

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Detaljerad riskbedömning för vägplan

Riskutredning för farligt gods

Trafikverket

Väg 155 Öckeröleden, Hjuviks bryggväg - Hällsviksvägen

Slutlig handling

Datum 2013-10-25

Uppdragsnummer: 10142837
Datum: 2013-04-19
Rev: 2013-10-25

Detaljerad riskbedömning för vägplan
Slutlig handling
Väg 155 Öckeröleden, Hjuviks bryggväg - Hällsviksvägen



Dokumentinformation

Process:	Vägplaneringsprocessen				
Skede:	Vägplan				
Uppdragsgivare:	Trafikverket, kontaktperson: Johanna Arvidsson (projektledare)				
Uppdragsnummer:	1014 2837				
Handläggare:	Markus Glenting, Marcus Knutsmark				
Granskare:	Johan Lundin				
Uppdragsansvarig:	Jan Björkegren				
Datum	Rev	Status	Upprättad av	Granskad av	Godkänd av
13-04-19	13-10-25	Slutlig handling	MG, MK	JL	MG

Konsult

WSP Brand & Risk

Box 13033

402 51 Göteborg

Tel: +46 10 722 50 00

Fax: +46 10 722 74 20

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

www.wspgroup.se

Sammanfattning

WSP har av Trafikverket fått i uppdrag att göra en detaljerad riskbedömning för farligt gods-transporter i samband med vägplan för väg 155 Öckeröleden mellan Hjuviks bryggväg och Hällsviksvägen. Avsikten är att bredda vägen med ett kollektivtrafikskörfält.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Länsstyrelsens i Västra Götalands krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett beslutsunderlag för bedömning av lämpligheten med planerad vägbreddning, med avseende på närhet till befintlig bebyggelse. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder. Både individrisk och samhällsrisk har använts vid uppskattning av risknivån i rapporten. Därmed beaktas risknivån för den enskilde individen samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas.

Genom att mer ingående studera avståndet och topografin mellan befintlig bebyggelse och den nuvarande respektive planerade vägplaceringen framkommer att 20 villor befinner sig inom 30 m från vägen utan att till exempel utsläpp av brandfarlig vätska eller tung brandfarlig gas kan rinna mot bebyggelsen vid en olycka. 66 villor är belägna på en lägre marknivå än vägen så att motsvarande utsläpp kan rinna mot bebyggelsen vid en olycka. Dessa villor är belägna mellan 6 till ca 80 m från väg 155.

Enligt Trafikverkets statistik utgör 87 % av det farliga godset av brandfarlig vätska, 12 % gas och 1 % övriga farligt godsklasser. Större delen av gastransporterna utgörs av den brandfarliga gasen gasol. För fördelningen av farligt gods har ovanstående statistik för år 2009 används samt att en bedömning av framtida fördelning år 2030 har använts i beräkningarna. Individ- och samhällsrisk har beräknats för år 2030 där tillgänglig statistik och prognoser har räknats upp för att gälla horisontåret 2030.

Risknivån genererad av farligt gods-transporter på Riksväg 155 ligger inom ALARP-området fram till ca 25 meter från väggkant. Beräkningarna förutsätter att pölar med brandfarlig vätska stannar på vägen och inte rinner mot bebyggelsen. Det innebär att riskprofilen inte är direkt tillämpbar för de delar av vägsträckan med nedförslutning. I dessa fall kommer riskkonturerna att förskjutas från vägen mot bebyggelsen.

För att analysera var brandfarlig vätska kan rinna ner för slänter från vägen och var de utläckta brandfarliga vätskan ansamlas i pölar, har beräkningar av hur vätskeläckage rinner i en detaljerad höjdmmodell för området. Resultatet av dessa simuleringar visualiseras i en VR-modell. För tre platser längs vägsträckan görs individriskberäkningar där beräknade rinnavstånd och pölansamlingar erhållits från VR-modellen.

Risknivån genererad av farligt gods-transporter på Riksväg 155 har inte beräknats för det fall att vägen breddas. Hur mycket, var och på vilken sida av vägen som breddningen planeras varierar längs vägens sträckning. I stället görs en kvalitativ bedömning av hur individriskprofilen förändras. Som mest bedöms avståndet mellan nuvarande väggkant och planerad väggkant efter breddning öka 5 m. En kvalitativ men konservativ bedömning av hur individriskprofilen förändras till följd av vägbreddningen är att individriskprofilen förskjuts 5 m åt höger, vilket får till följd att ALARP-området kan sägas gälla 30 m från nuvarande vägkanter. I de fall problematiken med att brandfarlig vätska kan rinna ner för slänter förskjuts individriskprofilen åt höger så att en acceptabel risknivå erhålls ca 100 m från vägkanten, jämfört med ca 30 m i normala fall.

Samhällsrisken inom en kvadratkilometer räknat ligger, med avseende på farligt gods-transporter, på nivåer som är att betrakta som acceptabla. Trots närliggande villabebyggelse är persontätheten så låg att samhällsrisken blir förhållandevis liten.

Enligt definitionen av ALARP-området ska alla rimliga riskreducerande åtgärder vidtas för att risknivån ska betraktas som acceptabel. Förslag på riskreducerande åtgärder presenteras i ett separat PM (se PM, Riskreducerande åtgärder – Väg 155 Öckeröleden, Lilla Varholmen – Gossbydal, daterat 2013-10-25).

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	5
1.1	BAKGRUND	5
1.2	SYFTE OCH MÅL	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	5
1.5	INTERNKONTROLL	7
1.6	RAPPORTENS STRUKTUR	7
2	OMRÅDES-/OBJEKTSBESKRIVNING	8
2.1	RIKSVÄG 155	8
2.2	FÄRJTRAFIKEN VID LILLA VARHOLMEN	9
2.3	PRINCIPIELLA SEKTIONER LÄNGS RIKSVÄG 155	10
2.4	AVSTÅND MELLAN BEBYGGELSE OCH VÄG	11
2.5	SKYDDSVÄRDA OBJEKT	12
3	OMFATTNING AV RISKHANTERING OCH METOD	14
3.1	BEGREPP OCH DEFINITIONER	14
3.2	METOD FÖR RISKINVENTERING	14
3.3	METOD FÖR RISKUPPSKATTNING	14
3.4	METOD FÖR RISKVÄRDERING	16
3.5	METOD FÖR IDENTIFIERING AV MÖJLIGA RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	18
4	RISKIDENTIFIERING	19
4.1	RISKOBJEKT	19
4.2	TRANSPORTLEDER FÖR FARLIGT GODS	19
4.3	IDENTIFIERING AV UTSLÄPPSPLATSER DÄR SÄRSKILD UTREDNING GENOMFÖRS	20
4.4	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	21
5	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	22
5.1	RISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS	22
5.2	SAMMANFATTNING AV RISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS	28
6	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	29
6.1	MARKÅTGÄRDER	29
6.2	SEPARATIONS/BARRIÄRÅTGÄRDER	29
6.3	UTFORMNINGÅTGÄRDER	30
6.4	FASADÅTGÄRDER	31
6.5	HANTERING AV RISKNIVÅ	31
7	DISKUSSION	32
7.1	IDENTIFIERING AV OSÄKERHETER	32
7.2	ANALYS AV SLÄNTPROBLEMATIK	33
7.3	RISKNIVÅ	33
7.4	GENOMFÖRANDE AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	33
8	SLUTSATSER	34

1 Inledning

I detta inledande kapitel redovisas bakgrund, syfte och mål, avgränsningar, förutsättningar och kvalitetssäkring.

1.1 Bakgrund

WSP har av Trafikverket fått i uppdrag att göra en detaljerad riskbedömning i samband med vägplan för väg 155 Öckeröleden mellan Hjuviks bryggväg och Hällsviksvägen.

Väg 155 är den direkta förbindelsen mellan centrala Göteborg, Torslanda och Öckerö kommun. På vissa sträckor är vägnätet inte dimensionerat för dagens trafikflöden. Kollektivtrafikandelen för boende i Torslanda och i Öckerö kommun är väsentligt lägre än för Göteborg som helhet. Sammantaget medför detta att långa bilköer bildas på morgonen och eftermiddagen. På delen närmast Lilla Varholmen påverkas kösituationen av bilfärjorna mellan Hönö och Björkö och köerna kan ibland på eftermiddagen vara helt stillastående (1).

Stora delar av sträckan gränsar till planlagt område, framförallt gamla avstyckningsplaner. Hela sträckan karakteriseras av bostäder alternativt branta bergssidor eller bergsskärningar tätt in på vägen.

Mängden fordon, vägens begränsade bredd, hastighetsbegränsningen 70 km/h på större delen av sträckan har inneburit att ca 15 trafikolyckor har inträffat mellan 2008-2011.

Sträckan är klassad som primär transportled för farligt gods vilket innebär att riskerna behöver utredas särskilt.

Avsikten är nu att bredda vägen och därigenom skapa ett kollektivkörfält.

1.2 Syfte och mål

Riskbedömningen upprättas som ett beslutsunderlag för bedömning av lämpligheten med planerad vägbreddning inkl. transporter med farligt gods, med avseende på närhet till befintlig bebyggelse. Syftet med denna riskbedömning är även att uppfylla i Länsstyrelsens i Västra Götalands krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

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

1.3 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses endast risker förknippade med transport av farligt gods längs väg 155 på sträckan Hjuviks bryggväg till Hällsviksvägen. 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. Egendomsskador, skador på samhällsviktiga funktioner, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser eller buller har inte beaktats.

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

Beräkningar grundas på uppmätta trafikmängder år 2011 och 2012 (2) och trafikprognoser för år 2020 (1), vilka har använts tillsammans med en trafikökning på 2 % per år.

1.4 Styrande dokument

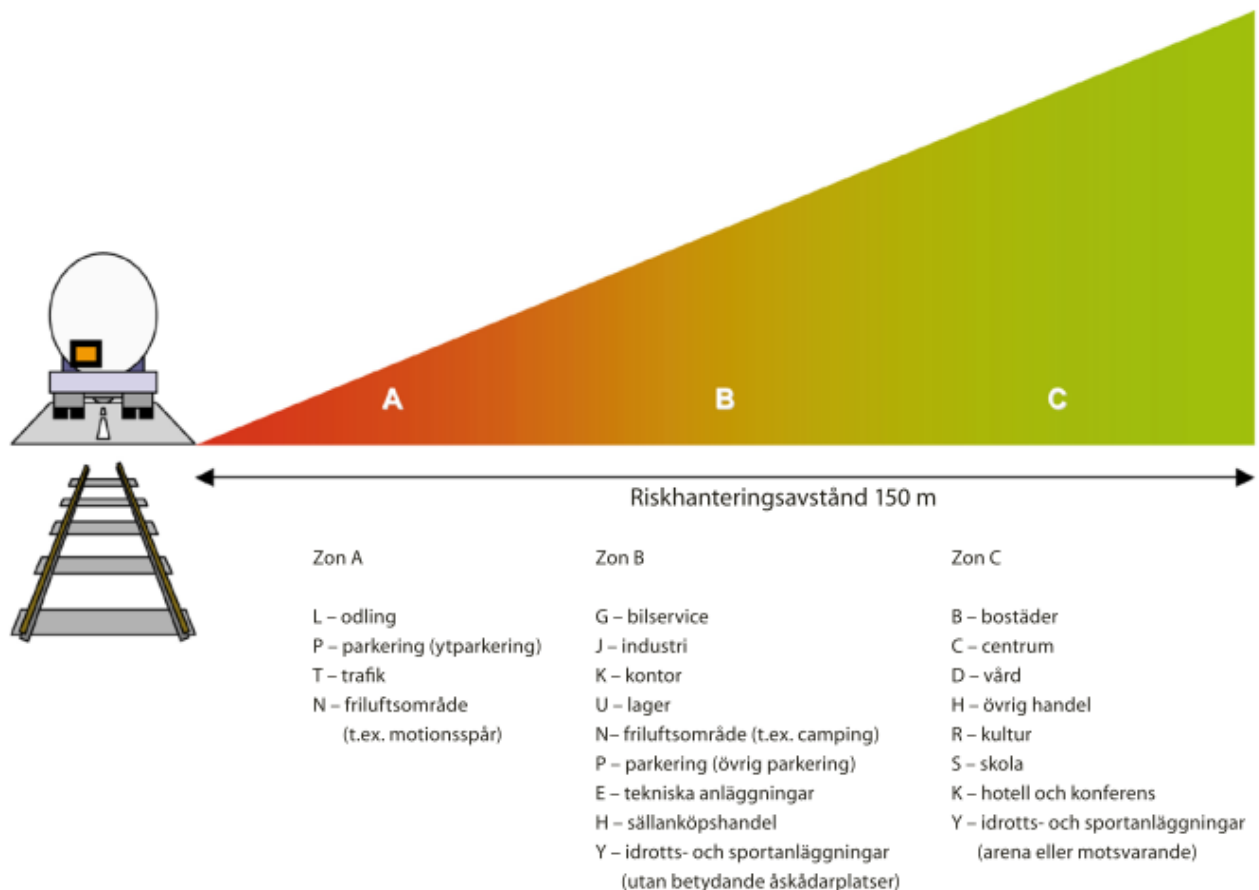
De nedan angivna styrande dokumenten är inte direkt tillämpbara men ger en antydning om problematiken som behöver beaktas.

Plan- och Bygglagen (2010:900) anger följande:

- 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:
1. människors hälsa och säkerhet, ... (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:
2. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (2 kap. 6§).

Krav på riskhantering finns även i miljöbalken (1998:808), väglagen (1971:948) och lag om transport av farligt gods (2006:263).

Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen (3) 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 (3).

2 Områdes-/objektsbeskrivning

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av vägsträckan med omgivning.

2.1 Riksväg 155

Väg 155 Öckeröleden mellan Hönö i väster och Bräckemotet i öster är den gena förbindelsen mellan Öckerö kommun, Torslanda och centrala Göteborg. Den aktuella sträckan mellan Hjuviks bryggväg och Hällsviksvägen är den enda vägen till och från Öckerö kommun. På sträckan mellan Hönö Pinan och Lilla Varholmen utgörs leden av en färjeläde, som är den mest trafikerade i landet. Väg 155 går genom bostads- och rekreationsområden i väster och verksamhetsområden i öster. Sträckan närmast Lilla Varholmen är smal och omges av fastigheter med bostadshus nära vägen (1).

Väg 155, Öckeröleden, är en primär länsväg. Tillåten hastighet på den aktuella sträckan är 50 km/h på sträckan Lilla Varholmen-Torslanda Hästeviks väg respektive 70 km/h öster därom. Vägen är rekommenderad primärväg för farligt gods (1).

Under 2000-talet har det varit en årlig ökning på cirka 2 % på väg 155. Den tunga trafiken har ökat med cirka 4 % per år under samma period (1).



Figur 3. Trafikflöden fordon per vardagsmedeldygn. Prognos år 2020 (1).

Längden på vägsträckan är ca 2,7 km.

Sektionerna längs vägsträckan varierar enligt Figur 4 och Figur 5. Till stor del utgörs den norra delen av berg och den södra delen av slätter, lägre belägna än vägen.

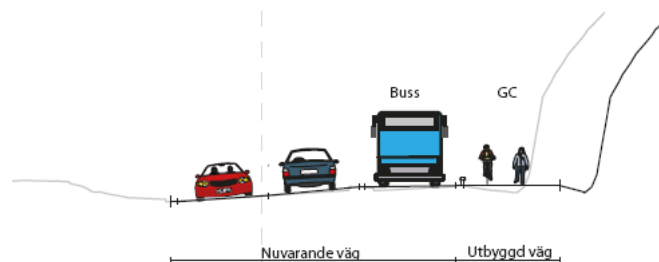


Figur 4. Sektionsindelning (1).

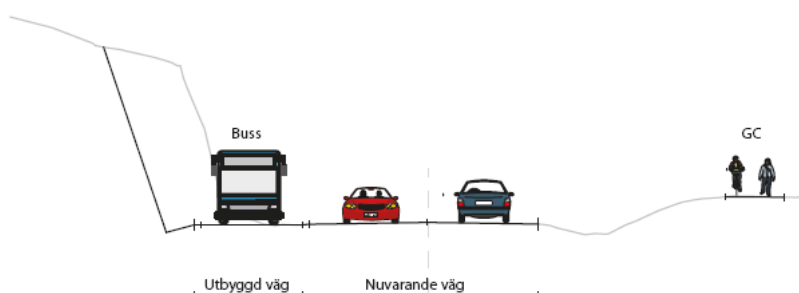
SEKTION 0/700
Breddning mot norr och söder



SEKTION 0/980
Breddning mot söder
Alt. MOT CENTRUM



SEKTION 1/880
Breddning mot norr
Alt. MOT FÄRJORNA



SEKTION 2/900
Breddning mot norr
Alt. MOT CENTRUM, KOMBINATIONSAKT. A & B



Figur 5. Möjlig utformning för respektive alternativ vid några valda sektioner. Sektionsindelning enligt Figur 4 (1).

2.2 Färjetrafiken vid Lilla Varholmen

Från färjeläget vid Lilla Varholmen avgår färjor mot Hönö och Björkö. Färjorna trafikeras i huvudsak av boende på dessa öar och under sommartid även av sommargäster. På dessa färjor förekommer att farligt gods transporteras. Trafikverket som driver färjorna för noggrann statistik över dessa transporter. Tack vare denna dokumentation finns ovanligt säkra uppgifter om transporterade ämnen och mängder för den primära transportleden för farligt gods, då inga ytterligare start- eller målpunkter för farligt gods längs denna del av väg 155 påträffats.

2.3 Principiella sektioner längs riksväg 155

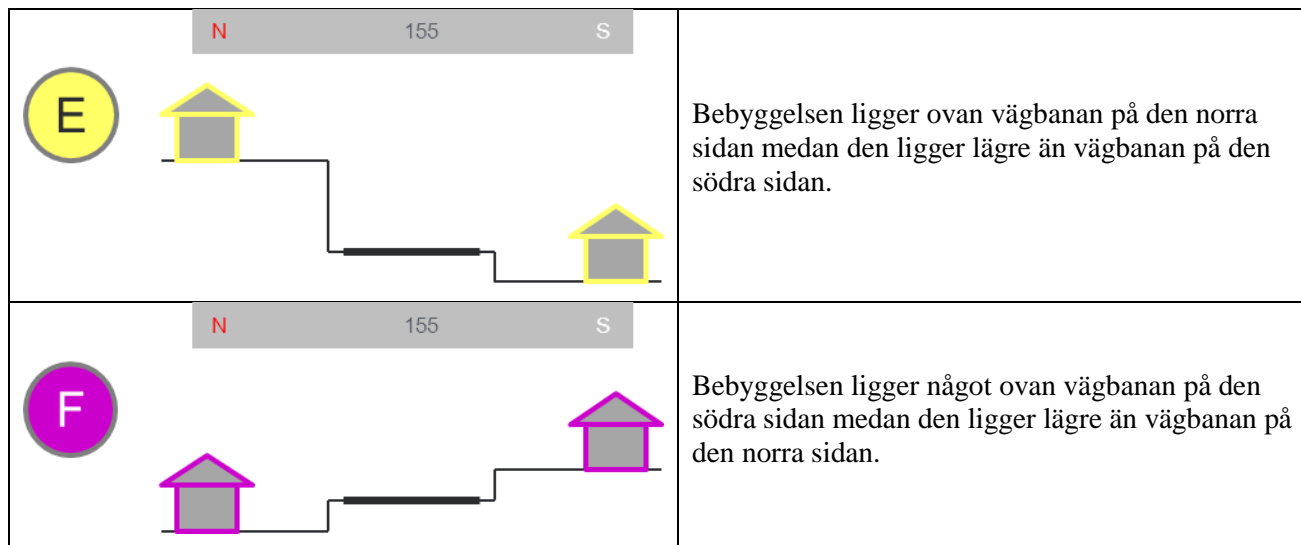
Förekomsten av omgivande bebyggelse längs väg 155 varierar. WSP har identifierat 6 olika principiella sektorer på hur topografin och förekomsten av nuvarande bebyggelse ser ut längs sträckan.



Figur 6. Förekomst av principiella sektioner längs väg 155.

Tabell 1. Beskrivning av principiella sektioner längs väg 155.

	<p>Bebyggelsen ligger något ovan vägbanan på båda sidor.</p>
	<p>Bebyggelsen ligger något ovan vägbanan på den norra sidan medan den ligger lägre än vägbanan på den södra sidan.</p>
	<p>Bebyggelsen ligger lägre än vägbanan på båda sidor.</p>
	<p>Bebyggelsen ligger ovan vägbanan på den norra sidan medan den ligger något ovan vägbanan på den södra sidan.</p>



Antal bostadshus på respektive sida av väg fördelat på de principiella profilerna ges av Tabell 2.

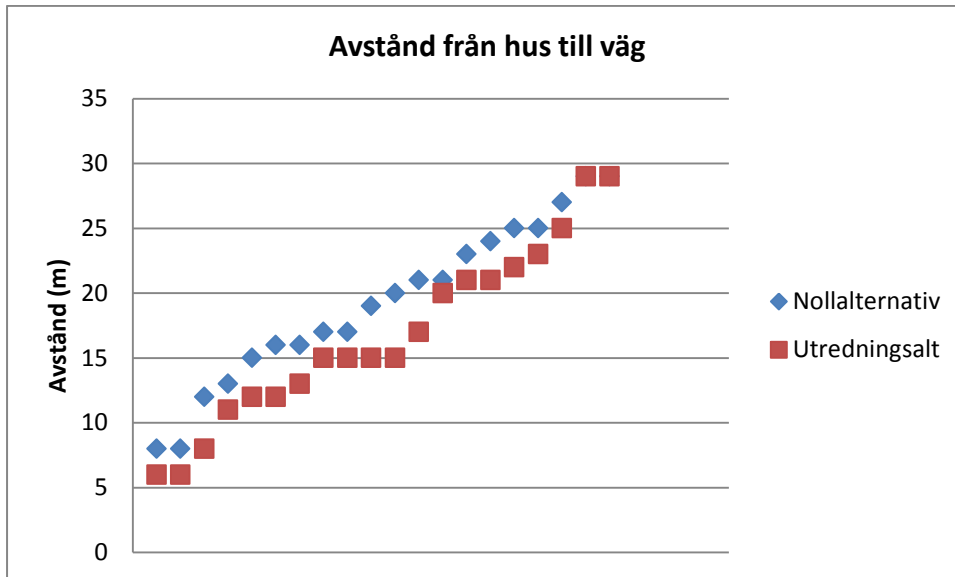
Tabell 2. Antal villor fördelat på respektive profil.

Profil	Antal villor på norrsida	Antal villor på sydsida
A	1	1
B	12	29
C	10	1
D	0	0
E	0	29
F	3	0

2.4 Avstånd mellan bebyggelse och väg

Genom att mer ingående studera avståndet och topografin mellan befintlig bebyggelse och den nuvarande respektive planerade vägplaceringen framkommer att 20 villor befinner sig inom 30 m från vägen utan att till exempel utsläpp av brandfarlig vätska eller tung brandfarlig gas kan rinna mot bebyggelsen vid en olycka. 66 villor är belägna på en lägre marknivå än vägen så att motsvarande utsläpp kan rinna mot bebyggelsen vid en olycka. Dessa villor är belägna mellan 6 till ca 130 m från väg 155.

I Figur 7 visas hur den eventuella vägbreddningen förändrar avståndet mellan vägen och befintlig bebyggelse. Som mest kommer den breddade vägen ca 5 m närmre delar av befintlig bebyggelse.



Figur 7. Beskrivning av avstånd mellan hus och väg inom 30 m från väg 155.

2.5 Skyddsvärda objekt

För att ta reda på vilka skyddsvärda objekt som finns inom området längs väg 155 har omgivningen studerats övergripande med GIS och platsbesök. I rapporten har skyddsvärda objekt definierats som verksamheter där det finns människor med reducerad förmåga att skydda sig själv med avseende på liv och hälsa vid en olycka. Längs väg 155 mellan Lilla Varholmen och Gossbydal har två skyddsvärda objekt förutom villabyggelse identifierats, se Figur 8.



Figur 8. Lokalisering av skyddsobjekten 1: Skutehagsskolan och 2: Brännekulla förskola.

2.5.1 Skutehagsskolan (1)

Skutehagsskolan är en kommunal skola från föreskoleklass till årskurs 6. På skolan finns normalt 565 elever och en personalstyrka på 65 personer (5).

Avståndet mellan närmsta skolbyggnaden och väg 155 är 100 m.

2.5.2 Brännekulla förskola (2)

Brännekulla förskola är en kommunal förskola. På förskolan finns 105 barn och en personalstyrka på 19 personer (6).

Avståndet mellan närmsta förskolebyggnad och väg 155 är 65 m.

2.5.3 Villabebyggelse

Längs stora delar av väg 155 finns villabebyggelse inom sådan närhet till farligt godsleden att konsekvenserna vid en olycka med farlig gods kan bli allvarliga.



Figur 9. Utsiktsbild längs väg 155 där exempel på villabebyggelsens närhet till farligt gods-leden framgår.

3 Omfattning av riskhantering och metod

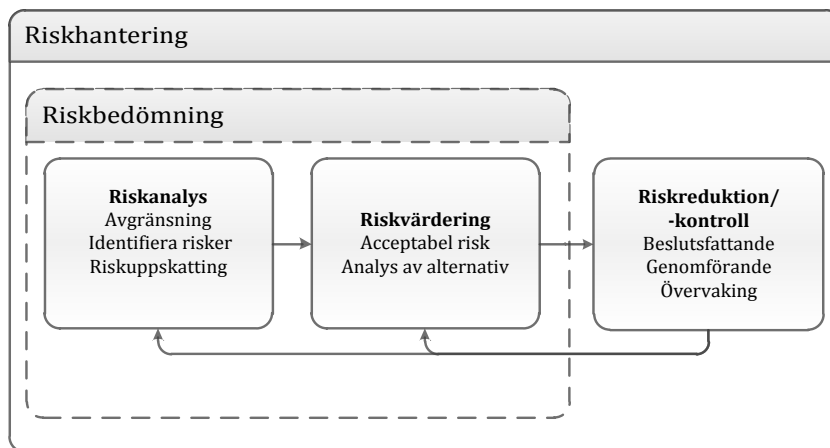
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

3.1 Begrepp och definitioner

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

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (7) (8), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 10. 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 10. 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.

3.2 Metod för riskinventering

För att ta reda på vilka risker som finns inom området längs väg 155 har omgivningen studerats övergripande med GIS och platsbesök.

3.3 Metod för riskuppskattning

För uppskattning av risknivån har vardagsmedeldygnstrafik (VMD), som sedan har omvandlats till årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande MSB) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport (9) beräk-

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

I denna detaljerade riskbedömning har riskmåten individrisk och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

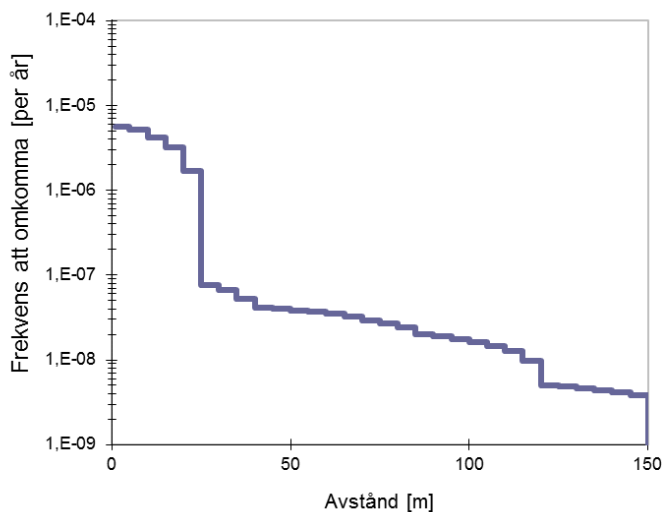
Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten, individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande (individperspektiv), samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer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

I denna utredning genomförs även fördjupade analyser på grund av närheten till befintlig bebyggelse. Bedömning av avstånd från väg som ett läckage av brandfarlig vätska kan rinna mot bebyggelsen, har gjorts genom att höjdkurvor i tillgängligt ritningsunderlag har granskats, även stickprov har genomförts vid platsbesök.

3.3.1 Individrisk

Individriska anger risken att omkomma för en hypotetisk person som antas befinna sig kontinuerligt på en specifik plats, t.ex. på ett visst avstånd från en industri eller transportled, oftast utomhus (10). Individriska är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmålet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individriska kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 11.

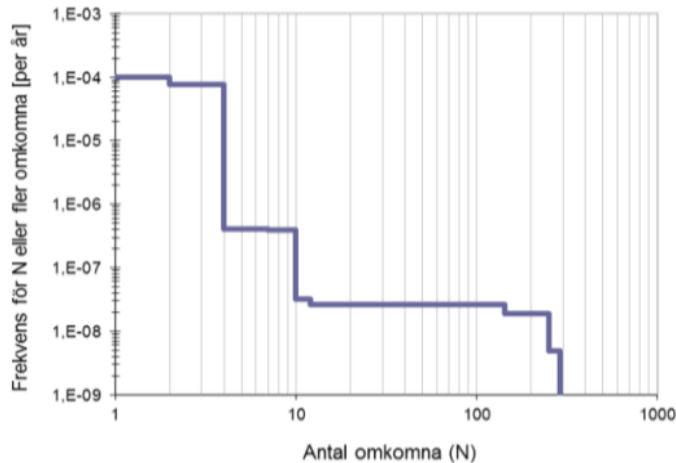


Figur 11. Exempel på individriskprofil.

3.3.2 Samhällsrisk

Riskmålet samhällsrisk beaktar även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Hänsyn kan därmed tas till befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningens mängd och persontäthet. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisken redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 12, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 12. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

3.3.3 Särskild analys av släntproblematik

För att projektet ska erhålla nödvändig information om problematiken att brandfarlig vätska eller gas rinner ner för slänter från vägområdet till befintlig bebyggelse har, flera discipliner inom WSP genomfört en simulering av hur vätska rinner i den detaljerade höjdmodellen av vägområdet och omgivningen. Avståndet mellan utsläppen är var tjugonde meter längs hela den aktuella vägsträckan. Vid varje utsläppsplats definieras fyra utsläppspunkter, två på vägbanan och två utanför vägbanan. Resultatet av dessa simuleringar av både befintliga förhållanden och utredningsalternativet har sedan visualiserats i en VR-modell. Modellen förutsätter att vätska inte infiltrerar i marken och anses vara konservativt då marken inte är frusen eller hårdgjord. När vätskan når en lågpunkt hålls 55 m³ brandfarlig vätska ut (detta motsvarar en tankbil med släp och anses vara konservativt) och en större pöl bildas. I de fall pölen antänds bedöms strålningsnivåerna från den brinnande pölen antända brännbart material inom maximalt 25-30 meter enligt utförda strålningsberäkningar, se bilaga F.

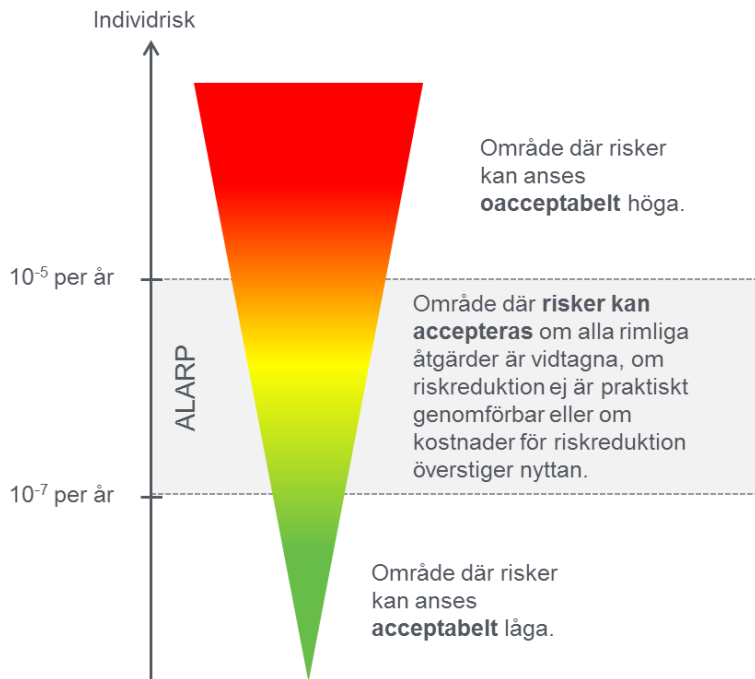
Med hjälp av VR-modellen identifieras punkter längs vägsträckan där släntproblematiken är problematisk. I tre av dessa punkter genomförs specifika beräkningar av individrisken.

3.4 Metod för riskvärdering

Det ställs krav på att använda både individrisk och samhällsrisk vid uppskattning av risknivån i ett område, så att risknivån för den enskilde individen beaktas samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas.

3.4.1 Riskkriterier, individ- och samhällsrisk

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Vid riskvärderingen används Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier (10) gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 13.



Figur 13. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas (10):

- 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 tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, 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 skall 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. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

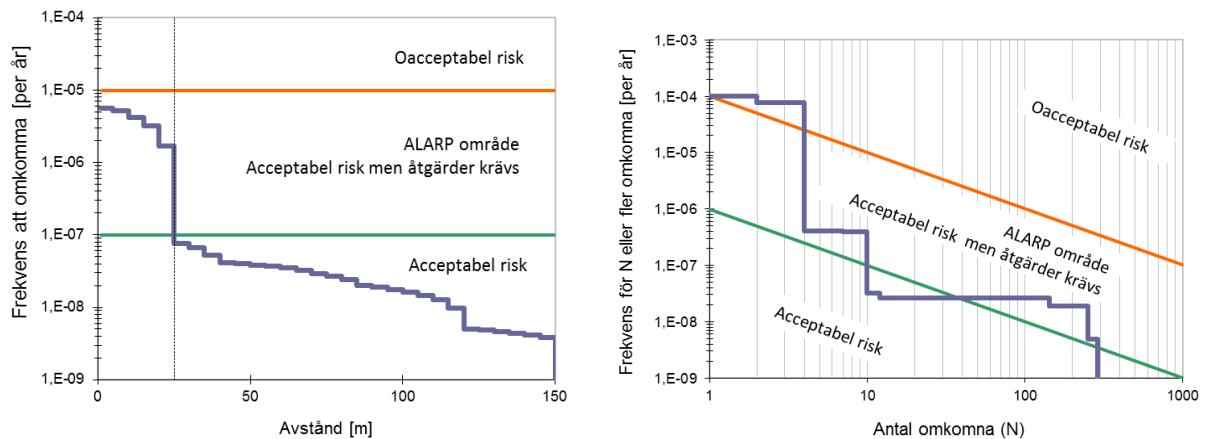
För individrisk föreslog DNV (10) följande kriterier:

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

För samhällsrisk föreslog DNV (10) följande kriterier:

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

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Den övre gränsen markeras med röd streckad linje, och den undre med grön, se Figur 14.



Figur 14. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV (10).

I denna riskbedömning redovisas beräknad individrisk- och samhällsrisknivå för 1 km².

Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som skall gälla för riskbedömningen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

3.5 Metod för identifiering av möjliga 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 rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (11), vilken är lämplig att använda som utgångspunkt.

För att bedöma möjliga riskreducerande åtgärders effekt görs fördjupade analyser utifrån de lokala förutsättningarna.

4 Riskidentifiering

Transport av farligt gods på riksväg 155 har identifierats som riskkälla för bebyggelsen längs riksväg 155.

4.1 Riskobjekt

För att ta reda på vilka risker som finns inom området längs väg 155 har omgivningen studerats övergripande med GIS och platsbesök. Längs väg 155 har inga riskobjekt identifierats som bedöms kunna påverka omgivningen vid en olycka. Inga verksamheter som kan anses vara start- och målpunkter för transporter för farligt gods har heller identifierats.

De riskobjekt som orsakar transporter med farligt gods förefaller alla ligga inom Öckerö kommun.

4.2 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (12) som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio olika klasser enligt de så kallade ADR-S-systemet som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 3 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 3. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S Klass	Ämnen	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton (12).	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.
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.
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.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
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.
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.

7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet (13). Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

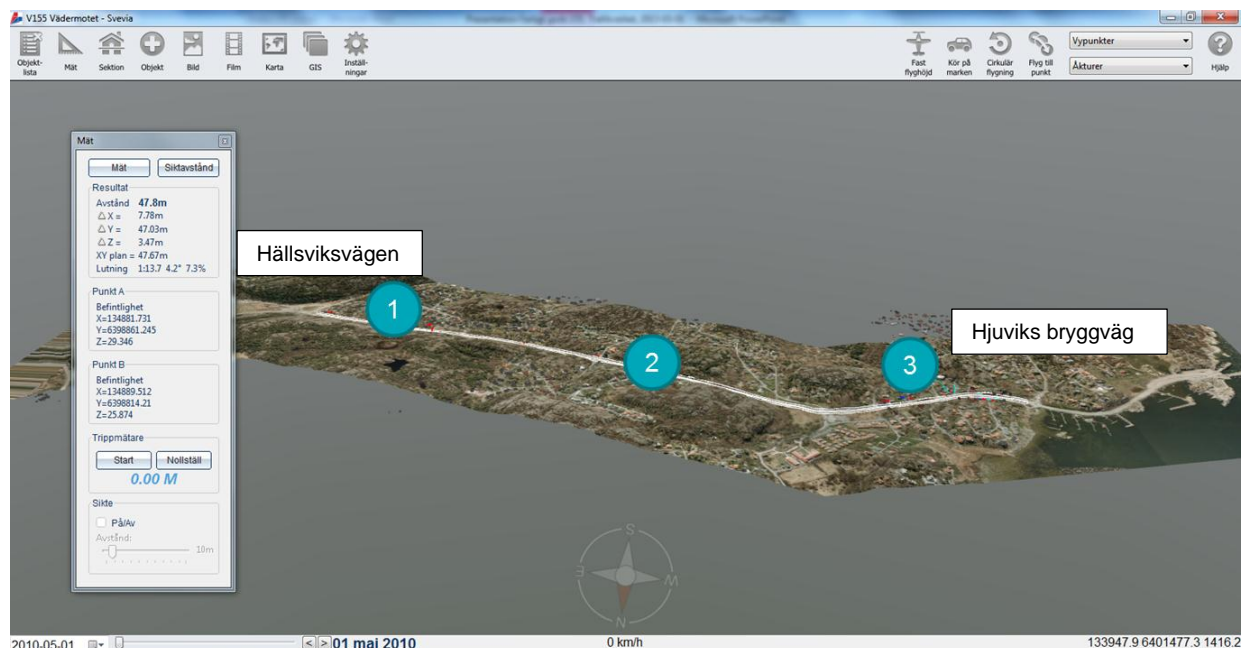
Enligt information från Trafikverkets statistik för farligt gods-transporter på färjorna mellan Lilla Varholmen och Hönö/Björkö (14) förekommer i genomsnitt 660 farligt godstransporter per år. Detta innebär att 0,27 % av tunga transporter utgörs av farligt gods. Eftersom inga andra start- eller målpunkter för farligt gods har identifierats längs aktuell sträckning av väg 155 görs bedömningen att alla farligt gods-transporter som trafikerar färjan även passerar bebyggelsen längs väg 155.

Enligt Trafikverkets statistik utgör 87 % av det farliga godset av brandfarlig vätska, 12 % gas och 1 % övriga farligt godsklasser. Större delen av gastransporterna utgörs av den brandfarliga gasen gasol. Som konservativ representant för övriga farligt godsklasser väljs explosiv vara klass 1.

En sammanställning över förekommande och prognostiserade transporter ges i Bilaga A.

4.3 Identifiering av utsläppsplatser där särskild utredning genomförs

Ett hjälpmedel för att bedöma konsekvenserna av en viss typ av utsläpp mer detaljerat är att använda en VR-modell (Virtual Reality). På grund av att topografin utmed vägsträckan skiljer sig åt är det svårt att uppskatta vätskans utbredning från en eventuell tankbilsolycka och därmed hur stora konsekvenserna blir. I VR-modellen har därför ett antal utsläppspunkter placerats ut var 20:e meter både på vägen och vid sidan av vägbanan för att se vätskans utbredning och var eventuella pölansamlingar kan ske. Med utgångspunkt från VR-modellen väljs en plats för respektive vägsträcka ut där släntproblematiken studeras mer ingående, se Figur 15.



Figur 15. Val av tre utsläppsplatser i VR-modellen.

1. Höjdskillnader mellan väg 155 och omgivningen gör att en större pöl bildas och att pölens bortre kant hamnar 82 m från vägkanten.
2. Ingen direkt höjdskillnad. Pölens kant antas hamna vid rännstenen vid vägens kant.
3. Höjdskillnader mellan väg 155 och omgivningen gör att ett läckage kan rinna längre än 130 m från vägen, pölens bortre antas hamna 130 m från vägkanten.

4.4 Sammanställning av olycksscenarioer

Baserat på konsekvensbeskrivningarna i Tabell 3 och aktuella avstånd mellan transportleden för farligt gods och befintlig bebyggelse, behandlas följande riskscenarier vidare i analysen:

- Farligt godsolycka med explosiv vara (klass 1).
- Farligt godsolycka med brandfarligt gasutsläpp (klass 2.1).
- Farligt godsolycka med brandfarlig vätska (klass 3).

5 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta kapitel redovisas individ- och samhällsrisknivå med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods. Dessa nivåer har värderats med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.1.

5.1 Risknivå med avseende på farligt gods

Individrisknivån redovisas som en individriskprofil medan samhällsrisknivån redovisas med F/N-kurvor. I diagrammen redovisas risknivån för hastigheterna 50 och 70 km/h för att få en uppfattning om hastighetens betydelse. För utredningsalternativet presenteras även en sänkt hastighet till 40 respektive 60 km/h då en hastighetssänkning på väg 155 kan komma att ske i samband med vägbreddningen.

Resultatet för individ- och samhällsrisk presenteras i bilaga F för tio olika alternativ där indata till beräkningarna presenteras i bilaga A-C. I alternativ 1-4 utgår farligt gods-fördelningen från statistik från (14) medan i alternativ 5-10 utgår farligt gods-fördelningen från statistik från (14) som sedan har justerats för att anpassas till en framtida fördelning, se vidare Bilaga A. I nulägesalternativen har en befolkningstäthet på 1450 personer/km² antagits och för nollalternativen och utredningsalternativen har en befolkningstäthet på 1550 personer/km² antagits (15). Anledningen till att det finns två nollalternativ är för att undersöka hur stor påverkan en justering av fördelningen av farligt gods har på resultatet. Utredningsalternativet presenteras även som två alternativ då en hastighetssänkning i samband med vägbreddningen kan komma att ske.

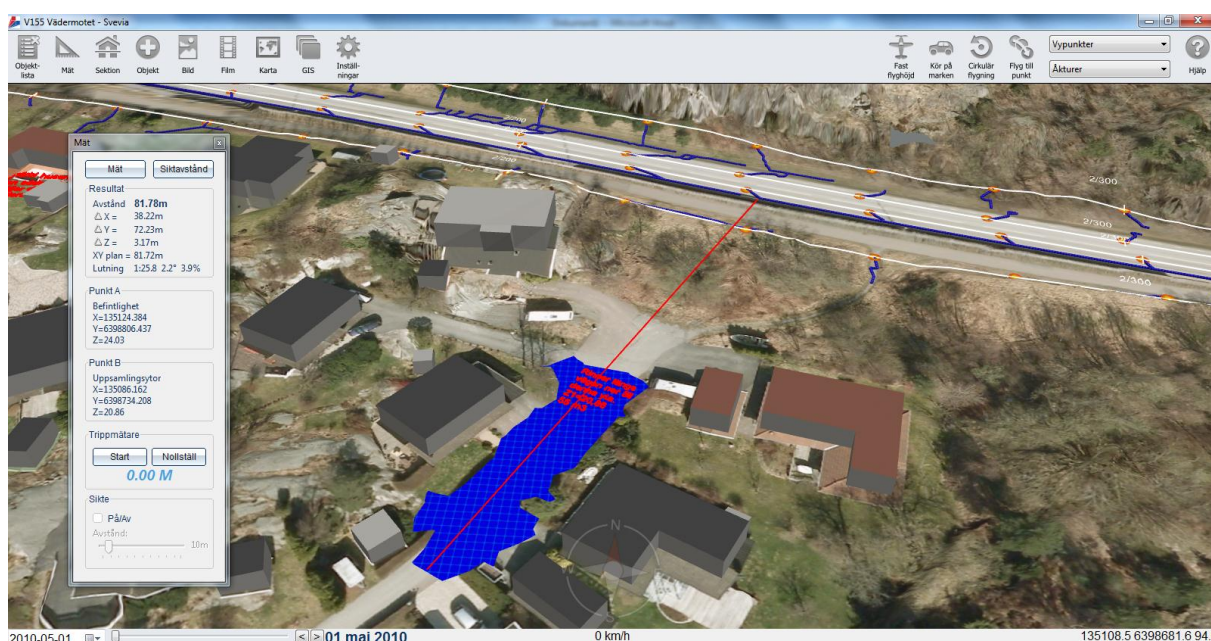
Tabell 4. Redogörelse av de tio olika alternativen.

	Sträcka	Hastighet	Befolkningstäthet	Farligt gods-fördelning
Alternativ 1 (nulägesalternativ)	Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviks väg	50 km/h	1450 personer/km ²	Enligt statistik
Alternativ 2 (nulägesalternativ)	Torslanda Hästeviks väg - Hällsviksvägen	70 km/h	1450 personer/km ²	Enligt statistik
Alternativ 3 (nollalternativ)	Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviksväg	50 km/h	1550 personer/km ²	Enligt statistik
Alternativ 4 (nollalternativ)	Torslanda Hästeviks väg - Hällsviksvägen	70 km/h	1550 personer/km ²	Enligt statistik
Alternativ 5 (nollalternativ)	Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviks väg	50 km/h	1550 personer/km ²	Enligt statistik med anpassning till framtida fördelning
Alternativ 6 (nollalternativ)	Torslanda Hästeviks väg - Hällsviksvägen	70 km/h	1550 personer/km ²	Enligt statistik med anpassning till framtida fördelning
Alternativ 7 (utredningsalternativ)	Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviks väg	50 km/h	1550 personer/km ²	Enligt statistik med anpassning till framtida fördelning
Alternativ 8 (utredningsalternativ)	Torslanda Hästeviks väg – Hällsviksvägen	70 km/h	1550 personer/km ²	Enligt statistik med anpassning till framtida fördelning

Alternativ 9 (utredningsalternativ)	Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviks väg	40 km/h	1550 personer/km ²	Enligt statistik med anpassning till framtida fördelning
Alternativ 10 (utredningsalternativ)	Torslanda Hästeviks väg - Hällsviksvägen	60 km/h	1550 personer/km ²	Enligt statistik med anpassning till framtida fördelning

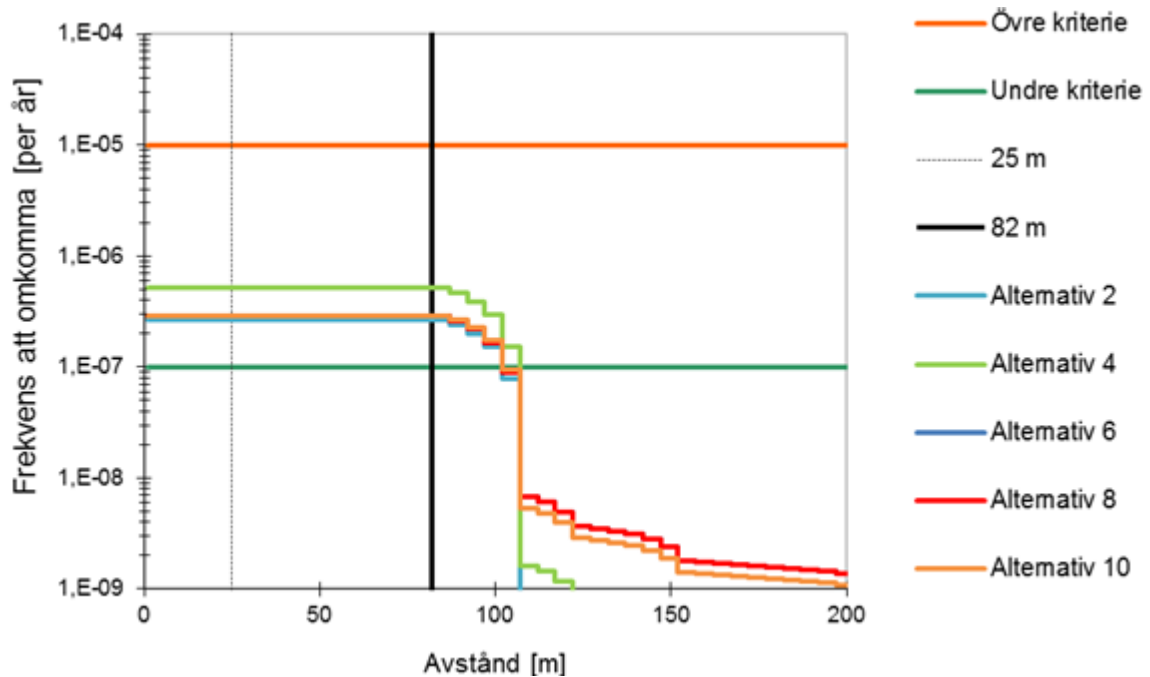
Nedan anges resultatet för individrisken där resultatet presenteras i tre olika punkter för respektive vägsträcka. Med hjälp av identifieringen av pölansamlingar intill vägbanan kan individriskkurvorna justeras för att ta hänsyn till pölutbredningen, där avståndet till pölkanten adderas till den ursprungliga individriskkurvan för en eventuell olycka på vägbanan.

5.1.1 Individrisknivå för utsläppsplats 1



Figur 16. Utsläppsplats 1, pölkanten hamnar 82 m från väggkanten.

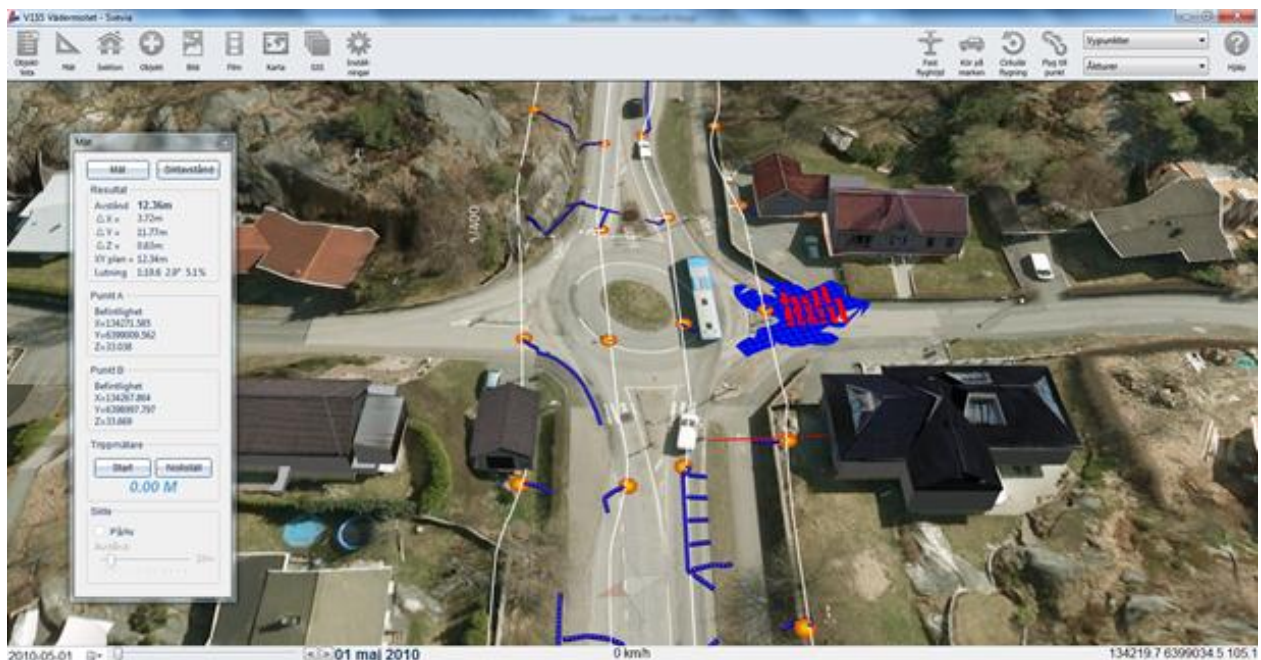
Vid utsläppsplats 1 rinner vätskan iväg och ansamlas i en pöl vars borte pölkant hamnar ca 82 m från väggkanten. Scenariot är detsamma för nuläget, nollalternativet och utredningsalternativet.



Figur 17. Individriskprofil för utsläppsplats 1. Alternativ 2 är nulägesalternativet, 4 och 6 är nollalternativet samt 8 och 10 är utredningsalternativet.

Individrisken för utsläppsplats 1 visar att risknivån befinner sig inom ALARP upp till ca 110 m från vägkanten för nuläget, nollalternativet och utredningsalternativet. Resultatet från individrisken visar att alternativ 4 (nollalternativet utan anpassning till en framtida fördelning av farligt gods) har en högre individrisk fram till ca 110 m från vägkanten. Detta beror på att andelen farligt gods klass 3 är högre vilket har ett konsekvensområde inom 30 m. Alternativ 6 är placerat under alternativ 8 vilket medför att individrisken är densamma för noll- respektive utredningsalternativet med samma hastighet och fördelning av farligt gods.

5.1.2 Individrisknivå för utsläppsplats 2

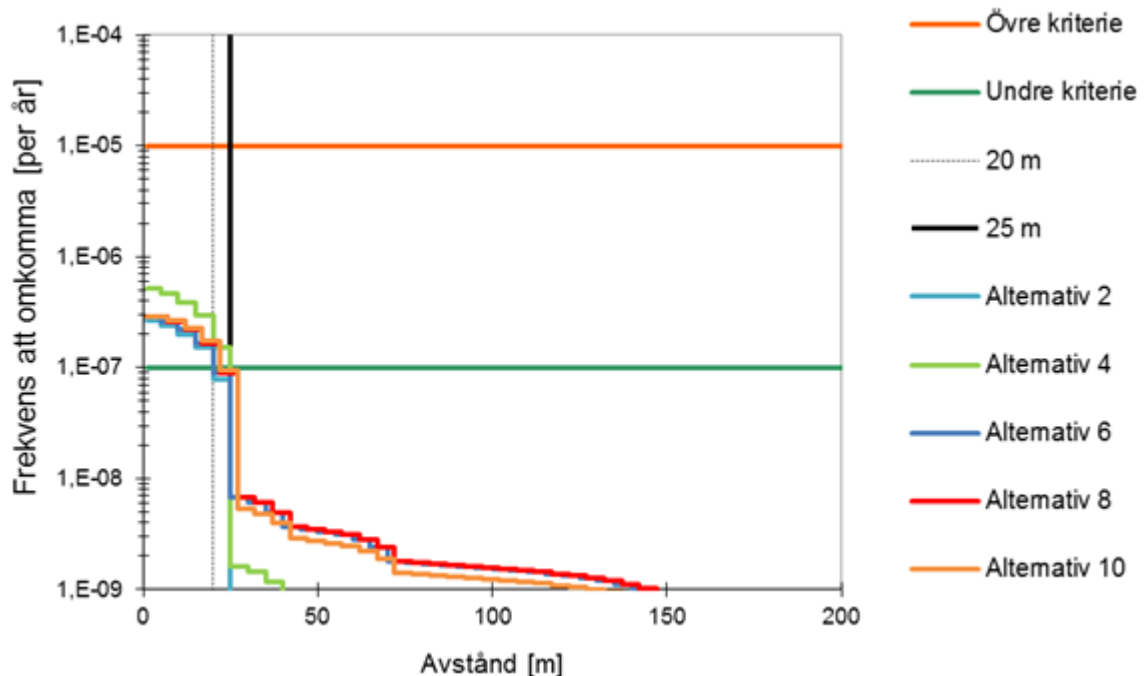


Figur 18. Utsläppsplats 2, nuläge och nollalternativ. Pölkanten hamnar vid vägkanten. Avståndet till närmsta byggnad är ca 12 m.



Figur 19. Utsläppsplats 2, utredningsalternativ. Pölkanten hamnar vid väggkanten. Avståndet till närmsta byggnad förkortas till ca 10 m, p.g.a. att vägen breddas.

Vid utsläppsplats 2 antas att pölen stannar på vägen och inte rinner iväg. För nuläget och nollalternativet är avståndet 12 m mellan väggkant och den närmsta byggnaden. För utredningsalternativet, då vägen breddas, kommer detta avstånd att minska till ca 10 m.

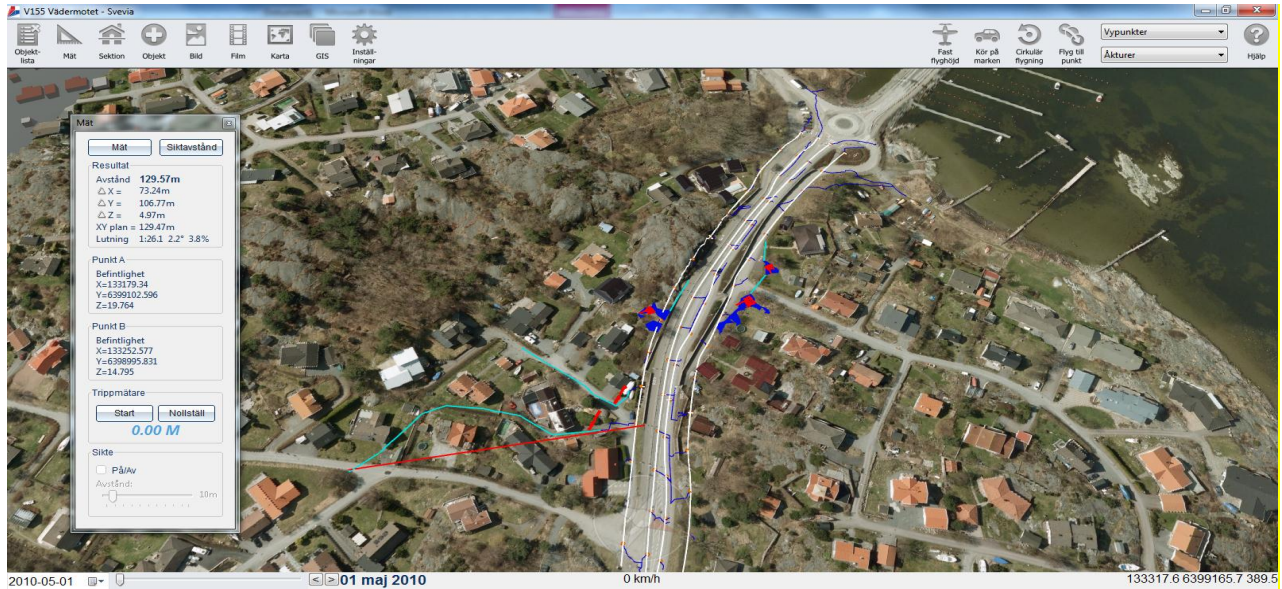


Figur 20. Individriskprofil för utsläppsplats 2. Alternativ 2 är nulägesalternativet, 4 och 6 är nollalternativet samt 8 och 10 är utredningsalternativet.

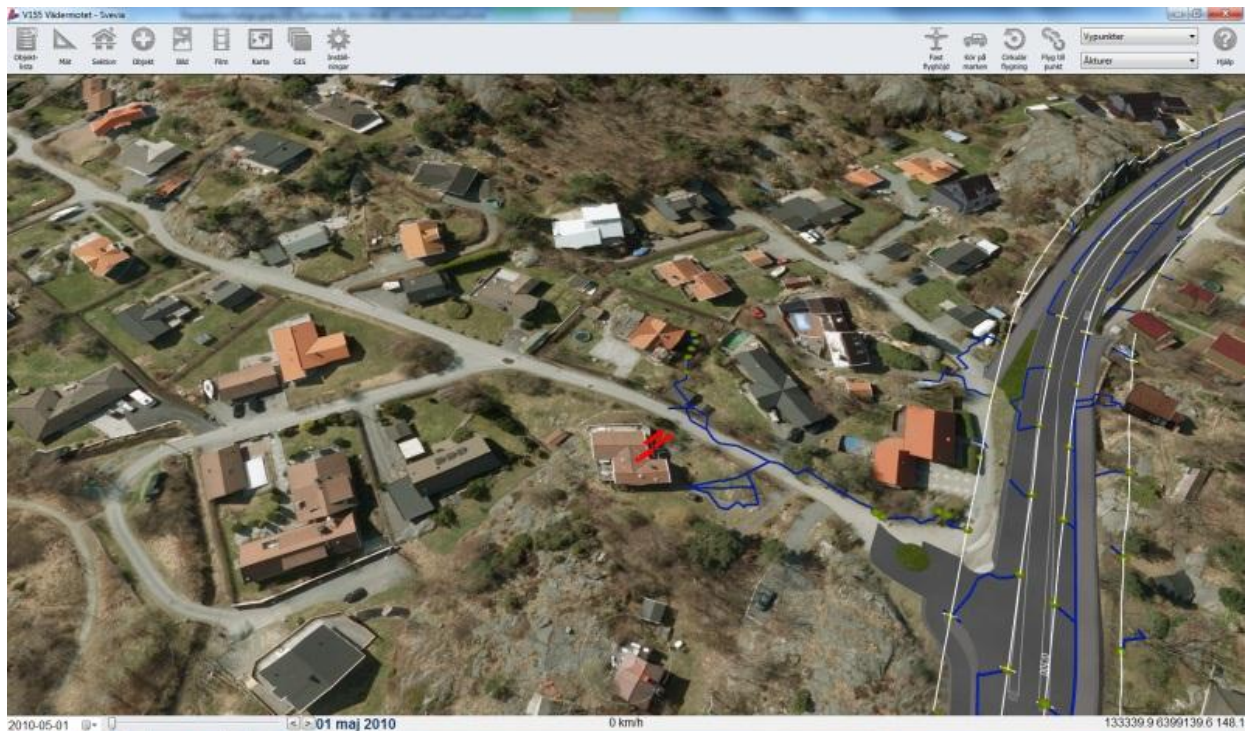
Individrisken för utsläppsplats 2 visar att risknivån befinner sig inom ALARP till ca 25 m för nuläges- och nollalternativet. För utredningsalternativet, där väggkanten flyttats ca 2 m närmre befintlig bebyggelse ham-

nar ALARP på ca 27 m. Alternativ 6 är placerat under alternativ 8 vilket medför att individrisken är ungefär densamma för noll- respektive utredningsalternativet med samma hastighet och fördelning av farligt gods.

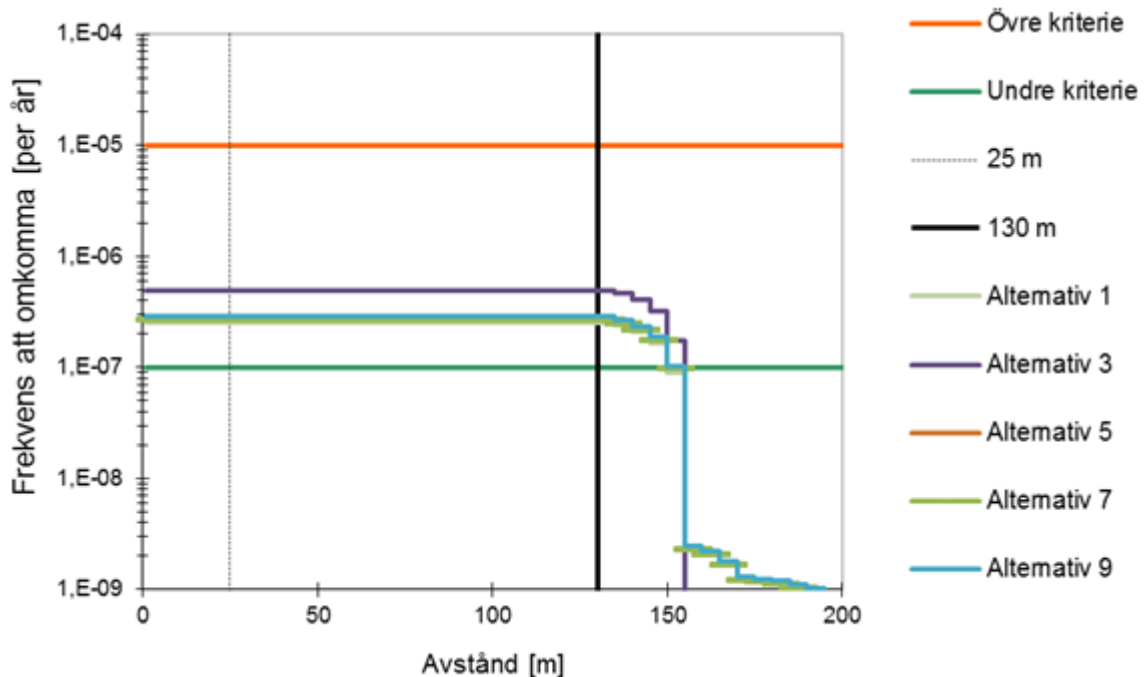
5.1.3 Individrisknivå för utsläppsplats 3



Figur 21. Utsläppsplats 3, nuläge och nollalternativ. Pölkanten hamnar ca 130 m från väggkanten.



Figur 22. Utsläppsplats 3, utredningsalternativ. Pölkanten hamnar ca 130 m från väggkanten.

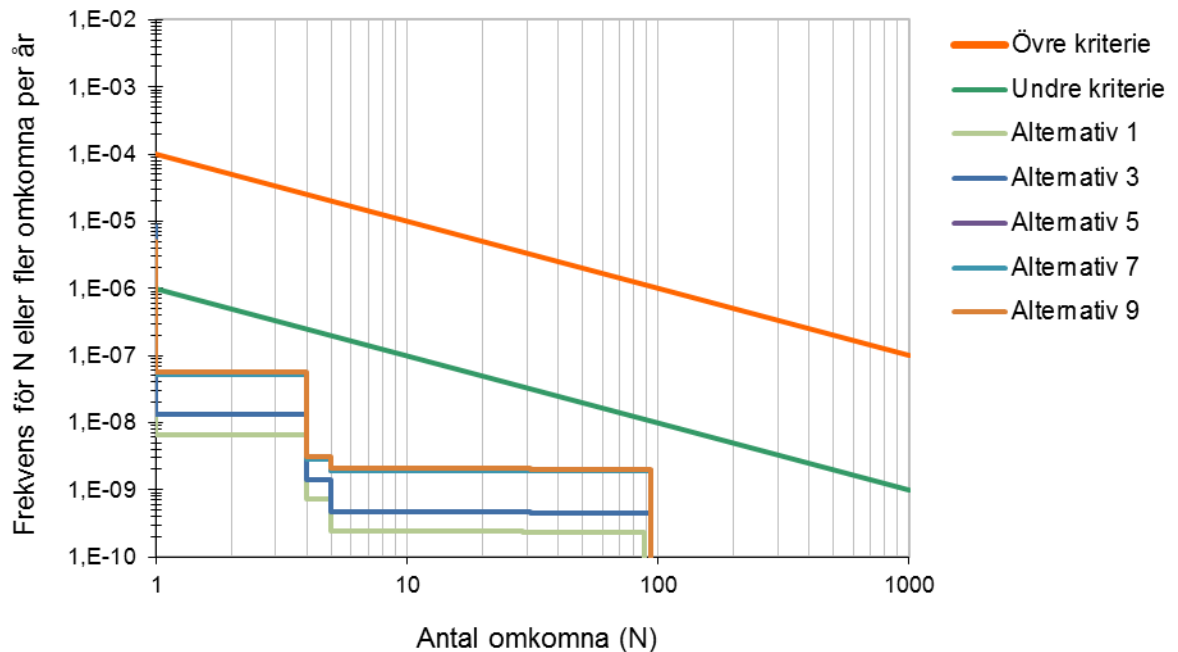


Figur 23. Individriskprofil för utsläppsplats 3. Alternativ 1 är nulägesalternativet, 3 och 5 är nollalternativet samt 7 och 9 är utredningsalternativet.

Individrisken för utsläppsplats 3 visar att risknivån befinner sig inom ALARP upp till ca 160 m från vägkanten för nuläget, nollalternativet och utredningsalternativet. Alternativ 5 är placerat under alternativ 7 vilket medför att individrisken är ungefär densamma för noll- respektive utredningsalternativet med samma hastighet och fördelning av farligt gods.

5.1.4 Samhällsrisknivå nollalternativ

Enligt Figur 24 ligger samhällsrisknivån inom en kvadratkilometer räknat, med avseende på farligt godstransporter, på nivåer som är att betrakta som acceptabla förutom vid en omkommen person. Detta skadefall härleds till händelsen stor pölbrand vilket har ett konsekvensavstånd på 27 meter, se avsnitt F.2. Trots närliggande villabebyggelse är persontätheten så låg att samhällsrisknivån blir förhållandevis liten. Samhällsrisknivån presenteras enbart för sträckan Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviksväg då denna sträcka har högst befolkningstäthet samt befolkning på båda sidor av vägen. Då övriga sträckor har en lägre befolkningstäthet samt ej boende på båda sidor av vägen kommer en lägre samhällsrisknivå att erhållas. Resultatet för samhällsrisknivån för nuläges-, noll- och utredningsalternativet uppvisar ett liknande resultat och likartade slutsatser kan erhållas för alla alternativen. Alternativ 5 är placerat under alternativ 7 vilket även medför att samhällsrisknivån är ungefär densamma för noll- respektive utredningsalternativet med samma hastighet och fördelning av farligt gods.



Figur 24. Samhällsriskenivå med avseende på farligt gods-transporter på väg 155. Alternativ 1 är nulägesalternativet, 3 och 5 är nollalternativet samt 7 och 9 är utredningsalternativet.

I de fall brandfarlig vätska rinner ner från vägområdet mot bebyggelsen bedöms en pölbrand kunna påverka fler byggnader vilket kan leda till att fler än en person omkommer vid en större pölbrand. Om man antar att tio personer i stället för en omkommer bedöms FN-kurvan förflyttas åt höger så att risknivån hamnar i den övre delen av ALARP-området.

5.2 Sammanfattning av risknivå med avseende på farligt gods

Flera befintliga bostadshus är idag lokaliserade inom 30 m från väg 155 och kan därmed påverkas vid en olycka med farligt gods.

Den mest betydande risken är problematiken med slänter från vägen vilket kan innebära att utsläpp av brandfarlig vätska rinner mot bebyggelsen. Detta problem finns och har funnits under en lång tid. Den planerade breddningen av väg 155 kommer på vissa platser att öka avståndet som omgivningen kan påverkas av vid en farligt gods-olycka, med avståndet som vägen breddas, d.v.s. maximalt 5 m. I sammanhanget där problematiken med befintliga slänter gör att utsläpp med brandfarlig vätska i värsta fall kan rinna upp till 130 m är därmed påverkan till följd av vägbreddningen marginell.

I vissa fall förskjuts individriskprofilerna långt åt höger samtidigt som de befinner sig inom ALARP-området.

Samhällsrisken blir generellt låg för olyckor med farligt gods eftersom persontätheten inom bebyggelse är förhållandevis låg. I de fall farligt gods rinner ner för slänter och påverkar flera byggnader och människor genom strålning, kan man i värsta fall förvänta sig att fler människor omkommer. Om denna ökning är motsvarande en faktor 10 kommer F/N-kurvan att förskjutas åt höger så att samhällsrisken hamnar i den övre delen av ALARP-området. Denna problematik förekommer dock inte på hela sträckan vilket innebär att en sådan förskjutning bedöms vara alltför konservativ.

Då den nuvarande risknivån utmed vägen är betydande till följd av slänter samt att delar av befintlig bebyggelse ligger nära transportleden för farligt gods bör riskreducerande åtgärder vidtas ur riskhänseende. I nästa kapitel redovisas förslag på riskreducerande åtgärder.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder kan antingen vara sannolikhetsreducerande (olycksförebyggande) eller konsekvensbegränsande (skadebegränsande). Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (11). De åtgärder som presenteras nedan är generella riskreducerande åtgärder där dess för- och nackdelar diskuteras.

6.1 Markåtgärder

6.1.1 Dike

Åtgärden innebär att ett dike anordnas för att samla upp utsläpp. Åtgärden reducerar konsekvensen av ett vätskeutsläpp som kan ge pölbrand, då pölens utbredning koncentreras till diket. Åtgärden kan med fördel kombineras med vall, se avsnitt 6.2.2 nedan. Dikets djup och bredd bör utredas i detalj för att säkerställa den riskreducerande effekten. Åtgärder för att begränsa pölbrand bedöms som mycket effektiva avseende väg 155 där merparten farligt gods utgörs av brandfarlig vätska.

6.1.2 Brunnar

Åtgärden innebär att brunnar anordnas på vägen eller vid väggkant för att samla upp utsläpp och reducera pölstorlek samt flammhöjd och därmed stålningspåverkan mot omgivningen. Brunnars djup, bredd och utformning bör utredas i detalj för att säkerställa den riskreducerande effekten. Åtgärder för att begränsa pölbrand bedöms som mycket effektiva avseende väg 155 där merparten farligt gods utgörs av brandfarlig vätska.

6.2 Separations/barriäråtgärder

6.2.1 Avåkningsskydd

Ett avåkningsräcke placerat i väggkant närmst bebyggelsen kan, korrekt utformat, innebära att inga avåkande fordon hamnar nära byggnaderna. Dimensionering av avåkningsräcke bör göras för att hindra tunga fordon att köra in i befintlig bebyggelse eller att se till att eventuella läckage inte inträffar utanför vägområdet. Kombination med t.ex. en vall eller andra topografiska förutsättningar kan tillgodoses vid dimensionering av avåkningsräcke. Avåkningsskydd bedöms som en nödvändig åtgärd för de delar längs vägsträckan där inte berg, vallar eller andra fysiska hinder för avåkning finns. Syftet med avåkningsskydd i denna utredning är att ett utsläpp med brandfarlig vätska vid en olycka med en tankbil ska hamna på vägen och därmed kunna kontrolleras. Det är viktigt att utformningen av avåkningsskyddet utformas så att det samverkar med åtgärder som ska hindra att pölen rinner mot bebyggelsen och att pölens storlek reduceras. Avåkningsskyddet bedöms även reducera risk att fordon lämnar vägen och kolliderar med bebyggelse eller människor.

6.2.2 Vall

Åtgärden innebär att jordmassor placeras så att en vall bildas som en fysisk barriär mellan riskkällan och planområdet. Vallen kan kombineras med och förstärka alternativt helt ersätta ett dike och tjänar som en avgränsning vid utsläpp av vätskor och därmed begränsas både storlek och bildandet av pölar. Detta innebär begränsade bränder. En korrekt utformad vall kan även, med eller utan avåkningsräcke, fungera upptagande vid avåkning. På så sätt motverkas att avåkande fordon hamnar i närliggande bebyggelse. En eventuell valls höjd och utbredning bör utredas i detalj för att säkerställa riskreducerande effekt. Kombinationseffekter av avåkningsskydd/dike/vall bör också studeras för att ge optimal utformning. Vall är ofta en kostnadseffektiv åtgärd i de fall då schaktmassor finns att tillgå. Längs väg 155 kan det på vissa delar av sträckan vara svårt att placera en vall mellan vägen och befintlig bebyggelse på grund av utrymmesbrist.

6.2.3 Skyddsavstånd

Skyddsavstånd är normalt en effektiv åtgärd för att minska riskpåverkan från transportleder för farligt gods mot ny bebyggelse vid t ex upprättande av detaljplaner. Om både transportleden för farligt gods och omgivande bebyggelse är befintlig kan det bli svårt att reducera risken med nödvändigt skyddsavstånd om skyddsavståndet är längre än avståndet mellan bebyggelsen och transportleden. Om det inte går att reducera risken med andra åtgärder kan bebyggelse inom skyddsavståndet behöva flyttas eller exproprieras.

6.2.4 Mur/plank

Avskärmande konstruktioner i form av murar/plank etc används ofta i vägnära lägen för att i kombination reducera buller och riskpåverkan i planprocessen. Den riskreducerande effekten beror på höjd, utbredning, täthet samt motståndskraft mot den typ av konsekvenser skärmen skall reducera. Vanligen har skärmar störst effekt avseende brandpåverkan då den korrekt utformad ger viss strålningsreduktion. För andra olyckstyper, såsom t.ex. spridning av gaser eller tryckuppbyggnad vid explosioner har en skärm normalt begränsad effekt.

WSP har i en riskbedömning avseende farligt gods på ytvägnätet för Förbifart Stockholm (16) genomfört en fördjupad utredning avseende riskreduktion med flamskärm 4-5 m. Slutsatsen av denna utredning är att den strålningsreducerande effekten av skärmar med en höjd av 4-5 m är allt för begränsad. För att skärmar längs transportleder för farligt gods ska ge strålningsreduktion krävs att dessa skärmar blir betydligt högre, i nivå med flammhöjden, som kan vara över 25 m.

En tät mur av lämplig höjd (0,5-1m) kan tillsammans med ett avåkningsskydd vara den effektivast åtgärden för att hindra att brandfarligvätska rinner mot bebyggelse. Det är viktigt att avåkningsskyddet placeras närmre vägen än muren så att muren inte påverkas av krafter vid en avåkning utan kan separera ett vätskeutsläpp från bebyggelsen.

6.3 Utformningsåtgärder

6.3.1 Placering av friskluftsintag

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

I aktuellt fall förekommer sannolikt inga transporter med giftiga gaser på väg 155. Vid t.ex. brand på vägen skulle dock åtgärden ha viss effekt, dock ej så stor att åtgärden bedöms som rimlig i detta sammanhang. Det är även så att den planerade breddningen av vägen är av marginell betydelse vad gäller gaskoncentrationer i omgivande bebyggelse. Att åtgärder för vägbreddningen skulle bära kostnaderna för att anpassa omgivande villabebyggelses ventilationssystem anser WSP i detta fall vara orimligt.

6.3.2 Avstängningsbar ventilation

Åtgärden innebär att ventilationssystemet förses med möjlighet för central avstängning. Åtgärden har i stort sett samma syfte och effekt som beskrivs i avsnitt 6.3.1 ovan, men kräver dessutom manuell åtgärd vid olycka i omgivningen eller vid t.ex. VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten).

Åtgärden är i första hand relevant för större bygganden än villor. För byggnader med mekanisk ventilation (T/F-system) kan åtgärden ge viss riskreducerande effekt, dock ej så stor att åtgärden bedöms som rimlig i detta sammanhang.

6.3.3 Förstärkning av stomme eller fasad

Där åtgärd om förstärkt stomme eller fasad vidtas utförs byggnaden, eller del av byggnaden, med fasad och stomme som ska kunna motstå tryckökningar motsvarande exempelvis dimensionerande explosion. Åtgärden ska ge skydd mot fortskridande ras och stå emot påkörning. Utförandet innebär kraftigare konstruktion av stomme och fasad än normalt. I aktuellt fall är andelen explosiver som transporteras på väg 155 mycket litet och det bedöms därmed inte vara rimligt att förstärka stomme eller fasader för att motstå explosion.

För vissa av byggnaderna längs väg155 kan det dock bli relevant att förstärka stommar och fasader för att befintliga byggnader inte ska kollapsa, vid avåkning av fordon lastade med farligt gods och troligare, vanliga lätta och tunga fordon. Att uppföra ett robust avåkningsskydd bedöms dock vara en enklare och mer kostnadseffektiv åtgärd än att förstärka stomme eller fasad.

6.4 Fasadåtgärder

6.4.1 Ej öppningsbara fönster

Åtgärden innebär att fönster utförs fasta i fasader vettande mot riskkällan. Åtgärden har i stort sett samma syfte och effekt som beskrivs i avsnitt 6.3.1 ovan. I aktuellt fall förekommer inga transporter med giftiga gaser på väg 155. Vid t.ex. brand på vägen skulle dock åtgärden ha viss effekt, dock ej så stor att åtgärden bedöms som rimlig i detta sammanhang.

6.4.2 Brandskyddad fasad

Åtgärden innebär att fasad, inklusive eventuella fönster och dörrar utförs i brandteknisk klass, samt att krav ställs på byggnadens svårantändlighet. Fasader utförda i brandteknisk klass ska förhindra brandspridning genom väggen under en viss tid, beroende på brandens intensitet.

I de fall inte rekommenderade pölbegränsande åtgärder (dike/vall) i kombination med rekommenderat skyddsavstånd om 20-30 meter tillämpas kan brandklassade fasader mot vägen, i motsvarande klass EI 60 (inklusive dörrar och fönster) utgöra skydd för personer som vistas i byggnaderna. Denna åtgärd bedöms ha relativt goda förutsättningar att ge nödvändig effekt, men kostnader för denna åtgärd och ingrepp i befintliga byggnader kan bli besvärliga. Åtgärden bedöms även vara svår att genomföra eftersom även dörrar och fönster behöver utföras i brandteknisk klass där fönster inte kan vara öppningsbara och dörrar behöver försees med dörrstängare. Denna åtgärd bedöms därför inte vara lämplig avseende bostäder.

6.5 Hantering av risknivå

WSP anser inte att projektet att bredda väg 155 med ett busskörfält, det s.k. utredningsalternativet, medför att risken blir avsevärt högre än nuläget eller nollalternativet. Befintliga brister orsakade av slänter och att delar av befintlig bebyggelse ligger nära transportleden för farligt gods gör att den nuvarande risknivån är betydande och att riskreducerande åtgärder behövs.

Förslag på riskreducerande åtgärder presenteras i ett separat PM (se PM, Riskreducerande åtgärder – Väg 155 Öckeröleden, Lilla Varholmen – Gossbydal, daterat 2013-10-25).

7 Diskussion

I detta kapitel diskuteras de osäkerheter som föreligger i denna typ av bedömningar och vad dessa innebär för beräknade risknivåer.

7.1 Identifiering av osäkerheter

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

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

De antaganden som har gjorts har varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas. Därmed utgår även behov av känslighetsanalys, vilken endast skulle påvisa lägre risknivåer än de som redovisats i denna riskbedömning.

Det saknas trafik- och transportprognoser för år 2030, däremot finns bra dokumenterad indata för nuläget. I rapporten har en uppräknig av trafikprognoser gjorts med index enligt trafikökningarna som har mätts för aktuell sträcka under 2000-talet. Trafikprognosen för 2020 har även tagit hänsyn att en viss andel av trafikökningen reduceras med hjälp av utbyggnad av kollektivtrafiken och införandet av trängselskatter i Göteborg. Antagande om ÅDT (årsmedeldygnstrafik) har dock haft en marginell påverkan på resultatet då antalet farligt gods-transporter är kända och definierade i beräkningarna.

Antalet farligt gods-transporter år 2030 har antagits öka med 4 procent per år från år 2009 där antagandet av 4 procent utgår från ökningen av tunga transporter på väg 155 under 2000-talet. Troligtvis är farligt gods-transporterna överskattade, dock är antalet transporter lågt iförhållande till andra farligt gods-leder. I framtiden kommer troligtvis även en del av farligt gods-transporterna att minska till följd av att drivmedelbehovet ändras och därmed minskar farligt gods-transporterna. En stor del av det farliga godset på väg 155 utgörs av drivmedeltransporter. I framtiden antas drivmedelsbehovet och drivmedelstyperna ändras (elbilar, gasbilar etcetera). För att ta hänsyn till ett sådant scenario prövas en omflyttning av ADR-S klass 3 till ADR-S klass 2.1 för två av nollalternativen och alla utredningsalternativen.

I utredningsalternativet har hänsyn tagits till att hastigheten förväntas sänkas från 70 respektive 50 km/h till 60 och 40 km/h. De faktorer som har ändrats är olyckskvot, andel singelolyckor samt index för farligt gods-olycka. Värdena är hämtade från VTI-modellen där en interpolering mellan värdena har genomförts då VTI-modellen inte är definierad för 40 respektive 60 km/h. Vid sänkning av hastigheten från 50 till 40 km/h fanns inte samma vägtyp som i de övriga alternativen (trafikled) och därmed har gata/väg valts som egentligen inte är definierad för genomfartstrafik. Därmed bör beräkningarna för utredningsalternativet användas med viss försiktighet. Det är möjligt att en sänkning av hastigheten skulle kunna ha en mer positiv inverkan på individ- och samhällsriskerna.

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar, svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter samt 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 (17).

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 (17).

7.2 Analys av släntproblematik

Den utförda analysen av släntproblematiken förutsätter att brandfarlig vätska inte infiltrerar i marken, att flödesriktningen påverkas av mindre skillnader i topografin, att rännstenar och dagvattenbrunnar kan omhändertaga utsläpp på vägområdet. Analysen bedöms både vara konservativ och mindre konservativ, men den bedöms ändå vara tillräckligt tillförlitlig att utgå ifrån i denna riskbedömning.

7.3 Risknivå

Flera individriskprofiler redovisas i denna riskbedömning. På grund av släntproblematiken förskjuts flera individriskprofiler långt åt höger samtidigt som risknivån ligger inom eller under ALARP-området. Då släntproblematiken inte påverkar hamnar individrisken inom acceptabelt område 30 m från vägkanten. För de fall då släntproblematiken påverkar dröjer det till mer än 100 m innan en acceptabel risk erhålls. Risknivån är dock inte i den övre delen av ALARP-området eller oacceptabel. Under arbetets gång har inget specifikt samråd angående vilka riskkriterier som ska tillämpas skett. Valda riskkriterier har redovisats för räddningstjänsten, länsstyrelsen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap samt stadsbyggnadskontoret vid antal genomförda möten. Vid dessa tillfällen har inga specifika synpunkter framförts på valda riskkriterier och om de kan antas vara definierade för förhållanden i denna riskbedömning.

Även samhällsriskerna bedöms vara låga p.g.a. den låga befolkningstätheten. I de fall släntproblematiken är aktuell är det rimligt att samhällsriskerna ökar något för de olyckor som uppkommer med brandfarlig vätska. Det är dock svårare att jämföra risknivån för samhällsriskerna då denna är definierad för 1 km². Det är lättare att värdera individriskerna eftersom dessa beskriver en specifik plats längs vägens sträcka.

I två av nollalternativen och alla utredningsalternativen har fördelningen av farligt gods förändrats till följd av bedömningar om framtida förändringar i fordonsbränslen. I denna riskbedömning har en halvering av transporter av brandfarlig vätska bedömts medan brandfarlig gas bedöms öka till ca hälften av alla transporter med farligt gods. Denna förändring får till följd att de mer troliga riskerna med brandfarlig vätska minskar medan de mindre troliga olyckorna med brandfarlig gas ökar. I riskprofiler och F/N-kurvor syns detta som att risknivån inom ALARP-området minskar medan olyckor med större konsekvenser ökar, även om dessa fortfarande är acceptabla och under ALARP-området.

7.4 Genomförande av riskreducerande åtgärder

Att projektet med vägbreddningen ska ta ansvar för att uppnå en risknivå som idag anses som acceptabel utifrån nulägesbilden bedöms vara både problematisk och dyr. Vad som är ekonomiskt rimligt att kräva av väghållaren är en svår avvägning.

WSP bedömer, utan att vara insatt i ansvarsfrågan, att det skulle vara rimligt om de allvarligaste problemen med slänterna lokaliserats och att åtgärder för avåkningsskydd för tunga fordon och täta barriärer förhindrar att brandfarlig vätska rinner längre sträckor. Ur riskhänsyn är det även nödvändigt att uppförande av nybebyggelse inom ca 30 m från väg 155 inte tillåts och eventuellt regleras i berörda detaljplaner.

Förslag på riskreducerande åtgärder presenteras i ett separat PM (se PM, Riskreducerande åtgärder – Väg 155 Öckeröleden, Lilla Varholmen – Gossbydal, daterat 2013-10-25).

8 Slutsatser

Riskenivån för nuläget, nollalternativet och utredningsalternativet är generellt i den nedre delen av ALARP-området. I de fall problematiken med att brandfarlig vätska kan rinna ner för slänter förskjuts individrisk-profiler åt höger så att en acceptabel riskenivå erhålls ca 100 m från vägkanten, jämfört med ca 30 m i normala fall. Dessutom är flera bostadshus idag lokaliserade inom 30 m från väg 155. Detta innebär att flera bostadshus kan påverkas vid en farligt gods olycka på väg 155 idag samt för noll- och utredningsalternativet.

Den planerade breddningen av vägen med ett busskörfält kommer i detta sammanhang endast att ha marginell påverkan på riskenivån. Som mest bedöms individrisken påverka omgivningen ytterligare 5 m från vägkanten, men för större delen av väg 155 kommer detta avstånd att vara mindre.

Enligt definitionen av ALARP-området ska alla rimliga riskreducerande åtgärder vidtas för att riskenivån ska betraktas som acceptabel. Förslag på riskreducerande åtgärder presenteras i ett separat PM (se PM, Riskreducerande åtgärder – Väg 155 Öckeröleden, Lilla Varholmen – Gossbydal, daterat 2013-10-25).

Bilaga A Statistiskt underlag

I denna bilaga redovisas det statistiska underlag för transporter av farligt gods som ligger till grund för kommande bedömningar och beräkningar.

A.1 Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuvarande MSB) rapport *Farligt gods – riskbedömning vid transport* (9) 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 (13) och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan man använda två alternativa metoder. En så kallad olyckskvot uppskattas antingen utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

I utredningsalternativet har hänsyn tagits till att hastigheten förväntas sänkas från 70 respektive 50 km/h till 60 och 40 km/h. VTI-modellen inte är definierad för 40 respektive 60 km/h och en interpolering mellan värdena har därmed genomförts. Vid sänkning av hastigheten från 50 till 40 km/h fanns inte samma vägtyp som i de övriga alternativen (trafikled) och därmed har gata/väg valts som egentligen inte är definierad för genomfartstrafik. Därmed bör beräkningarna för utredningsalternativet användas med viss försiktighet.

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används uppmätta trafikmängder för år 2011 och 2012 (2) samt prognos för trafikflödet år 2020 (1). I tabell A.1-3 visas indata till beräkningsmodellerna för nulägesalternativet, nollalternativet och utredningsalternativet. Den totala sträckan Torslanda hästeviksväg – Hällsviksvägen har lagts samman till en sträcka då delsträckorna innehåller samma trafikmängd och hastighet.

För nulägesalternativet (år 2013) har uppmätta trafikmängder för år 2010 och 2011 använts tillsammans med en trafikökning på 2 % per år.

Tabell A.1. Trafikflöde, indata i beräknings-modellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för nulägesalternativet med olika hastighetsbegränsningar.

	Alternativ 1	Alternativ 2
ÅDT [fordon per dygn]	11250	12050
Hastighetsgräns [km/h]	50	70
Antal fordon med FG	2,1	2,1
Olyckskvot	1,5	0,9
Andel singelolyckor	0,1	0,25
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,002	0,002
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	454,2	444,2

För nollalternativet och utredningsalternativet (år 2030) har trafikprognos för år 2020 använts tillsammans med en trafikökning på 2 % per år.

Tabell A.2. Trafikflöde, indata i beräknings-modellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för nollalternativet med olika hastighetsbegränsningar.

	Alternativ 3	Alternativ 4	Alternativ 5	Alternativ 6
ÅDT [fordon per dygn]	12950	15700	12950	15700
Hastighetsgräns [km/h]	50	70	50	70
Antal fordon med FG	4,1	4,1	4,1	4,1
Olyckskvot	1,5	0,9	1,5	0,9
Andel singelolyckor	0,1	0,25	0,1	0,25
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,004	0,004	0,004	0,004
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	233,2	228,1	233,2	228,1

Tabell A.3. Trafikflöde, indata i beräknings-modellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för utredningsalternativet med olika hastighetsbegränsningar.

	Alternativ 7	Alternativ 8	Alternativ 9	Alternativ 10
ÅDT [fordon per dygn]	12950	15700	12950	15700
Hastighetsgräns [km/h]	50	70	40	60
Antal fordon med FG	4,1	4,1	4,1	4,1
Olyckskvot	1,5	0,9	1,6	1,15
Andel singelolyckor	0,1	0,25	0,1	0,175
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,004	0,004	0,005	0,006
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	233,2	228,1	218,6	171,2

A.2 Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Kunskapsmyndigheten för transportpolitik, Trafikanalys (tidigare SIKA) ansvarar för officiell statistik inom områdena transporter och kommunikationer, bland annat resvane- och varuflödesundersökningar. Från och med 2008 redovisas antal transporter samt transporterad mängd farligt gods inom ADR-S i den officiella statistiken.

År 2009 skedde totalt sett i hela Sverige omkring 415 000 transporter och den totala mängden gods var drygt 10 miljoner ton (18).

Den farligt gods-trafik som går på vägen finns inventerad och gäller 2009-2012 (februari) och ger i snitt 660 transporter per år (14) Fördelningen mellan de olika klasserna för nulägesalternativet ges av Tabell A.4.

Tabell A.4. Antalet farligt godstransporter utifrån statistiskt underlag samt fördelning mellan ADR-S klasser för nulägesalternativet.

	Alternativ 1	Alternativ 2
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	2,115360684	2,115360684
ADR-S klass		
1	0,05%	0,05%
2.1	12,21%	12,21%
3	87,17%	87,17%
Övriga	0,57%	0,57%

År 2030 kommer troligtvis fördelningen av transport av farligt gods att vara annorlunda jämfört med idag då det kommer att krävas förändringar av transportsektorn för att uppnå uppsatta klimatmål. Detta kommer att leda till att mängden förnybara drivmedel kommer att öka och fossila bränslen kommer att minska. I en rapport för utsikterna för förnybara drivmedel i Sverige har en litteratursökning genomförts för att bland annat ta reda på hur olika aktörer ser på framtiden för förnybara drivmedel. Sammanställningen visar att det finns en stor variation bland olika aktörer för framtiden av förnybara drivmedel. Variationen för biodrivmedel år 2030 är 6-56 % för vägsektorns energianvändning. Den stora variationen visar att det finns stora osäkerheter angående förutsättningarna för att introducera biodrivmedel i transportsektorn, exempelvis förekomsten av styrmedel (19). Utifrån rapporten anses 40 % vara ett representativt värde för ADR-S klass 2.1 transporter. Vidare antas att ADR-S klass 3 minskar med lika många procentenheter som klass 2.1 ökar. I tabell A.5 visas fördelningen mellan de olika klasserna för nollalternativet och i Tabell A.6 för utredningsalternativet.

Tabell A.5. Antalet farligt godstransporter utifrån statistiskt underlag samt fördelning mellan ADR-S klasser för nollalternativet.

	Alternativ 3	Alternativ 4	Alternativ 5	Alternativ 6
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	4,120512124	4,120512124	4,120512124	4,120512124
ADR-S klass				
1	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
2.1	12,21%	12,21%	52,21%	52,21%
3	87,17%	87,17%	47,17%	47,17%
Övriga	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%

Tabell A.6. Antalet farligt godstransporter utifrån statistiskt underlag samt fördelning mellan ADR-S klasser för utredningsalternativet.

	Alternativ 7	Alternativ 8	Alternativ 9	Alternativ 10
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	4,120512124	4,120512124	4,120512124	4,120512124
ADR-S klass				
1	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
2.1	52,21%	52,21%	52,21%	52,21%
3	47,17%	47,17%	47,17%	47,17%
Övriga	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%

Bilaga B Frekvensberäkningar

Frekvensberäkningarna går i korthet ut på att en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka beräknas med hjälp av VTI-modellen. Med hjälp av händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Dessa händelseträd utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till den geografiska avgränsning som analysen har. Händelseträden som presenteras i kapitlet redovisas för väg 155 alternativ 1. De andra alternativen kommer att ändras på grund av en annan fördelning av ADR-S klasser, olyckskvoter, andel singelolyckor samt index för farligt gods. Utifrån tabellerna i bilaga A kan dock händelseträdet beräknas även för övriga alternativ.

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

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål (12). 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.

I det tillgängliga underlag som finns i Trafikverkets sammaställning för farligt gods vid Lilla Varholmen är det sannolikt en eller ett fåtal transporter med fyrverkerier som avses. Väg 155 är utpekad som en primär transportled för farligt gods så det kan inte uteslutas att det kan komma transporter med klass 1 för t ex sprängningsarbeten. Därför antas konservativt denna ADR-S klass motsvara det nationella genomsnittet avseende transport.

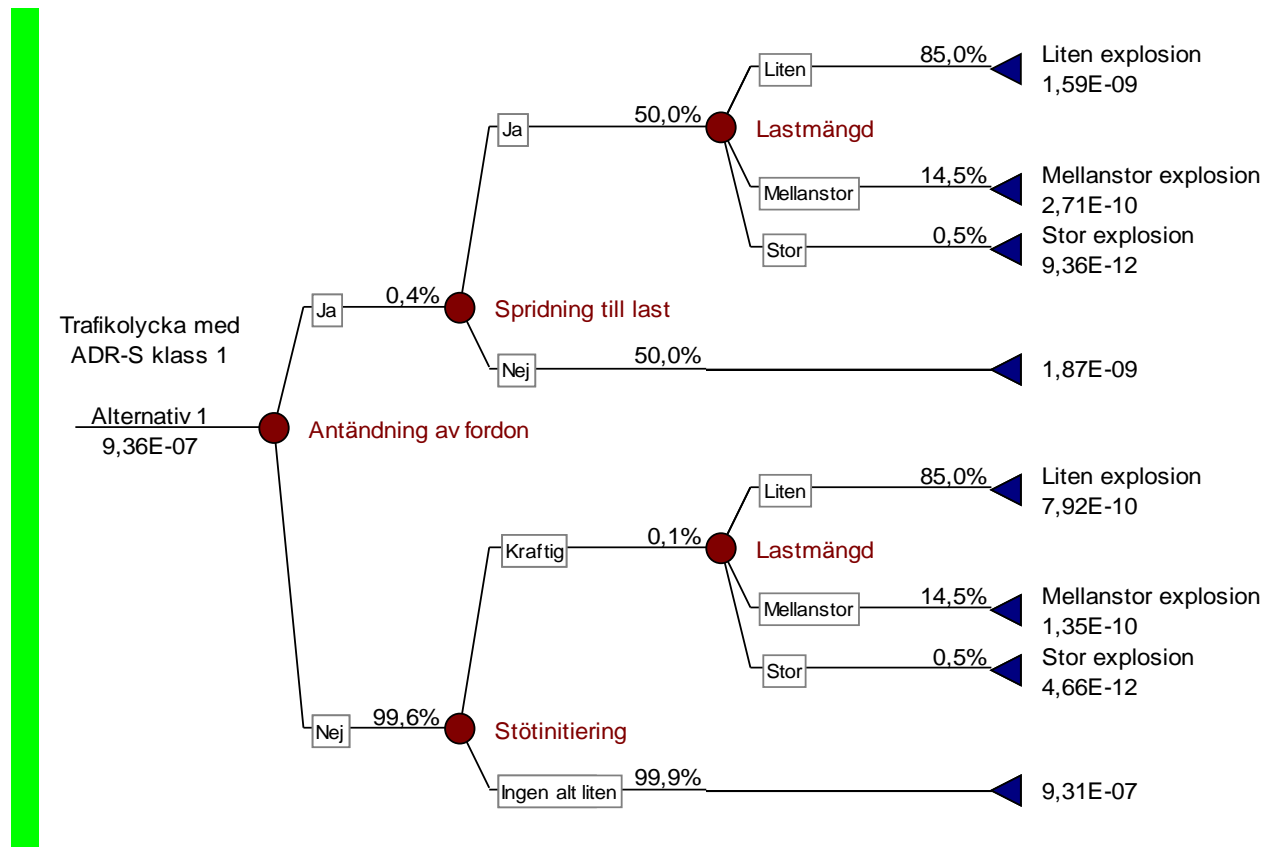
B.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) (20) utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion), medan riskgrupp 1.3 (ämnen och föremål med risk för brand och mindre risk för tryckvåg, splitter och kaststycken men inte för massexplosion) och 1.4 (ämnen och föremål med endast obetydlig explosionsrisk) står för 5-10 % och 1.2, 1.5 och 1.6 i stort sett inte transporteras alls. Baserat på denna information används vidare riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

Avgörande för explosionsverkan är transporterad mängd av det explosiva ämnet. Maximal mängd massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton men det absoluta flertalet av transporterna innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor. Transporter av ADR-S klass 1.1 med större mängder utgörs huvudsakligen av genomfartstrafik, och trafik till centrallager placerade runt om i landet. De transporter som har mindre mängd utgör transporter från centrallagren till plats där sprängning ska genomföras.

B.1.2 Händelseträd med sannolikheter

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

B.1.2.1 Antändning av fordon

Då brand kan leda till att ett explosivt förlopp initieras ges i detta avsnitt en övergripande beskrivning av möjliga brandscenarier som kan påverka farligt gods-transporter.

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.

Det finns i dagsläget endast begränsad statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer (21). Denna siffra utgör en sammanlagd kvot för fordonsbrand oberoende av orsak (tekniska fel eller till följd av trafikolycka). Brandscenarier som uppkommer på grund av tekniskt fel antas dock ha ett långsammare händelseförlopp än de brandscenarier som uppkommer i samband med olyckor.

Svensk statistik visar på att sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna är cirka 0,4 % (22) (23).

B.1.2.2 Brandspridning till lasten

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

I den utbildning som chaufförer av ADR-S transporter enligt regelverket måste gå, ingår det praktiska övningar om åtgärder vid brand och spill samt hur man ska agera vid olycka. I utbildningens övningsplan ingår följande moment avseende brand:

- Kunskap om uppgifter i de skriftliga instruktionerna.
- Kännedom om brandtriangeln och olika släckmetoder.
- Kännedom om handbrandsläckares användningsområden och olika typer av släckmedel, konstruktion, kapacitet och serviceintervaller.
- Kunskap om vilka släckare som krävs enligt ADR-S och hur dessa används effektivt vid brand.
- Kännedom om vilka sorptionsmedel som kan användas vid spill av olika typer av ämnen.
- Kännedom om olika metoder för invallning samt skydd för dagvattenbrunnar med hjälp av medförd utrustning.
- Kunskap om hur man larmar och vilka upplysningar som skall lämnas.

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats (24), med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på vägnätet i Sverige (förutom i tunnlar), 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 i sinom tid släckas 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 (4), att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

B.1.2.3 Stöt

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s (25). Till skillnad från brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som krävs för detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO (26) att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

Moderna lastbilar är noggrant testade och utformas så att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner. Detta för att skydda föraren och eventuell passagerare samt de som eventuellt krockar med en lastbil. 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. En viktig faktor att beakta är dock faran för att godset inte är förpackat, fastspänt eller på annat sätt inte transporteras på anvisat sätt.

Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

B.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 (27) (28).

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) (29) 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 (30). Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Enligt Polisen (31), som tidigare var tillståndsmyndighet¹ för hantering av explosiva varor, utgörs transporter till målpunkter för sprängningsarbeten utav transporter med laster på 60 kg, 60-500 kg, 500-1000 kg. 1000 kg utgör maximalt tillåtna mängder för transport i så kallade EX/II-bilar då de fraktar riskgrupp 1.1. Därtill sker vissa transporter till lite större sprängningsarbeten där transportererna sker med EX/III fordon och då fraktas mellan 1000-5000 kg. Ett exempel på sprängningsarbeten av denna storlek är när dagbrott ska spränga fram nytt material till framställning av stenkross-produkter. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i Tabell B.1 nedan, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell B.1. 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

B.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) (12). 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), brännbara gaser eller giftiga gaser.

B.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, gaserna är vanligtvis inte giftiga². Den lägsta tändenergi för brandfarliga gaser och bränsleångor är väldigt låg, i många fall lägre än den energi en människa kan förnimma med fingerspetsen. Brandfarliga gaser är ofta luktfria (32). Gasol är ett exempel på en kondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg (4).

För brännbara gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typen av antändning. Om den, under tryck, läckande gasen antänds omedelbart uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är en så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

¹ Efter införande av den nya lagen om brandfarliga och explosiva varor (2010:1011) vilar ansvaret för tillståndshanteringen nu på kommunerna.

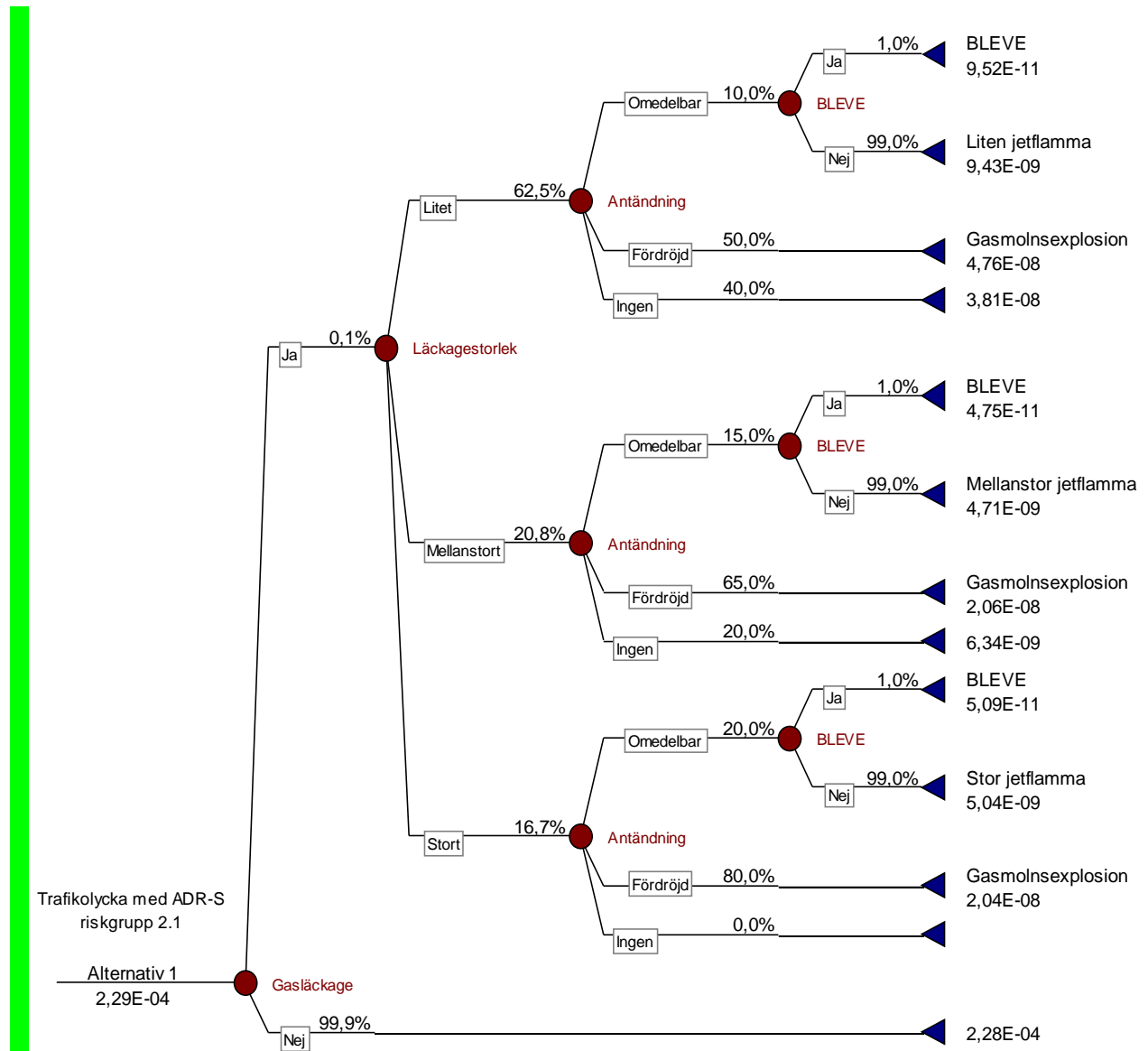
² Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

B.2.1.1 Representativt ämne

Gasol antas utgöra ett representativt ämne att basera beräkningarna på, då gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns och det faktum att den ofta transporteras tryckcondenserad gör den till ett konservativt val.

B.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur B.2 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur B.2. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

B.2.2.1 Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet (33). Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 (9), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $0,02 \cdot 1/30 = 0,067\%$ för 50 km/h respektive $0,11 \cdot 1/30 = 0,37\%$ för 70 km/h.

B.2.2.2 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 (9) 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 % (9).

B.2.2.3 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. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % (34), 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 %.

B.2.2.4 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 tycket. 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 skall infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning, vilket medför att en BLEVE inte kan inträffa.

B.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

Inga giftiga gaser har rapporterats transporteras på sträckan och bedöms inte förekomma på väg 155 och utelämnas i fortsatta beräkningar och resonemang.

B.3 ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

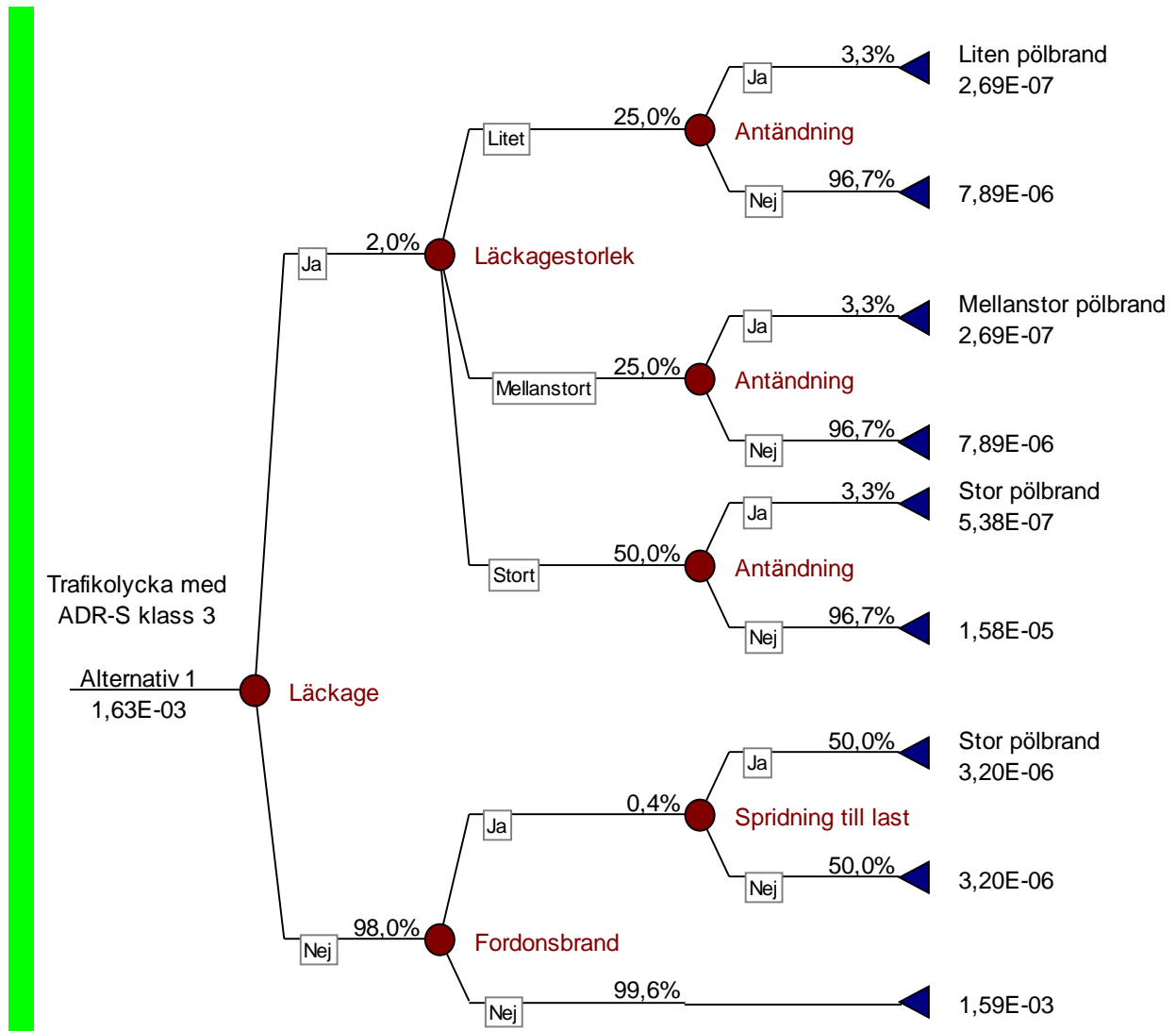
ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

B.3.1 Transporterad mängd

De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor. Under 2008 och 2009 utgjorde ADR-S klass 3 cirka 70 % av samtliga transporter med farligt gods.

B.3.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur B.3. redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur B.3. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 3.

B.3.2.1 Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 2 % för 50 km/h respektive 11 % för 70 km/h (9).

B.3.2.2 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 (35) (36). Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % (9). De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

B.3.2.3 Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 (37). 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 bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % (26).

B.3.2.4 Fordonsbrand

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

B.3.2.5 Spridning till last

Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

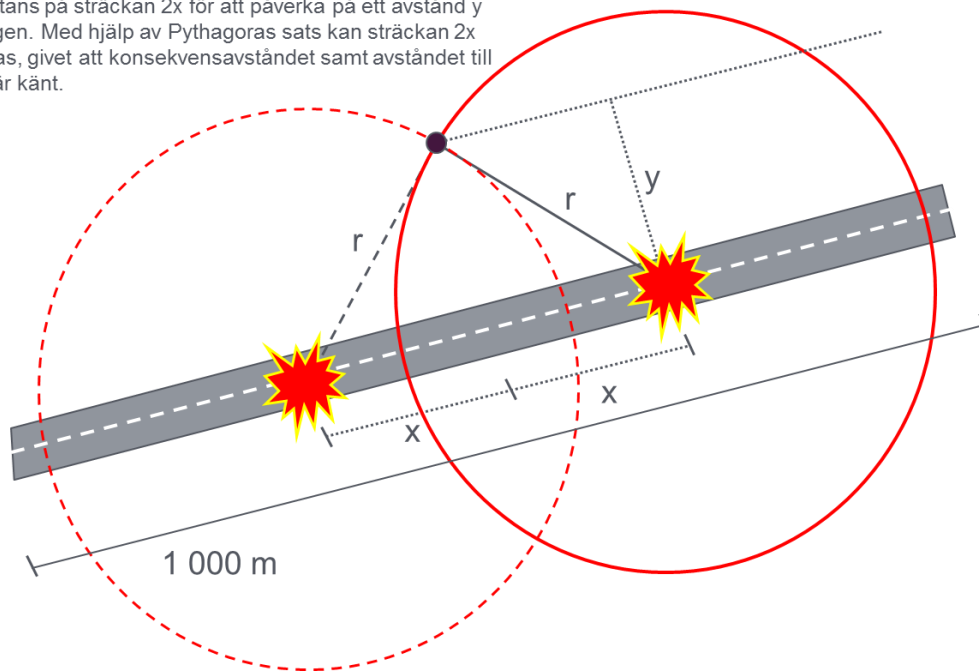
B.4 ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Inga oxiderande ämnen har rapporterats transporteras på sträckan och bedöms inte förekomma på väg 155 och utelämnas i fortsatta beräkningar och resonemang.

B.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 C). Individriskberäkningarna utgår från en specifik punkt i omgivningen och längden på vägvägsnittet som vid en olycka kan påverka just den punkten, beräknas enligt Figur B.4 nedan.

Olyckor med konsekvensavståndet r måste inträffa någonstans på sträckan $2x$ för att påverka på ett avstånd y från vägen. Med hjälp av Pythagoras sats kan sträckan $2x$ beräknas, givet att konsekvensavståndet samt avståndet till vägen är känt.



Figur B.4. Princip enligt vilken frekvenserna korrigeras för individrisken.

För varje punkt i omgivningen som studeras upprepas dessa beräkningar för samtliga olycksscenarioer. Individriskberäkningarna genomförs med följande upplösning (värden på y):

0-200 meter från väggkant	Var 5:e meter
200-500 meter från väggkant	Var 50:e meter

Individriskberäkningarna utgår från den mest avlägsna punkten och ackumuleras in till olyckspunkten.

För samhällsrisken görs ingen reducering enligt resonemanget ovan då konsekvensen inte är platsberoende på samma sätt som för individrisken.

Bilaga C Konsekvensberäkningar

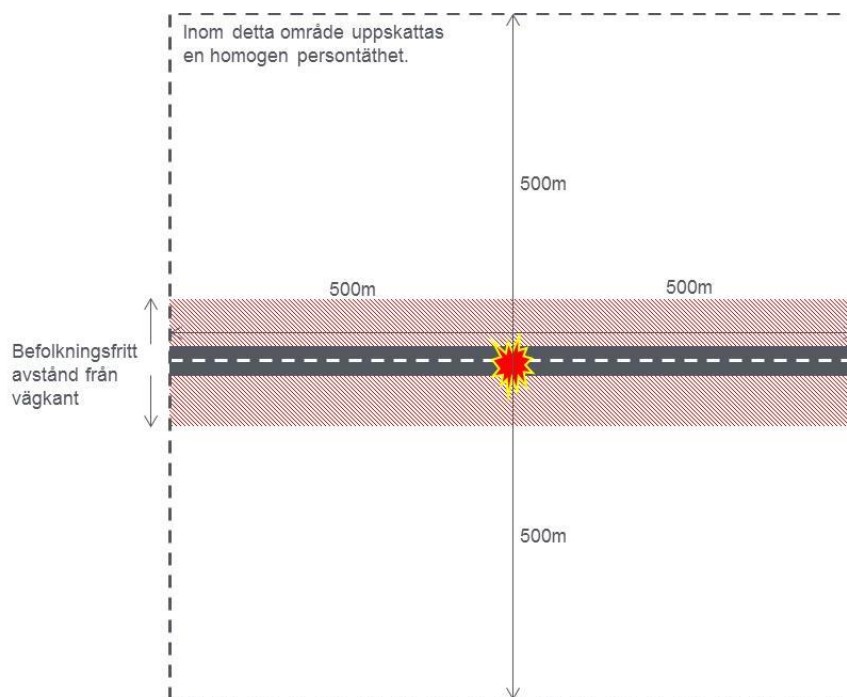
Tabell C.1 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

Tabell C.1. Samtliga scenarier som kan ge upphov till dödliga konsekvenser.

ADR-S Klass	Konsekvensindex	Scenario
1	1a	Liten explosion
	1b	
	2a	Mellanstor explosion
	2b	
	3a	Stor explosion
	3b	
2.1	1	BLEVE
	2	Liten jetflamma
	3	Gasmolnsexplosion
	4	Mellanstor jetflamma
	5	Stor jetflamma
3	1	Liten pölbrand
	2	Mellanstor pölbrand
	3	Stor pölbrand

C.1 Persontäthet

För samhällsrisikberäkningen är det nödvändigt att uppskatta hur många personer som kan antas uppehålla sig på området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer för hela området som undersökts. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor från centrum av det område längs väg 155 där bebyggelsen är som tätast samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur C.1.



Figur C.1. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

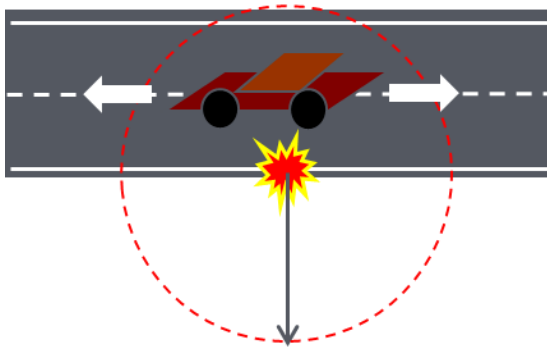
Området närmast vägen består av villor som i vissa fall ligger i direkt anslutning till vägen. I övrigt är området relativt glesbefolkat med mycket skog och mark.

I storstäder brukar befolkningstätheten kunna ansättas till 2500 personer/km² (9). Den analyserade sträckan går inte genom stadskärna men kan ej heller anses gå genom helt befolkningsfritt område. År 2010 hade Hjuviks tätort en befolkningstäthet på 1408 personer/km² och år 2005 var den 1345 personer/km² (15). En befolkningstäthet på 1450 personer/km² (antar linjär befolkningstillväxt) har därför ansatts nattetid och 725 dagtid för nulägesalternativet. För nollalternativet och utredningsalternativet har en befolkningstäthet på 1550 personer/km² nattetid och 775 personer/km² dagtid antagits då befolkningstätheten för sträckan Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviksväg bedöms öka med 100 personer.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämt utspridda över hela ytan, även närmast vägkant. Detta antagande är grovt och i aktuellt fall utgör åtminstone 5 meter ett befolkningsfritt avstånd från vägkant och de personer som omkommer på detta område räknats bort från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisken. Hur stort detta avstånd är anges i respektive undersökt alternativ. För individrisken är detta avstånd oväsentligt då riskmålet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

C.2 Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från vägkant närmast området, enligt Figur C.2.



Figur C.2. Samtliga olyckor på vägbanan antas ske på vägkant närmast det aktuella området.

C.3 ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna beror bland annat på mängden explosiv vara, omgivningens utformning (tillgång till skydd i form av bebyggelse eller liknande) samt hur personer befinner sig i förhållande till explosionen.

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) (38).

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 (39). Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller 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.

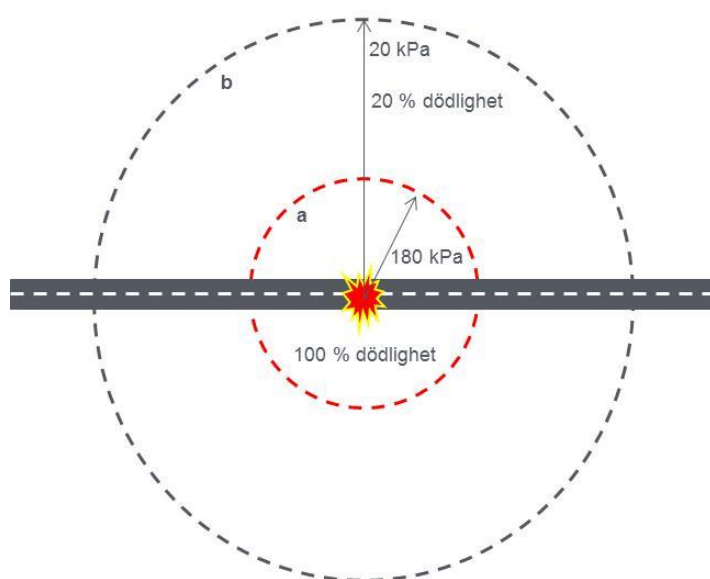
Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* (40), har avstånd dit tryckvägen överstiger 180 respektive 20 kPa tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell C.2.

Det bör påpekas att denna analys inte beaktar egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell C.2. 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 halvfarisk utbredning av luftstötvägen.

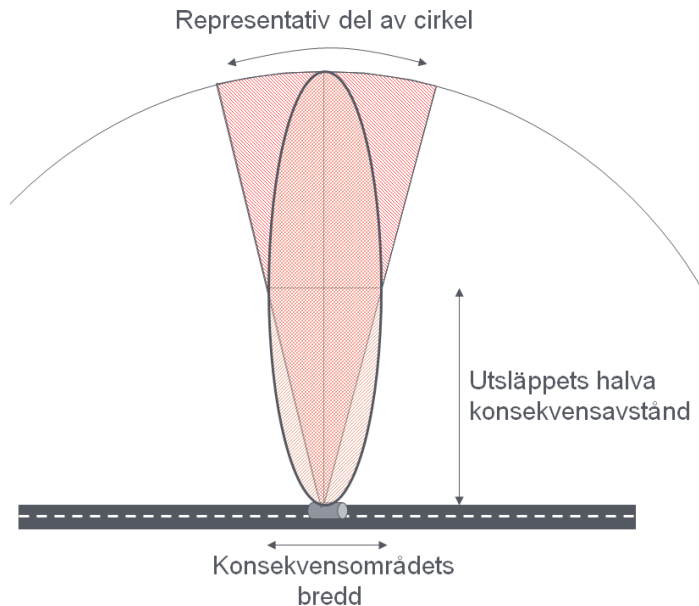
Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 m	41 m
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 m	88 m
Stor explosion	16 000 kg	62 m	193 m



Figur C.3. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

C.4 ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brännbara gaser och giftiga. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område, reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken approximativ spridningsvinkel som konsekvensområdet får, enligt Figur C.4.



Figur C.4. Konsekvensområdet vid gasutsläpp får ofta en oval form. Utifrån konsekvensområdets längd och bredd approximeras en lämplig cirkelsektor (representativ del av cirkel) för reducering av grundfrekvensen.

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

C.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brännbara gaser

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

Programvaran *Spridning Luft* (41) används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i (18), för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell C.3. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q [kg/s]	Läckagestorlek, diameter [cm]	Läckagestorlek, area [cm ²]
Litet	0,09	0,32	0,08
Mellanstort	0,9	1,03	0,83
Stort	17,9	4,56	16,37

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

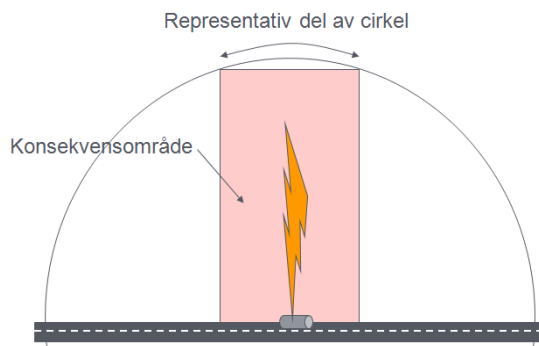
C.4.1.1 BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (39) Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

C.4.1.2 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* (39), där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (42) 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 C.5.



Figur C.5. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

C.4.1.3 Gasmolnexplosion

En gasmolnexplosion 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* (41) används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Anledningen till att avståndet till halva undre brännbarhetsgränsen beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Gasmolnexplosionen beräknas utifrån ett *stort* läckage. Beräkningarna mynnar ut i ett konsekvensområde som enligt Figur C.4, approximeras med en cirkelsektor.

C.4.1.4 Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

Tabell C.4. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

Index	Scenario	Konsekvensavstånd [m]
1	BLEVE	170
2	Liten jetflamma	5
3	Gasmolnsexplosion	42
4	Mellanstor jetflamma	17
5	Stor jetflamma	73

C.5 ADR-S klass 3 – Brännbara vätskor

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 som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m^2 . 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 (4) (43).

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m^2 (*litet*), 200 m^2 (*mellanstort*) respektive 400 m^2 (*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. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp (4). I Tabell C.5 redovisas skadeområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell C.5. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m^2) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Infallande strålning > 15 kW/m^2 från pölkant
Litet utsläpp	50 m^2	12 m
Mellanstort utsläpp	200 m^2	22,5 m
Stort utsläpp	400 m^2	30 m

Bilaga D Åtgärder

Det finns en mängd potentiella riskreducerande åtgärder som kan vidtas för att minska riskpåverkan på omgivningen från transportleder. Räddningsverket (nuvarande MSB) och Boverket har tillsammans gett ut skriften *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (44) som är en vägledning för kommuner i deras arbete med detaljplaner. Nedan följer en generell beskrivning av åtgärder. För specifikt föreslagna åtgärder i kring väg 155 hänvisas till huvudrapporten.

Generellt kan riskreducerande åtgärder i detaljplaner delas in i fyra kategorier: markåtgärder, separationsåtgärder, utformningsåtgärder och fasadåtgärder. I Figur D.1 visas en sammanställning av vilka typer av riskreducerande åtgärder som har en positiv effekt mot en rad olika skadehändelser. De skadehändelser som är aktuella vid markanvändning nära transportleder är främst:

I figuren anges att *Vegetation träd* kan ha en säkerhetshöjande effekt vid bränder, explosion och utsläpp av giftiga och brandfarliga gaser. Vilket trädslag, höjd och grenverk framgår ej förutom att krondiametern minst bör vara 5 m samt att träden sätts i två rader. WSP är tveksamma till att tillgodoräkna träd som riskreducerande åtgärd över tiden på grund av att löv- och barrskog har olika egenskaper, samt att delar av trädbarriären skadas och det kan då ta lång tid att återställa denna. Om träd ska tillgodoräknas som riskreducerande åtgärd bör man utreda detta i det enskilda fallet.

Räddningsverkets (nuvarande MSB) och Boverkets rapport bortser från större naturliga höjdskillnader. WSP anser att branta sluttningar har goda förutsättningar att skärma av infallande strålning, påverka vilken riktning som brännbar vätska rinner, hindra avåkta lastbilar från att nå bebyggelsen samt förhindra att giftig eller brännbar tung gas når bebyggelsen utan att först ha spätts ut. Den riskreducerande effekten kan i viss mån likställas med effekten av en mur eller ett plank, som har identifierats som en möjlig säkerhetshöjande åtgärd mot brand, explosioner, spridning i luft samt mot avåkning.

Kategori (skadehändelse)	Delkategori (skydd mot)	MARKÄTGÄRDER								SEPARATIONSÄTGÄRDER								UTFORMINGSÄTGÄRDER								FASADÄTGÄRDER			
		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	D-1	D-2	D-3		
Ras	Jord																												
Skred	Berg																												
Erosion	Skred																												
Fail (till lägre plan)	Stranderosion																												
	Stup																												
	Kajkant																												
	Damm, vattendrag																												
	Föremål (nedfallande)																												
Översvämning	Långsam stigning																												
	Flodvåg/störtflod/dammbrott																												
	Kraftig nederbörd																												
Väderfenomen	Vindpåverkan																												
Bränder	Pölbrand (flyter ut/väg)																												
-Strålning	Vegetationsbrand																												
-Konvektion	Byggnadsbrand																												
-Ledning	Jettflamma																												
Explosioner	Tryckvåg																												
	Splitter																												
	Konstruktionsdelar/föremål																												
Spridning i luft	Gifliga gaser																												
	Brännbara gaser																												
	Brändgaser (rök)																												
	Damm, aerosoler																												
Spridning i mark/vatten	Kemikalieutsläpp, släckvatten																												
Fordonsolyckor	Påsegling, fartyg																												
	Urspäming, låg																												
	Avväkning, vägfordon																												
	Kollision, flygplan																												
Bygglöplikt eller möjlighet till utökad löplikt, se resp. åtg.																													
Regleras eller kan regleras av annan lagstiftning																													

Förklaringar till tabell 1

- X Betyder att åtgärden har identifierats som möjlig säkerhetsförhöjande åtgärd.
- (X) Betyder att detta gäller under vissa förutsättningar, se vidare i beskrivningen för åtgärden
- Betyder att åtgärden kan innebära förstärkta negativa konsekvenser eller ökad risk

Figur D.1. Sammanfattande tabell över skadehändelser och riskreducerande åtgärder (44).

Bilaga E Osäkerheter och känslighetsanalys

Riskanalyser avseende farligt gods inte är den exakta vetenskap som man skulle kunna tro vid första anblicken. VTI (13) lyfter fram att brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar, svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter samt mer eller mindre osäkra skattningar, som ibland bygger på varandra i flera led, tycks vara regel snarare än undantag. Dessa svårigheter innebär också att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata.

Följande osäkerheter kännetecknar denna typ av riskanalys och utgör en viktig del av själva beslutsunderlaget:

- Trafikflödet, eller snarare antalet fordon med farligt gods, är det enskilt viktigaste värdet, samtliga risknivåer är linjärt proportionerliga mot detta framräknade värde.
- Schablonmodeller har använts vid frekvensberäkningar vilket gör att de osäkerheter som finns i dessa också kommer att finnas med i denna riskbedömning.
- Uppskattningen av persontätheten påverkar i stor grad samhällsrisk. I beräkningarna har antalet personer uppskattats på området och sedan antas dessa vara jämt utspridda per kvadratkilometer.
- Riskbedömningen är baserad på tillgänglig information med avseende på trafikflöden, typer av gods-transporter och var olika trafikarbeten sker. Detta är alltid förknippat med osäkerheter eftersom framtidsprognoserna är baserade på begränsade historiska tidsperioder.
- Statistiken över olyckor med farligt gods är begränsad då det (lyckligtvis) inträffat mycket få sådana i Sverige. Det kan samtidigt vara olämpligt att använda internationell statistik, då det finns skillnader i både infrastruktur, lagstiftning och säkerhetskultur med mera.
- Fördelningen av transporter av farligt gods år 2030 då det finns stora variationer i antagande om exempelvis hur stor andel biodrivmedel av vägsektorns energianvändning kommer att vara år 2030.

Strategin för att hantera osäkerhet har i så hög utsträckning som möjligt varit att göra konservativa antaganden. Det innebär att man antar värden som gör att risken inte underskattas.

Bilaga F Resultat

F.1 Sammanställning individrisk

En sammanställning av de studerade olycksscenarierna presenteras i Tabell F.1, Tabell F.2 och Tabell F.3. Frekvenserna som presenteras utgör en grundfrekvens per kilometer vägsträcka. Individriskkonturer presenteras i avsnitt 5.1 i huvudrapporten.

Tabell F.1. Individrisk, sammanställning av respektive olycksscenarios konsekvens samt frekvens per kilometer väg för nulägesalternativet.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Alternativ 1		Alternativ 2	
		Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]	Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]
1	1a	13		13	
	1b	41	2,80E-09	41	2,87E-09
	2a	28		28	
	2b	88	4,78E-10	88	4,89E-10
	3a	61		61	
	3b	193	1,65E-11	193	1,69E-11
2.1	1	170	2,28E-10	170	1,28E-09
	2	5	1,11E-08	5	6,24E-08
	3	42	2,39E-08	42	1,35E-07
	4	17	5,54E-09	17	3,11E-08
	5	73	5,93E-09	73	3,33E-08
2.3	1	27	0,00E+00	27	0,00E+00
	2	29	0,00E+00	29	0,00E+00
	3	88	0,00E+00	88	0,00E+00
	4	96	0,00E+00	96	0,00E+00
	5	458	0,00E+00	458	0,00E+00
	6	461	0,00E+00	461	0,00E+00
3	1	12	3,17E-07	12	1,78E-06
	2	21	3,17E-07	21	1,78E-06
	3	27	4,40E-06	27	7,05E-06
5	1a	39		39	
	1b	123	0,00E+00	123	0,00E+00
	2	27	0,00E+00	27	0,00E+00

Tabell F.2. Individrisk, sammanställning av respektive olycksscenarios konsekvens samt frekvens per kilometer väg för nollalternativet.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Alternativ 3		Alternativ 4		Alternativ 5		Alternativ 6	
		Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]	Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]	Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]	Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]
1	1a	13		13		13		13	
	1b	41	5,46E-09	41	5,58E-09	41	5,46E-09	41	5,58E-09
	2a	28		28		28		28	
	2b	88	9,32E-10	88	9,52E-10	88	9,32E-10	88	9,52E-10
	3a	61		61		61		61	
	3b	193	3,21E-11	193	3,28E-11	193	3,21E-11	193	3,28E-11
2.1	1	170	4,44E-10	170	2,50E-09	170	1,90E-09	170	1,07E-08
	2	5	2,16E-08	5	1,21E-07	5	9,24E-08	5	5,19E-07
	3	42	4,66E-08	42	2,62E-07	42	1,99E-07	42	1,12E-06
	4	17	1,08E-08	17	6,06E-08	17	4,61E-08	17	2,59E-07
	5	73	1,15E-08	73	6,49E-08	73	4,94E-08	73	2,78E-07
2.3	1	27	0,00E+00	27	0,00E+00	27	0,00E+00	27	0,00E+00
	2	29	0,00E+00	29	0,00E+00	29	0,00E+00	29	0,00E+00
	3	88	0,00E+00	88	0,00E+00	88	0,00E+00	88	0,00E+00
	4	96	0,00E+00	96	0,00E+00	96	0,00E+00	96	0,00E+00
	5	458	0,00E+00	458	0,00E+00	458	0,00E+00	458	0,00E+00
	6	461	0,00E+00	461	0,00E+00	461	0,00E+00	461	0,00E+00
3	1	12	6,17E-07	12	3,47E-06	12	3,34E-07	12	1,88E-06
	2	21	6,17E-07	21	3,47E-06	21	3,34E-07	21	1,88E-06
	3	27	8,56E-06	27	1,37E-05	27	4,63E-06	27	7,44E-06
5	1a	39		39		39		39	
	1b	123	0,00E+00	123	0,00E+00	123	0,00E+00	123	0,00E+00
	2	27	0,00E+00	27	0,00E+00	27	0,00E+00	27	0,00E+00

Tabell F.3. Individrisk, sammanställning av respektive olycksscenarios konsekvens samt frekvens per kilometer väg för utredningsalternativet.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Alternativ 7		Alternativ 8		Alternativ 9		Alternativ 10	
		Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]	Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]	Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]	Avstånd [m]	Frekvens [per km och år]
1	1a	13		13		13		13	
	1b	41	5,46E-09	41	5,58E-09	41	5,82E-09	41	7,44E-09
	2a	28		28		28		28	
	2b	88	9,32E-10	88	9,52E-10	88	9,94E-10	88	1,27E-09
	3a	61		61		61		61	
	3b	193	3,21E-11	193	3,28E-11	193	3,43E-11	193	4,38E-11
2.1	1	170	1,90E-09	170	1,07E-08	170	2,02E-09	170	8,40E-09
	2	5	9,24E-08	5	5,19E-07	5	9,85E-08	5	4,09E-07
	3	42	1,99E-07	42	1,12E-06	42	2,13E-07	42	8,83E-07
	4	17	4,61E-08	17	2,59E-07	17	4,92E-08	17	2,04E-07
	5	73	4,94E-08	73	2,78E-07	73	5,26E-08	73	2,19E-07
2.3	1	27	0,00E+00	27	0,00E+00	27	0,00E+00	27	0,00E+00
	2	29	0,00E+00	29	0,00E+00	29	0,00E+00	29	0,00E+00
	3	88	0,00E+00	88	0,00E+00	88	0,00E+00	88	0,00E+00
	4	96	0,00E+00	96	0,00E+00	96	0,00E+00	96	0,00E+00
	5	458	0,00E+00	458	0,00E+00	458	0,00E+00	458	0,00E+00
	6	461	0,00E+00	461	0,00E+00	461	0,00E+00	461	0,00E+00
3	1	12	3,34E-07	12	1,88E-06	12	3,56E-07	12	1,48E-06
	2	21	3,34E-07	21	1,88E-06	21	3,56E-07	21	1,48E-06
	3	27	4,63E-06	27	7,44E-06	27	4,94E-06	27	8,11E-06
5	1a	39		39		39		39	
	1b	123	0,00E+00	123	0,00E+00	123	0,00E+00	123	0,00E+00
	2	27	0,00E+00	27	0,00E+00	27	0,00E+00	27	0,00E+00

F.2 Sammanställning samhällsrisk

En sammanställning för respektive alternativs konsekvens och dess frekvens per kilometer presenteras i Tabell F.4-6 för sträckan Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviksväg. En F/N kurva över samhällsriskens presenteras i Figur 24 i huvudrapporten.

Tabell F.4. Samhällsrisk, sammanställning av respektive olycksscenarios konsekvens (antal omkomna) och frekvensen per år och km för sträckan Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviksväg för nulägesalternativet. Längst ner redovisas vilket avstånd från väggkant som ansatts som personfritt.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Alternativ 1	
		Antal omkomna	Frekvens [per km och år]
1	1	0,5	2,80E-09
	2	4,5	4,78E-10
	3	29,1	1,65E-11
2.1	1	87,6	2,28E-10
	2	0,0	1,11E-08
	3	0,4	2,39E-08
	4	0,1	5,54E-09
	5	3,6	5,93E-09
2.3	1	0,3	0,00E+00
	2	0,2	0,00E+00
	3	4,2	0,00E+00
	4	2,5	0,00E+00
	5	103,8	0,00E+00
	6	51,6	0,00E+00
3	1	0,0	3,17E-07
	2	0,1	3,17E-07
	3	0,7	4,40E-06
5	1 (a+b)	10,4	0,00E+00
	2	0,7	0,00E+00
Personfritt avstånd från väggkant [m]		15	

Tabell F.5. Samhällsrisk, sammanställning av respektive olycksscenarios konsekvens (antal omkomna) och frekvensen per år och km för sträckan Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviksväg för nollalternativet. Längst ner redovisas vilket avstånd från vägkant som ansatts som personfritt.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Alternativ 3		Alternativ 5	
		Antal omkomna	Frekvens [per km och år]	Antal omkomna	Frekvens [per km och år]
1	1	0,5	5,46E-09	0,5	5,46E-09
	2	4,8	9,32E-10	4,8	9,32E-10
	3	31,1	3,21E-11	31,1	3,21E-11
2.1	1	93,7	4,44E-10	93,7	1,90E-09
	2	0,0	2,16E-08	0,0	9,24E-08
	3	0,4	4,66E-08	0,4	1,99E-07
	4	0,1	1,08E-08	0,1	4,61E-08
	5	3,8	1,15E-08	3,8	4,94E-08
2.3	1	0,3	0,00E+00	0,3	0,00E+00
	2	0,2	0,00E+00	0,2	0,00E+00
	3	4,5	0,00E+00	4,5	0,00E+00
	4	2,7	0,00E+00	2,7	0,00E+00
	5	111,0	0,00E+00	111,0	0,00E+00
	6	55,1	0,00E+00	55,1	0,00E+00
3	1	0,0	6,17E-07	0,0	3,34E-07
	2	0,1	6,17E-07	0,1	3,34E-07
	3	0,8	8,56E-06	0,8	4,63E-06
5	1 (a+b)	11,0	0,00E+00	11,0	0,00E+00
	2	0,8	0,00E+00	0,8	0,00E+00
Personfritt avstånd från vägkant [m]		15		15	

Tabell F.6. Samhällsrisk, sammanställning av respektive olycksscenarios konsekvens (antal omkomna) och frekvensen per år och km för sträckan Hjuviks bryggväg – Torslanda Hästeviksväg för utredningsalternativet. Längst ner redovisas vilket avstånd från väggkant som ansatts som personfritt.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Alternativ 7		Alternativ 9	
		Antal omkomna	Frekvens [per km och år]	Antal omkomna	Frekvens [per km och år]
1	1	0,5	5,46E-09	0,5	5,82E-09
	2	4,8	9,32E-10	4,8	9,94E-10
	3	31,1	3,21E-11	31,1	3,43E-11
2.1	1	93,7	1,90E-09	93,7	2,02E-09
	2	0,0	9,24E-08	0,0	9,85E-08
	3	0,4	1,99E-07	0,4	2,13E-07
	4	0,1	4,61E-08	0,1	4,92E-08
	5	3,8	4,94E-08	3,8	5,26E-08
2.3	1	0,3	0,00E+00	0,3	0,00E+00
	2	0,2	0,00E+00	0,2	0,00E+00
	3	4,5	0,00E+00	4,5	0,00E+00
	4	2,7	0,00E+00	2,7	0,00E+00
	5	111,0	0,00E+00	111,0	0,00E+00
	6	55,1	0,00E+00	55,1	0,00E+00
3	1	0,0	3,34E-07	0,0	3,56E-07
	2	0,1	3,34E-07	0,1	3,56E-07
	3	0,8	4,63E-06	0,8	4,94E-06
5	1 (a+b)	11,0	0,00E+00	11,0	0,00E+00
	2	0,8	0,00E+00	0,8	0,00E+00
Personfritt avstånd från väggkant [m]		15		15	

Referenser

1. **Samhällsbyggnad, WSP.** *Förstudie, Väg 155, Delen Lilla Varholmen-Gossbydal, Ökad framkomlighet för kollektivtrafiken.* [Rapport] Göteborg : Västsvenska paketet, Trafikverket, 2012. 102 357, 102 358.
2. Göteborgs stad. *Trafik på HJUVIKSVÄGEN.* [Online] [Citat: den 04 04 2013.] <http://www.statistik.tkgbg.se/statistik.asp?sGata=HJUVIKSVÄGEN>.
3. **Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län.** Riskhantering i Detaljplanprocessen. *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods.* u.o. : Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
4. **Stadsbyggnadskontoret Göteborg.** *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Dnr 758/92.* u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
5. **Göteborgs stad.** <http://www.goteborg.se/wps/portal/skutehagen>. [Hemsida] Göteborg : u.n., 2012.
6. —. <http://www.goteborg.se/wps/portal/forskolanbrannekulla>. [Hemsida] Göteborg : u.n., 2012.
7. **IEC.** International Standard 60300-3-9. *Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems.* Geneve : International Electrotechnical Commission, 1995.
8. **ISO.** Risk management - Vocabulary . *Guidelines for use in standards, Guide 73.* Geneva : International Organization for Standardization, 2002.
9. **Räddningsverket.** *Farligt gods: Riskbedömning vid transport.* u.o. : Statens räddningsverk, 1996.
10. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** Värdering av risk. *FoU rapport - DNV.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
11. **Boverket och SRV.** Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
12. **MSB.** *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
13. **VTI.** Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. *VTI-rapport 387:4.* u.o. : Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
14. **Milerud, Jim.** *Statistik Farligt gods på Hönöleden 2009-2012.* u.o. : Färjerederiet Trafikverket, 2012-03-07.
15. **Statistiska centralbyrån (SCB).** *Tätorter 2010.* Stockholm : Statistiska centralbyrån (SCB), 2010. 1403-8978.
16. **Larsson Fredrik, Mistander Henrik.** *Riskbedömning avseende farligt gods.* [Rapport] Stockholm : FS1 Konsortiet Förbifart Stockholm, Trafikverket, 2010. 0S147311.
17. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *VTI rapport 387:1.* 1994.
18. **TRAFÄ.** *Lastbilstrafik 2009 Swedish national and international road goods transport 2009. Statistik 2010:3.* u.o. : Trafikanalys, 2010.
19. **Hansson, Julia och Grahn, Maria.** *Utsikt för förnybara drivmedel i Sverige.* Stockholm : IVL Svenska miljöinstitutet AB, 2013.
20. **Gustavsson, Marlene.** Muntligen 2008-01-10. u.o. : Räddningsverket, 2008.
21. **Ingasson, Haukur, o.a., o.a.** *Räddningsinsatser i vägtunnlar.* u.o. : Statens Räddningsverk, 2005.
22. **SIKA.** *Vägtrafikskador.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
23. **VTI.** Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). *Uppgifter erhållna från Arne Land.* u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.

24. **PIARC.** *Fire and smoke control in road tunnels.* u.o. : PIARC - World Road Association, 1999.
25. **Lamnevik, Stefan.** *Explosivämneskunskap.* u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
26. **HMSO.** *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
27. **Daggård, Tomas.** Muntligen 2010-01-11. u.o. : Orica Services Nora, 2008.
28. **Pålsson, Tord.** Muntligen 2008-01-09. u.o. : Scanexplor EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
29. **MSB.** Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11.
<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Vag/>. u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
30. **Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik.** Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB. *Muntligen: 2007-01-30.* 2007.
31. **Jansson, Patrik.** Muntligen 2008-01-16. *Polisens tillståndsenhet.* 2008.
32. **Halmemies, Sakari.** *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000.* u.o. : Räddningsverket, 2000.
33. **Wahlqvist, Jan.** Muntligen 2010-07-08. *LPG-ansvarig.* u.o. : Statoil, 2010.
34. *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail.* **Purdy, G.** 1993, Journal of Hazardous Materials, Vol. 3 (1993), ss. 229-259.
35. **Lindström, Robert.** Muntligen: 2010-07-08. *Tf Logistikchef.* u.o. : Statoil, 2010.
36. **Gammelgård, Tonny.** Muntligen: 2010-07-09. *Chef varuförsörjning.* u.o. : OKQ8, 2010.
37. **SPI.** Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08.
<https://www.spi.se/statistik.asp?art=99>. u.o. : Svenska Petroleum Institutet, 2010.
38. **Forsén, Rickard och Lamnevik, Stefan.** *Verkan av explosioner i det fria.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2010.
39. **FOA.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker, FOA - R-00490-990-SE.* u.o. : Försvarets forskningsanstalt, 1997.
40. **Lamnevik, Stefan.** *Konsekvensanalys explosioner.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2006.
41. **MSB.** *Spridning Luft. RIB XM.* u.o. : Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
42. **CCPS.** *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition. CPQRA.* u.o. : Center for Chemical Process Safety, 1999.
43. **BBR.** *Boverkets byggregler, BFS 2006:12.* u.o., Karlskrona : Boverket, 2006.
44. **Räddningsverket och Boverket.** *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006.* u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.