 både inomhus- och utomhusvistelse inom ansätts till 50 %.

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 [69]. 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 %.

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 inom Zon 1 med avseende på olycksscenarier som medför pölbrand

Bilaga F. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] Sweco, *Förstudie - Bussdepå Vädermotet, landskap och gestaltning*, 2021.
- [3] Göteborgs stad Stadsbyggnadsförvaltningen, Planbeskrivning - Detaljplan för bussdepå vid Vädermotet, Göteborgs stad Stadsbyggnadsförvaltningen, 2024.
- [4] Räddningstjänsten Storgöteborg, Yttrande - Samråd för detaljplan (Bussdepå vid Vädermotet, Göteborg), Räddningstjänsten Storgöteborg, 2024-11-12.
- [5] St1, *Information till allmänheten, St1 Refinery AB*, Göteborg, 2020.
- [6] Trafikverket, *Trafikflödeskartan - Avsnitt: 7111085 Län: Ö Vägnummer: 6.20*, 2017.
- [7] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal - Vëganalys EVA och manuella beräkningar," 2020.
- [8] Trafikverket, *Trafikflödeskartan - Avsnitt: 7111087 Län: Ö Vägnummer: 155*, 2021.
- [9] Trafikverket, *Trafikflödeskartan - Avsnitt: 7110535 Län: Ö Vägnummer: 6.20*, 2017.
- [10] St1, <https://www.st1.se/raffinaderiet>, Kontrollerad 2022-06-27.
- [11] St1, *Uppgift erhållen via mejl från Kenneth Carlsson (teknisk chef på St1 Refinery AB)*, 2022-06-15.
- [12] Västtrafik, *Uppgift erhållen via mejl från Johan Tallhage*, 2022-04-11.
- [13] SCB, *Statistiska tätorter – befolkning, landareal, befolkningstäthet*, Statistiska centralbyrån, 2021.
- [14] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [15] MSB, *MSBFS (2016:9) föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg (RID-S)*, 2016.
- [16] TRAFRA, "Lastbilstrafik 2016-2020 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2020.
- [17] St1, *Uppgift erhållen via mejl från Karin Sandell HSSE Manager på St1 Refinery AB*, 2022-06-28.
- [18] M. Runefors, *Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen - Beräkningsunderlag*, Lund: MSB, 2020.
- [19] EV FireSafe, <https://www.evfiresafe.com/post/why-do-e-buses-catch-fire> (Kontrollerad 2024-12-16), EV FireSafe, 2024.
- [20] Youtube, https://www.youtube.com/watch?v=uA7SoM2DWuM&ab_channel=Ironsinthefire (An Electric Bus Caught Fire After A Battery Explosion in Paris), 2022.
- [21] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.

- [22] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [23] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [24] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [25] CPR 18E, Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book', 1999.
- [26] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [27] Totalförsvarets forskningsinstitut , *Gasformig HF vid brand i trånga utrymmen - Risker för hudupptag vid insatser*, MSB, 2020.
- [28] Göteborgs Stad - Stadsbyggnadskontoret, Detaljplan för stadsutveckling vid Järnbrottmotet, del 1, inom stadsdelen Järnbrott i Göteborg, Göteborgs Stad - Stadsbyggnadskontoret, 2020.
- [29] Ramboll AB, Bussdepå Vädermotet - PM dagvatten och skyfall, Västra Götalandsregionen , 2024-03-28.
- [30] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [31] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [32] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Comission, 1995.
- [33] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [34] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [35] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [36] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [37] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [38] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [39] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [40] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [41] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [42] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.

- [43] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [44] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [45] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [46] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [47] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [48] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [49] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [50] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [51] G. Purdy , "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [52] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [53] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [54] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [55] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [56] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [57] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [58] R. Forsén, FOI, 2009.
- [59] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [60] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [61] V. Babrauskas och D. Leggett, "Thermal decomposition of ammonium nitrate," *Fire and Materials* 2019;1-19, 2019.
- [62] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [63] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [64] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [65] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [66] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.

[67] BBR, Boverket, 2006.

[68] 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.

[69] Advisory Council on Dangerous Substances , "Guidelines for quantitative risk assessment, "Purple book", CPR18E," Ministry of Transport (NL), 2005.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande rådgivande konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 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. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. 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