

Filnamn: OLP3-04-025-32-0_0-0012

Projektnamn

Ostlänken

Ärendenummer

TRV 2014/72085

Skapat av (Leverantör)

Rosie Kvål

Granskat av (Leverantör)

Viktor Sturegård

Godkänt av (Leverantör)

Hanna Siwertz

Godkänt datum

2021-01-29

Sidor

1(48)

Rev Datum

2021-11-15

Version

3.0



TRAFIKVERKET

OSTLÄNKEN

OLP3 Nyköping

SJÖSA-SKAVSTA

Bandel 506

Underlagsrapport Risk och Säkerhet, delsträcka 32

Bilaga 2 – Farligt gods och urspårning

Underlagsrapport till MKB

JP32

JÄRNVÄGSPLAN

Filnamn: OLP3-04-025-32-0_0-0012

Projektnamn

Ostlänken

Ärendenummer

TRV 2014/72085

Skapat av (Leverantör)

Rosie Kvål

Granskat av (Leverantör)

Viktor Sturegård

Godkänt av (Leverantör)

Hanna Siwertz

Godkänt datum

2021-01-29

Sidor

2(48)

Rev Datum

2021-11-15

Version

3.0



TRAFIKVERKET

Ändringslogg

PDBi version	Revisionsdatum	Ändring	Namn
_.2	2021-06-24	Uppdatering efter granskningskommentarer	Rosie Kvål
_.3	2021-11-15	Uppdatering efter granskningskommentarer	Rosie Kvål



Innehållsförteckning

1. Inledning.....	4
1.1 Syfte	4
1.2 Avgränsning	4
2. Riskhantering och riskbedömning	5
2.1 Allmänt om risk	5
2.2 Kriterier avseende farligt gods	5
2.3 Metod.....	8
3. Förutsättningar	8
3.1 TGOJ-banan.....	8
3.2 Väg 629, Skavsta	10
4. Trafik och transporter med farligt gods.....	11
4.1 Faror vid olycka med farligt gods.....	11
4.2 Farligt gods på TGOJ-banan	13
4.3 Trafik och transporter med farligt gods på väg 629, Skavsta.....	14
5. Riskbedömning	15
5.1 Riskbedömning med avseende på TGOJ-banan	15
5.2 Riskbedömning väg 629, Skavsta	18
6. Slutsats och diskussion	21
6.1 TGOJ-banan.....	21
6.2 Väg 629, Skavsta	23
7. Referenser.....	24
Bilaga A – Frekvens farligt gods olycka	25
A.1 Olycka med massexplosivt ämne	26
A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)	27
A.3 Olycka med giftig gas	29
A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin	29
A.5 Olycka med oxiderande ämne	30
Bilaga B – Konsekvens farligt godsolycka.....	32
B.1 Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1).....	34
B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	38
B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	41
B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	43
B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	45
Bilaga C – Frekvens mekanisk konflikt i händelse av urspårning.....	47



1. Inledning

Denna bilaga omfattar riskanalys avseende transporter av farligt gods samt risker med avseende på mekanisk konflikt med tågurspårning. Farligt gods i anslutning till ny stambana och bibana förekommer på E4, väg 52 och 629 samt på TGOJ-banan. E4, TGOJ-banan och väg 52 passerar under bibanan samt ny stambana och ligger endast under en kort sträcka i anslutning till planerade spår. Den nya dragningen av väg 629 planeras över ny stambana samt utmed denna vid Skavsta flygplats. På vägen förekommer bland annat transporter med flygbränsle till flygplatsen.

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att utreda och bedöma risknivån med avseende på:

- Transporter med farligt gods på TGOJ-banan
- Mekanisk konflikt vid urspårning på TGOJ-banan
- Transport med farligt gods på väg 629 vid Skavsta

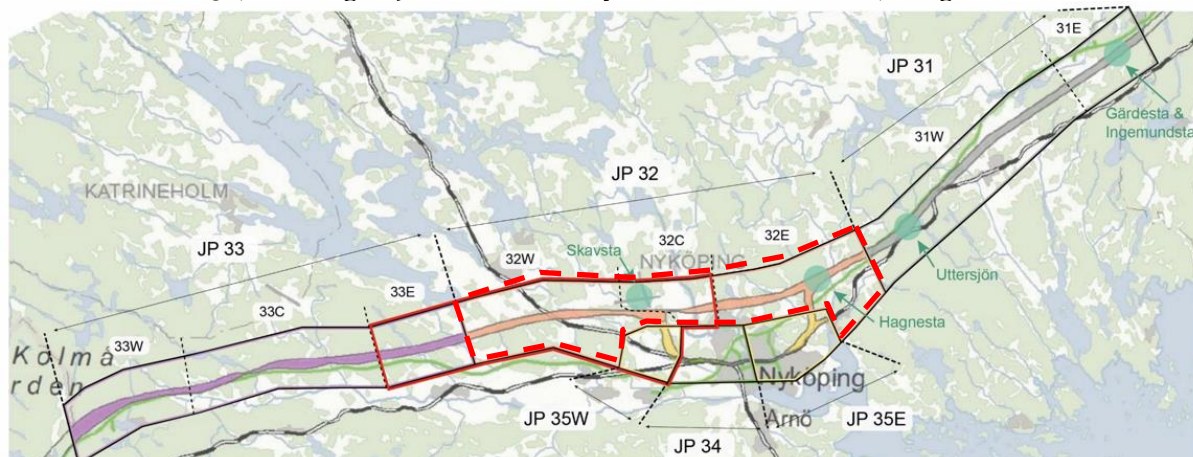
1.2 Avgränsning

När det gäller utredningar kring TGOJ-banan så har individrisknivån med avseende på transporter med farligt gods samt mekanisk konflikt hanteras kvantitativt. Samhällsrisk med avseende på transporter med farligt gods hanteras kvalitativt.

För transporter med farligt gods på väg 629 görs en semikvalitativ analys.

Miljörisker hanteras övergripande här och avgränsas till miljörisker med avseende på farligt gods. Fördjupad utredning kring miljörisker genom olyckshändelser återfinns i bilaga 3, Risk för miljöpåverkan.

Det utredningsområde för vilken riskanalysen är gjord, begränsas till TGOJ-banan längs de sträckor som löper utmed delsträcka 32, samt väg 629 över och invid ny stambana vid Skavsta, se figur 1 nedan.



Figur 1. Geografisk avgränsning för denna riskanalys är rödmarkerad. Konfliktpunkter utgör TGOJ-banans korsning med ny stambana samt ny väg över och invid ny stambana (väg 629).



2. Riskhantering och riskbedömning

2.1 Allmänt om risk

I riskanalyser kan risknivån presenteras som individrisk och/eller samhällsrisk. Individrisken är lättare att definiera och värdera än samhällsrisk. Individrisken är oberoende av antalet personer som befinner sig i ett område medan samhällsrisk påverkas av mängden personer som befinner sig i ett utsatt område.

- Individrisk är risken för en enskild individ som befinner sig i närheten av en riskkälla.
- Samhällsrisk är risken för en grupp människor som befinner sig i ett riskområde.

Samhället har generellt lättare att acceptera flera olyckor med begränsande konsekvenser än ett fåtal med mycket allvarliga eller katastrofala konsekvenser. Detta innebär att riskacceptansen eller toleransen blir lägre ju fler människor som förväntas kunna komma till skada. I dagens samhälle har många risker accepterats utan att från början blivit värderade.

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- Den risk som vi utsätts för av naturliga händelser bör inte ökas nämnvärt genom aktiviteter som vi inte råder över.

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- En aktivitet kan godkännas om en välgrundad riskanalys visar att risknivån är acceptabel eller tolerabel.
- En aktivitet kan godkännas om samhällsnyttan av den bedöms vara större än risken.

2.2 Kriterier avseende farligt gods

Det finns inga nationellt framtagna kriterier för riskvärdering och riskpolicy i Sverige men vissa publicerade dokument och kriterier används generellt i samband med riskanalyser. I detta kapitel refereras till några av dessa. I denna analys kommer beräknad individrisk att jämföras med DNV:s kriterier.

2.2.1 DNV:s kriterier

I Värdering av risk (Statens Räddningsverk, 1997) har Det Norske Veritas (DNV) gett förslag till individ- och samhällsriskkriterier.



Individriskkriterier

Individrisk är risken för att en person som befinner sig i närheten av en riskkälla ska omkomma och definieras här som "summan av frekvenserna för respektive skadehändelse som resulterar i att människor omkommer".

DNV's förslag till individriskkriterier (Statens Räddningsverk, 1997):

- Övre gräns där risker under vissa förutsättningar kan tolereras; 10^{-5} per år
- Övre gräns där risker kan anses små; 10^{-7} per år

I denna analys ges två individrisknivåer för området. En individrisk utomhus som baseras på oskyddade personer och en plan topografi. Dessutom ges en individrisk inomhus som representerar individrisken för personer som befinner sig inomhus.

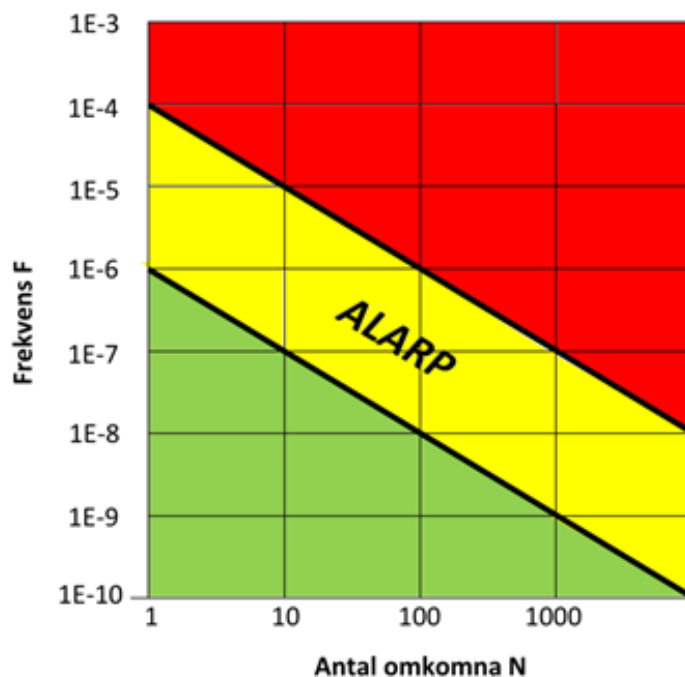
Samhällsriskkriterier

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisk presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N), se figur 2. Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att många omkommer vilket gör att olycksfrekvensen oftast minskar med ökat antal omkomna.

I Sverige finns det idag inga nationellt beslutade gränsvärden för hur hög samhällsrisk som kan accepteras. Varje situation måste diskuteras och värderas utifrån sina förutsättningar såsom risknivå kontra samhällsnytta och möjligheten att minska risknivån genom skyddsåtgärder. DNV har givit förslag på gränsvärden för acceptabel risknivå med avseende på samhällsrisk. I DNV:s kriterier finns två gränsvärden:

- En gräns för tolerabel risk. Risknivåer över denna nivå tolereras inte (presenteras som rött område i figur 2).
- En gräns för område där risker kan anses som små. Vid risknivåer under denna nivå behöver ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte värderas (presenteras som grönt område i figur 2).

För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i figur 2.



Figur 2. Kriterier för samhällsrisk Värdering av risk (Statens Räddningsverk, 1997).

Förklaring till värden på y-axel: $1E-3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$. Kriteriet gäller 2 sidor om transportleden på en sträcka om 1 000 m.

2.2.2 Riskpolicy - Länsstyrelsen i Södermanlands län

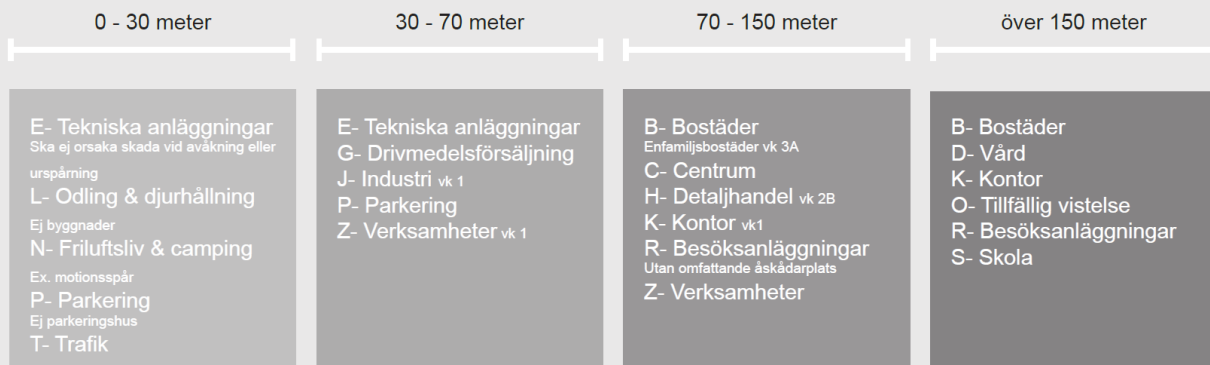
Länsstyrelsen i Södermanlands län (2015) har tagit fram en vägledning för planering av riskhantering kring transporter av farligt gods

"Farligt gods – hur man kan planera med hänsyn till risk för olyckor intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods"

I skriften redovisas rekommenderade skyddsavstånd enligt figur 3 nedan. Dessa avser områden där det inte finns riskreducerande faktorer. Om dessa avstånd inte kan hållas kan det krävas särskilda skyddsåtgärder. Dessa behöver i så fall värderas från fall till fall med hjälp av riskanalys, som kan visa att risken ändå är tolerabel samt vilka åtgärder som behövs. Olika typer av skyddsåtgärder kan användas, exempelvis, barriärer, byggnadstekniska åtgärder eller tätskikt och uppsamlingsanordningar. Även då rekommenderade skyddsavstånd kan hållas, bör värdering göras för varje fall, eftersom lokala faktorer behöver vägas in.



Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavstånd



Beteckningar i enlighet med Boverkets allmänna råd om planbestämmelser BFS 2014:5, DPB 1
 Verksamhetsklasser (vk) enligt kapitel 5, Boverkets byggregler BFS 2011:6

Figur 1

Figur 3. Rekommenderade skyddsavstånd, Länsstyrelsen Södermanlands län. (Länsstyrelsen i Södermanlands Län)

Not

- 1) 0-30 meter, markanvändning som uppmanar till stadigvarande vistelse ska undvikas.
- 2) 30-70 meter, lämplig markanvändning som innebär vistelse av fåtal vakna personer som själva kan sätta sig i säkerhet.
- 3) 70-150 meter, godtagbar för de flesta typer av markanvändning, som inte innebär att många eller utsatta människor vistas där.
- 4) >150 meter, Lämplig för de flesta typer av användning.

2.3 Metod

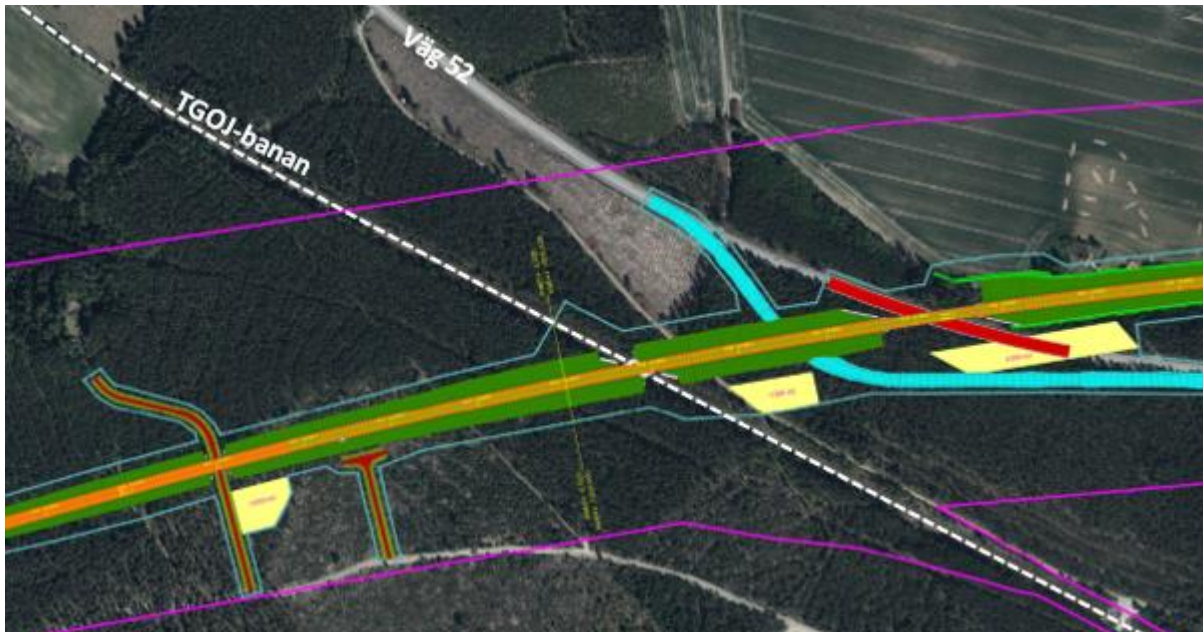
Individrisknivån med avseende på transporter med farligt gods på TGOJ-banan och mekanisk konflikt kommer att hanteras kvantitativt. Detta innebär att risknivån beräknas och jämförs med tillämpbara riskkriterier. Samhällsrisknivån kommer att hanteras kvalitativt.

3. Förutsättningar

3.1 TGOJ-banan

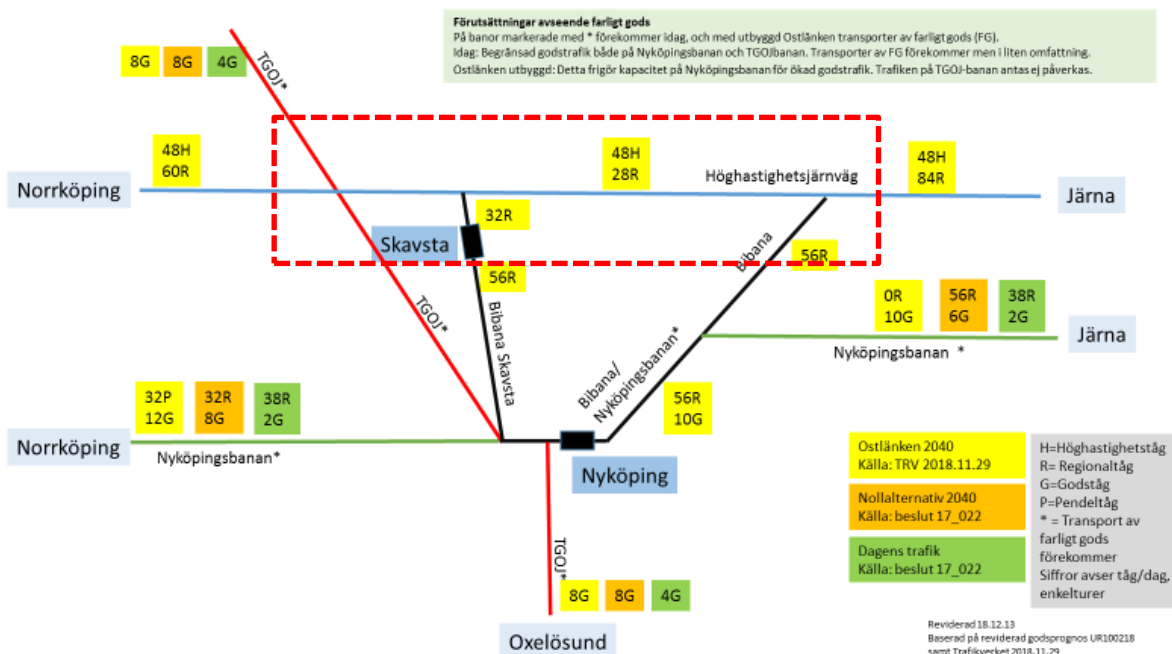
Det utredningsområde som riskanalysen avseende TGOJ-banan omfattar visas i figur 4 nedan. Inom delsträcka 32 korsar TGOJ-banan under ny stambana väster om Skavsta. Det innebär att TGOJ-banan befinner sig inom stambanans influensområde endast under en kort sträcka. Vid det aktuella området är bebyggelsen gles och omgivningen består huvudsakligen av skogs- eller åkermark.

Inom delsträcka 32 ansluter inte TGOJ-banan till bibanans sträckning utan ligger "fristående".



Figur 4. Planskild korsning mellan ny stambana och TGOJ-banan.

Trafikprognos omfattande nuläge, nollalternativ och utbyggnadsalternativ redovisas i figur 5. TGOJ-banan är markerad med röd heldragen linje i figuren. Sammanställning redovisas av prognosticerat antal tågrörelser (båda riktningarna) per dygn år 2040 för nollalternativ och utbyggnadsalternativ samt för nuläget.



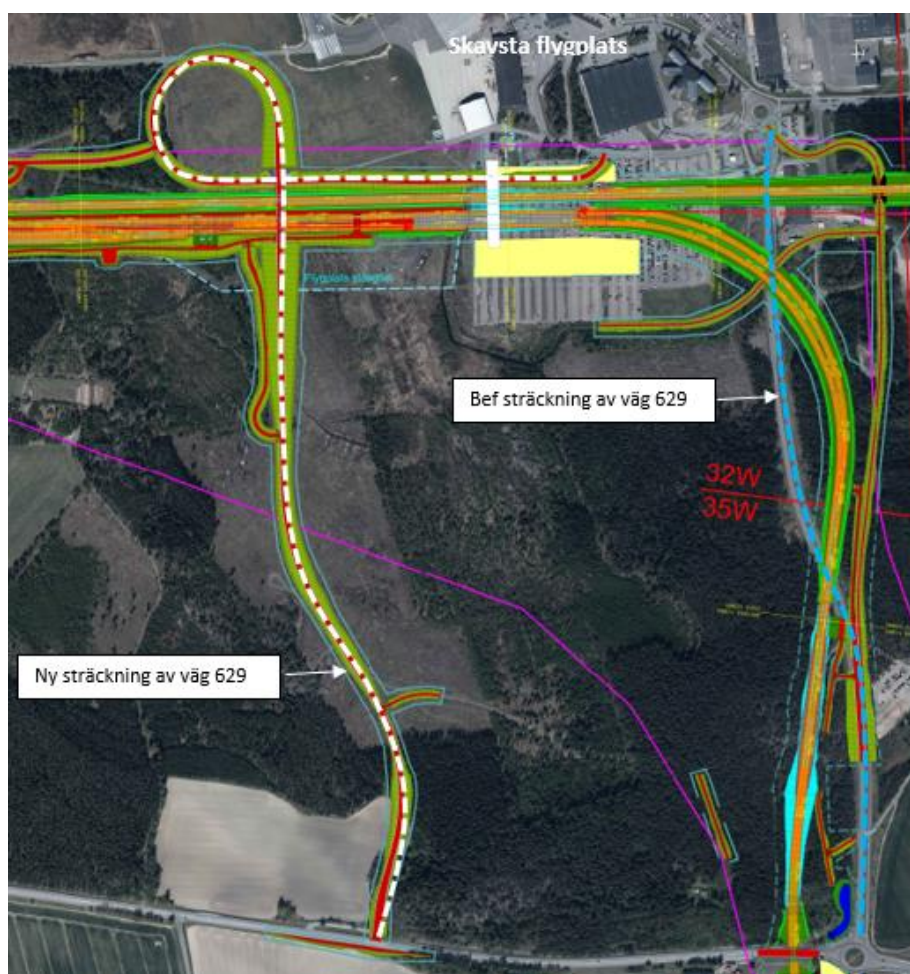
Figur 5. Sammanställning av prognosticerat antal tågrörelser (båda riktningarna) per dygn år 2040 för nollalternativ och utbyggnadsalternativ samt för nuläget

För nollalternativet och utbyggnadsalternativet år 2040 anger prognosen 8 godståg per dygn för TGOJ-banan inom aktuell delsträcka.



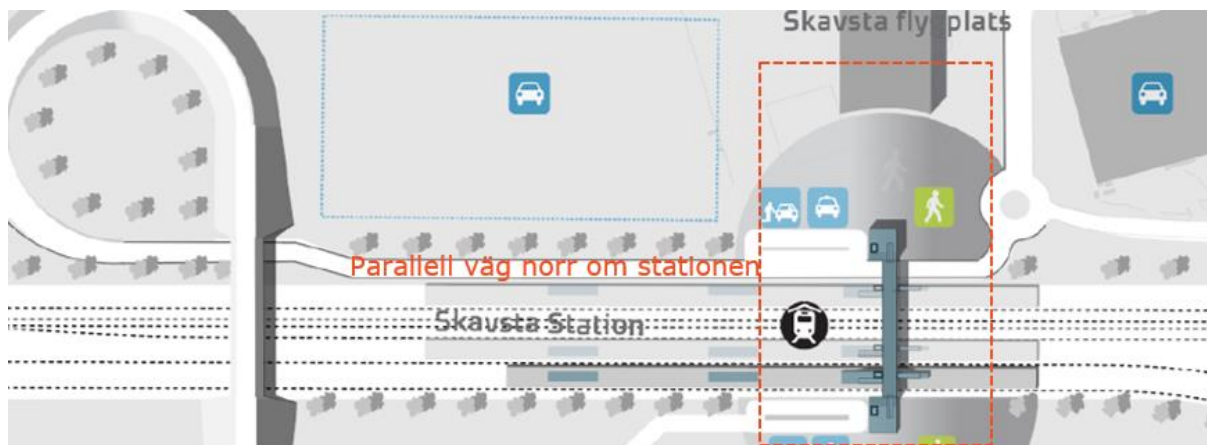
3.2 Väg 629, Skavsta

Vid Skavsta flygplats hanteras en omfattande mängd flygbränsle. Bränslet utgörs av Jet A1 och transporteras till flygplatsen i tankbilar. Idag sker transporterna huvudsakligen från E4 via väg 52 och sedan via väg 629, se figur 6. E4 och väg 52 är klassade som primära transportleder för farligt gods. Väg 629 är inte klassad som en transportled för farligt gods, men trafikerar av sådana transporter till och från flygplatsen och befintlig bensinstation vid flygplatsen. I samband med byggandet av Ostlänken planeras en ny sträckning av väg 629 på bro över ny stambana för att förbättra trafiktörelser m.m. i området, se figur 6. Transporter med farligt gods kommer att köra på den nya vägbron för att komma till och från flygplatsen. I höjd med stationen ansluter den nya dragningen av väg 629 till befintlig väg, General Schybergs väg. I figuren nedan redovisas trolig transportväg med en vit streckad linje. Den blåa streckade linjen visar dagens transportväg.



Figur 6. Översikt över ny dragning av väg 629.

Utmed den nya sträckningen av väg 629 finns ingen bebyggelse söder om den nya stambanan. På den norra sidan studeras ett nytt förslag för dragning av vägen som innebär att den dras närmare spårområdet, se figur 7. På denna vägsträcka kommer transporterna passera utmed spårområdet, stationsentré samt byggnad som ansluter till terminalen.



Figur 7. Förslag på dragning av väg 629 nor om ny stambana samt station.

4. Trafik och transporter med farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika RID¹-klasser, beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

4.1 Faror vid olycka med farligt gods

För att en farligt godsolycka skall ske krävs att ett fordon lastat med farligt gods är inblandat i en olycka, t.ex. en kollision eller urspårning. Vidare måste behållare på fordonet skadas så att läckage av ett farligt ämne sker.

Ett utsläppt giftigt ämne sprids som vätska eller gas. Halten av det farliga ämnet avtar med avståndet till ämnet. För att en människa skall komma till skada måste dessa befinna sig inom det område där ämnet uppvisar en skadlig halt.

För brand- och explosionsfarliga ämnen måste dessutom en antändningskälla finnas som kan starta en brand eller ett explosionsförlopp. Även här gäller att människor måste finnas inom riskområdet för att komma till skada.

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande. I tabell 1 redovisas en sammanställning av huvudsakliga faror med olika kemikalier i de olika RID-klasserna. Tabellen anger även de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarlig skadepåverkan på oskyddade människor (FOA, 1997).

¹ RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail



Tabell 1. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods.

Transportklass	Dominerande fara				Riskavstånd
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrig risk	Meter
1. Explosiva ämnen	✓				100 - 1 000
		✓			< 100
2. Gaser			✓		> 1 000
	✓	✓			100 - 1 000
3. Brandfarliga vätskor		✓			< 100
4. Brandfarliga fasta ämnen		✓		✓	< 100
5. Oxiderande ämnen		✓			<100
	✓				100 - 1 000
6. Giftiga ämnen			✓		< 100
7. Radioaktiva ämnen				✓	< 100
8. Frätande ämnen			✓	✓	< 100
9. Övriga farliga ämnen				✓	< 100

Av alla transportklasser som redovisas i följande kapitel är det följande ämnen som ger störst konsekvenser varför dessa har valts som dimensionerande med avseende på personrisk i riskanalysen:

- Klass 1.1 Massexplosiva ämnen, exempelvis dynamit
- Klass 2.1 Brandfarliga gaser, exempelvis propan, acetylen
- Klass 2.3 Giftiga gaser, exempelvis svaveldioxid
- Klass 3 Brandfarlig vätska (klass 1), exempelvis bensin
- Klass 5.1 Oxiderande ämnen, exempelvis väteperoxid

Olyckor med farligt godstransporter kan ha konsekvenser på potentiellt långa avstånd från järnvägen, se tabell 1 ovan. Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län (2006) har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. Denna avgränsning bedöms vara rimlig även vid nyetablering av järnväg intill befintlig bebyggelse.

4.2 Farligt gods på TGOJ-banan

Enligt Afry, tidigare ÅF, (ÅF, 2014) är det framförallt SSAB i Oxelösund och Oxelösunds hamn som är de stora transportörerna och bör också vara de huvudsakliga transportörerna av farligt gods på den aktuella sträckan. Enligt uppgift från Oxelösunds hamn transporteras mycket små mängder farligt gods till och från hamnen förutom tjockolja, vilken är mycket svårantändlig och därför klassas som klass 9 (övrigt farligt gods). Dock så transporteras ett litet antal containrar med ammoniumnitrat (klass 1) via hamnen, men dessa transporteras i huvudsak på väg. Till SSAB i Oxelösund transporteras främst karbid (klass 4.3) och gasol (klass 2.1). (ÅF, 2014)

Ovanstående stämmer väl överens med SRV's kartläggning från 2006 (Statens Räddningsverk, 2006) se tabell 2.

Tabell 2. Transporterade mängder farligt gods (i ton). (Statens Räddningsverk, 2006)

Klass	TGOJ-banan	
	SRV sept 2006	1 år (2006)
1	-	-
2.1	0 - 5200	62400
2.2	-	-
2.3	-	-
3	-	-
4.1	-	-
4.2	-	-
4.3	40-490	5880
5.1	-	-
5.2	-	-
6.1	-	-
6.2	-	-
7	-	-
8	-	-
9	7700-9700	116400

Nyare, konfidentiell, statistik från Trafikverket avseende år 2013 – 2015 visar att den transporterade mängden farligt gods som presenteras i tabell 2 är kraftigt överskattad. Trots detta används den data som presenteras i tabell 6 då det bedöms leda till konservativa och robusta beräkningar av individrisken.



Ett antal antagande har gjorts för att räkna fram antal transporterade vagnar inom varje RID-klass:

- 10 % av klass 1 produkterna utgör massexplosiva ämnen
- En genomsnittlig vagnslast har i beräkningarna antagits vara 25 ton med undantag från vagnslaster av brandfarliga gaser som antas vara 60 ton.

Då nyare statistik från Trafikverket visar att mängden transporterat farligt gods enligt tabell 2 är kraftigt överskattad räknas inte antalet transporter för TGOJ-banan upp då ett framtidsscenario ryms inom dessa värden. Uppskattat antal transporter per år redovisas i tabell 3.

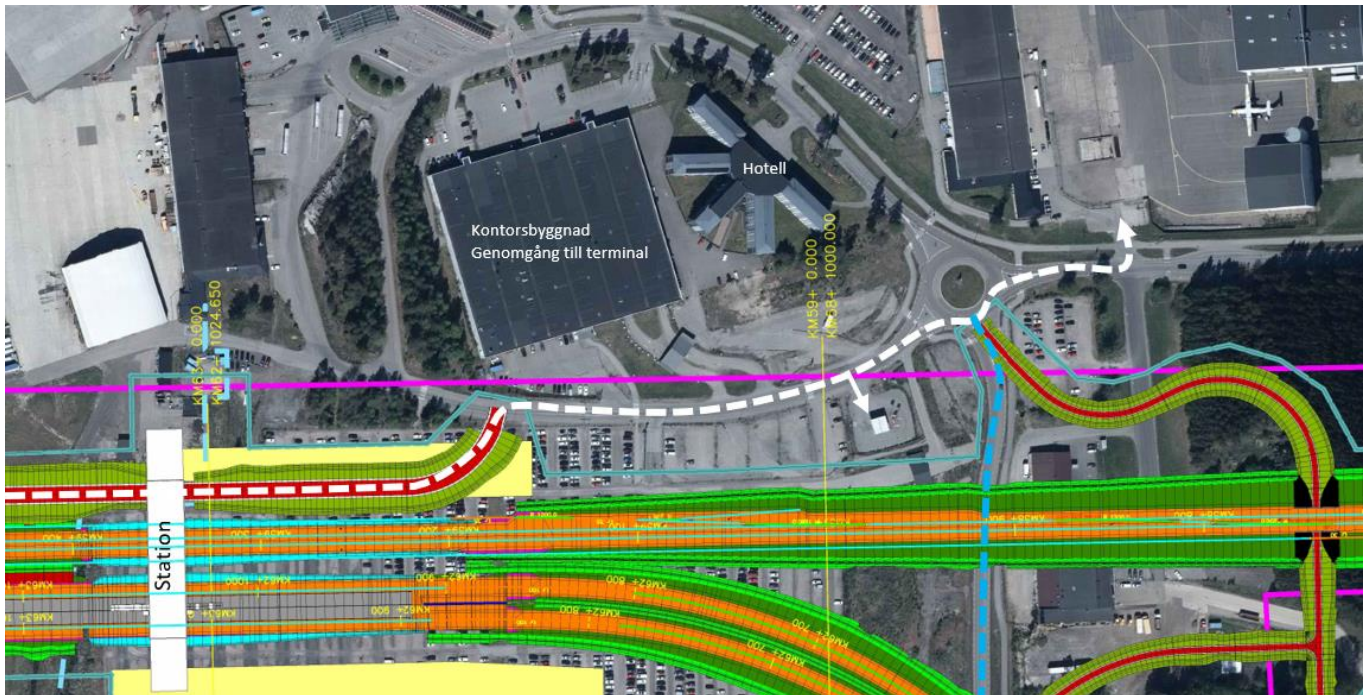
Tabell 3. Antal transporter av farligt gods på TGOJ-banan

RID-klass	Uppskattat antal vagnar/år på TGOJ-banan
1.1 Explosiva ämnen	Enstaka
2.1 Brandfarliga gaser	1040
2.3 Giftiga gaser	0
3. Brandfarlig vätska (klass 1)	0
5.1 Oxiderande ämnen	0

4.3 Trafik och transporter med farligt gods på väg 629, Skavsta

Idag består väg 629 av en fil i vardera riktningen utan mittbarriär emellan. Motsvarande utförande planeras för den nya sträckningen av vägen. Trafikflödet på vägen var 2013 2 400 fordon per dygn varav 80 (3 %) utgjordes av tung trafik.

På vägen förekommer även transporter med farligt gods till flygplatsen samt till en bensinstation (St1) som ligger i anslutning till flygplatsen. Enligt uppgifter från Skavsta sker leveranser av flygbränsle (jet A1) under "normala förhållanden" i snitt 2,5 gånger per dygn till flygplatsen. Utöver flygbränsle förekommer transporter med avisningsmedel, oljor etc. Totalt sker ca 5-6 godstransporter per dygn till flygplatsen varav transporter med farligt gods utgör en del. Flygbränslet förvaras i cisterner utomhus öster om terminalbyggnaden. Cisternerna kan komma att flyttas i framtiden. Bensinstationen säljer drivmedel i form av bensin, diesel och etanol. En normalstor bensinstation får i genomsnitt 2-5 leveranser av drivmedel varje vecka. Nuvarande och framtida transportväg till Skavsta redovisas i figur 6. I figur 8 nedan redovisas nuvarande och framtida leveransväg till flygbränslecisterner.



Figur 8. Översikt över stationsområdet och befintlig och framtida transportvägar till flygplats och bensinstation (blå resp. vit streckad linje).

Den nya dragningen av väg 629 ansluter till General Schybergs väg som kommer att gå mellan stationsplattform och flygplatsen. I samband med utbyggnaden av Ostlänken kommer en angoring och passage från station till flygplats göras i anslutning till befintlig byggnad (se figur 7). Hastigheten på vägen är idag 40 km/tim.

Jet A1, även kallat flygfotogen, har dieselliknande egenskaper och en flampunkt på 38°C eller högre. Det innebär att vätskan behöver värmas upp till minst 38 grader innan antändningsbara ångor uppstår. Bensin och etanol har lägre flampunkt och förångas vid normala utomhustemperaturer.

Leveranser av flygbränsle och drivmedel sker med tankbilar. En del andra ämnen till flygplatsen, t.ex. oljor, sker sannolikt i form av styckegods.

5. Riskbedömning

5.1 Riskbedömning med avseende på TGOJ-banan

För TGOJ-banan beräknas individrisken med avseende på farligt gods och mekanisk konflikt kvantitativt medan samhällsrisken bedöms kvalitativt.

5.1.1 Individrisk

Baserat på antalet farligt godstransporter i tabell 3, samt de variabler och antaganden som presenteras i bilaga A och B, beräknas individrisken längsmed sträckan enligt tabell 4 nedan. Riskvärderingen (färgkodningen) i tabellen baseras på de riskacceptanskriterier som föreslagits av DNV (Statens Räddningsverk, 1997). Gula siffror i tabellen indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna

siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

Tabell 4. Individrisk med avseende på farligt gods på TGOJ-banan

Område	IR (ute)	IR (inne)
0-25	3,72E-08	3,72E-08
25-50	2,19E-08	1,71E-08
50-100	1,03E-08	6,29E-09
100-150	1,93E-09	0,00E+00
150-200	9,67E-10	0,00E+00

Den individrisknivå som presenteras i tabell 4 gäller både för nollalternativ och utbyggnadsalternativ då antalet transporter på TGOJ banan i framtiden antas vara desamma baserat på figur 5.

5.1.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk är beroende av antalet personer som befinner sig längs med sträckan. Bebyggelsen inom 150 meter från TGOJ-banan varierar utmed sträckan² men är i huvudsak gles och består av enstaka fastigheter. Inga särskilt känsliga verksamheter med avseende på personintensitet eller svårigheter att utrymma bedöms finnas inom 150 meter från TGOJ-banan. Samhällsrisk kommer dock att öka från dagens nivåer då antalet farligt godstransporter på järnvägen enligt nuvarande prognoser kommer att öka, se figur 5 och avsnitt 0. Det ska dock framhållas att ökningen sker från en mycket låg nivå, varför betydelsen är begränsad. Då antalet farligt godstransporter bedömts öka likartat både för nollalternativ och utbyggnadsalternativ kommer samhällsrisk vara samma för båda alternativen.

5.1.3 Mekanisk konflikt med urspårad tågagn

Samma metod som beskrivs i avsnitt 5.1.1 har använts för att beräkna individrisken med avseende på urspårad tågagn på TGOJ-banan. En snitthastighet på 90 km/h användes även för TGOJ-banan och antalet godståg per dygn sätts till 8 i enlighet med figur 5. Resultande individrisk på olika avstånd från TGOJ-banan presenteras i tabell 5. Riskvärderingen (färgkodning) är som för tabell 4.

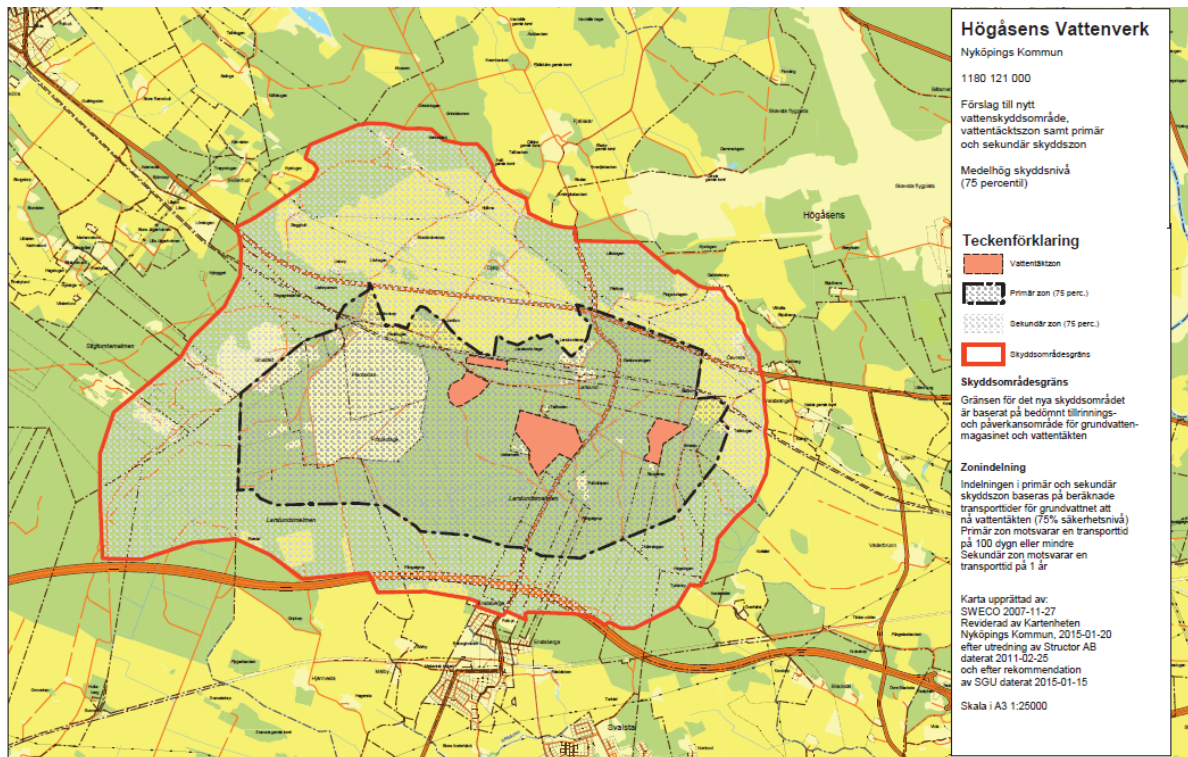
² Hela sträckan inom OLP3 avses, inte enbart delsträcka 32

Tabell 5. Individrisk med avseende på mekanisk konflikt, TGOJ-banan

Avstånd från spår (m)	Individrisk (per år)
0	> 7,61E-06
1	7,61E-06
2	5,70E-06
3	4,14E-06
4	2,89E-06
5	1,92E-06
6	1,20E-06
7	6,87E-07
8	3,45E-07
9	1,41E-07
10	3,93E-08
11	< 1,00E-08
12	< 1,00E-08
13	< 1,00E-08
14	< 1,00E-08
15	< 1,00E-08

5.1.4 Miljörisker

Delar av grundvattenförekomsten Larslundsmalmen med Högåsens vattenverk ligger inom järnvägsplanområdet. Området utgör ett vattenskyddsområde (se figur 8). Högåsen ligger uppströms Nyköpingsresecentrum och försörjer Nyköping och Oxelösund med dricksvatten.



Figur 8. Skyddsområde Högsåns Vattenverk

Den sammanställning avseende effekten av olika farligt godsklasser vid läckage till vatten som presenteras i tabell 3 är giltig även för det aktuella vattenskyddsområdet. Detta hanteras utförligare i bilaga 3, Risker för miljöpåverkan.

Som nämnts tidigare i denna rapport är sannolikheten för en farligt godsolycka låg på denna sträcka då antalet farligt godstransporter är förhållandevis lågt. Konsekvensen för möjligheten att försörja.

5.1.5 Verksamheter/områden av särskilt intresse

Utöver Högsåns vattenverk bedöms inga verksamheter eller områden av särskilt intresse finnas på sträckan annat än Skavsta flygplats som hanteras specifik avseende olyckshändelser som kan påverka flygplatsen och som kan påverka ny stambana (se bilaga 1).

5.2 Riskbedömning väg 629, Skavsta

Riskbedömningen omfattar risker kopplade till transporter med farligt gods på vägen till följd av vägens planerade nya dragning. I avsnitt 4.1 redovisas översiktligt farorna med olika farligt godsklasser. Det finns ingen samlad bild över transporter med farligt gods på väg 629, men den största andelen farligt gods uppskattas utgöras av flygbränsle (Jet A1) och drivmedel till bensinstationen. Riskbedömningen avseende väg 629 görs semikvalitativt.

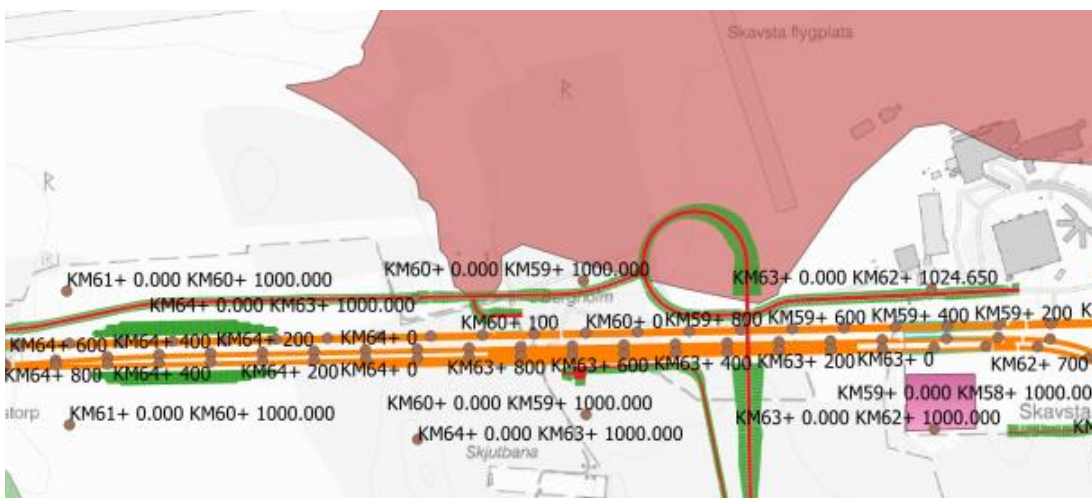
Risker med transport av flygbränsle och drivmedel utgörs av att ämnet läcker ut och på så sätt påverkar markmiljön och eventuella vattenförekomster. Om utläckt ämne antänds kan skada på intilliggande konstruktioner, byggnader eller människor i närområdet uppstå. Vid ett läckage på bron över ny stambana kan ett läckage som rinner ner på spårområdet medföra att trafiken måste stängas av eftersom risk för antändning föreligger. Nedan redovisas en kvalitativ bedömning av ovan redovisade scenarier kopplade till läckage av flygbränsle och drivmedel vid transport på väg 629.

5.2.1 Skada på naturmiljön

Söder om nya stambanan utgörs området av skogsmark. I området finns ingen grundvattenförekomst eller något vattenskyddsområde. Miljöpåverkan blir därför liten vid ett eventuellt läckage.

Norr om stambanan finns Skavstafältets grundvattenförekomst, se figur 9. Ett läckage av flygbränsle eller drivmedel som läcker utanför vägbanan kan komma att kontaminera grundvattnet. Inget uttag sker idag ur grundvattenmagasinet och landningsbanor. Dessutom ligger den största cisternparken ovanpå förekomsten.

Bedömningen är att den nya dragningen av Väg 629 inte ökar risken för kontaminering av grundvattenförekomsten i någon betydande utsträckning. Ingen vidare utredning eller vidtagande av åtgärder bedöms därmed nödvändiga.



Figur 9. Skavstafältets grundvattenförekomst (rosa) i förhållande till den nya dragningen av Väg 629.

5.2.2 Skada på konstruktioner

Om utläckt flygbränsle eller drivmedel antänds kan hög värmestrålning i värsta fall uppstå inom ca 30-40 meter (förutsätter en pöl på minst ca 400 m²). Om en sådan pölbrand exempelvis uppstår nära stationsbyggnad eller brokonstruktion kan dessa påverkas och eventuellt skadas så att skada på människor eller omgivande infrastruktur i anslutning till konstruktionerna kan uppstå.

Sannolikheten för att en olycka ska leda till läckage är låg. Flygbränsle och diesel har en så hög flampunkt att vätskan måste värmas upp för att brännbara ångor ska uppstå. Bensin och etanol är däremot mycket lättantändliga om de läcker ut. Sannolikt utgör flygbränsle den absolut största mängden farligt gods som transporteras på vägen. Sannolikheten för att utläckt flygbränsle eller drivmedel ska antändas är mycket låg. Konstruktioner inom påverkansområdet till vägen omfattar människor som är i rörelse och som bör hinna sätta sig i säkerhet i händelse av olycka. Olycksscenariots påverkan på risknivån i närområdet bedöms vara begränsad. Någon vidare utredning eller åtgärder bedöms därmed inte nödvändiga att vidta.

5.2.3 Skada på människor

Utmed stora delar av den nya dragningen av väg 629 består omgivningen av obebyggd skogsmark. Det är endast i anslutning till Skavsta flygplats som det rör sig en stor andel människor utmed vägens sträckning norr om nya stambanan. Vid en pölbrand kan människor som exponeras för hög värmestrålning skadas och i värsta fall omkomma. Enligt ovan är dock sannolikheten mycket låg för att utläckt flygbränsle eller drivmedel ska antändas. Hastigheten på vägen är låg. En kollision i låga hastigheter leder sällan till så omfattande skador att större läckage



sker. När det är mycket människor i området kommer också trafiken i området vara hög vilket minskar sannolikheten för att tankbilarna håller en för hög hastighet.

Människor som vistas inom påverkansområdet är i rörelse mellan tågstation eller bilar och terminal. Vid en olycka bör de hinna ta sig tillräckligt långt bort för att undvika att exponeras för skadliga strålningsnivåer. Sannolikheten för att människor utomhus ska skadas till följd av scenariot bedöms vara liten. Byggnader i anslutning till väg 629 och General Schybergs väg utgörs av plattformsovergång med ytor i markplan samt den befintliga kontorsbyggnaden med genomgång till terminalen. Stationen kommer inte utformas med ytor för stadigvarande vistelse annat än kommunikations- och väntytor kopplade till stationsfunktionen. Avståndet mellan väg och stationsytor är ca 10 meter. Avståndet mellan väg och befintlig kontorsbyggnad är mellan 20 och 55 meter. Om ett stort läckage sker i höjd med station eller kontorsbyggnad som sedan antänds kan vidare brandspridning in i dessa ske. Sannolikheten för händelsen är låg. I tabell 6 redovisas individrisken förutsatt 2,5 transporter med flygbränsle per dygn samt 3 transporter till bensinstationen per vecka. Hälften av transportererna har antagits frakta vätska som inte är lättantändlig (enligt uppgift fraktar ca 85 % av alla tankbilstransporter flygbränsle vilket är svårantändligt).

Avstånd från spår (m)	Individrisk (per år)
0-10	2,0E-07
11-13	1,8E-07
14-19	1,7E-07
20-21	1,3E-07
22-24	9,8E-08
25	9,7E-08
26-30	9,6E-08
31-35	2,6E-09
36-40	3,0E-10

Utifrån ovanstående rekommenderas att ny bebyggelse som inrymmer stadigvarande vistelse som uppförs inom 21 meter från väggkant ska utföras med hänsyn tagen till risken för vidare brandspridning in i byggnaden (se avsnitt 7 i huvudrapporten för formulering av åtgärd). Avståndet till befintlig bebyggelse är som minst 20 meter, byggnadsdelar inom 21 meter kan därför behöva skyddas mot yttre brandpåverkan med hänsyn till individrisken. Tillåten markanvändning inom denna är kontor, handel, parkering och utbildning.

Avståndet mellan väg med transporter av flygbränsle och bensin och hotellet vid flygplatsen blir något kortare, men är fortfarande relativt stort, ca 60 meter.

Gällande detaljplaner i området (den senaste från 2013) ha ringa planbestämmelse som rör störningar med transporter av farligt gods.



5.2.4 Påverkan på driften av järnvägstrafiken

Om ett läckage av flygbränsle eller drivmedel sker på bron över järnvägen finns risk för att vätskan rinner ner på spårområdet. Även om sannolikheten för antändning är låg för merparten av den transporterade vätskan är det troligt att tågtrafiken stoppas av försiktighetsskäl till dess att sanering genomförts. Ett läckage kan därför leda till ett längre driftstopp vilket är en allvarlig konsekvens för tågtrafiken. För att förhindra ett eventuellt läckage på bron att rinna ner på spårområdet kommer därför bron utföras så att avrinning sker mot brofästena. Detta löses exempelvis genom en högre kant på bron så att eventuell vätska inte kan rinna över kanten.

Om ett läckage istället skulle ske på den delen av Väg 629 som ligger direkt norr om den nya stambanan kan strålningsnivån mot järnvägen bli så stor att risk för skada på tåg och resenärer föreligger. Avståndet mellan vägkant och närmaste spår på nya stambanan är 20 meter, vilket innebär att påverkan inte kan uteslutas. Vid läckage och antändning inom ca 30-40 meter från stambanans spår är det troligt att tågtrafiken kommer att stoppas till dess att risken för vidare brandspridning är över. Denna olyckshändelse bedöms dock i sådant fall leda till ett mer kortvarigt driftstopp än om vätska rinner ner på spårområdet från bron eftersom det vid brand på vägen norr om stambanan inte blir nödvändigt att genomföra någon sanering. För att minska påverkan på människor är det viktigt att det finns möjlighet för de som vistas utmed vägen att sätta sig i säkerhet. Söder om Väg 629 nor om nya stambanan finns en perrong. Perrongen är tillräckligt lång för att de som vistas på perrongen ska kunna ta sig tillräckligt långt bort från en eventuell brand. Norr om vägen finns en torgyta för kommunikation mellan angöringsplatser för bilar och taxi samt tågstation. Även på denna sida bedöms möjligheterna att sätta sig i säkerhet vara gods. Några åtgärder för att hantera scenariot bedöms därmed inte nödvändiga att vidta.

6. Slutsats och diskussion

6.1 TGOJ-banan

6.1.1 Individrisk

Individrisken med avseende på farligt gods längs med TGOJ-banan presenteras i tabell 6. Riskvärderingen (färgkodningen) i tabellerna baseras på de riskacceptanskriterier som föreslagits av DNV (Statens Räddningsverk, 1997). Gula siffror i tabellerna indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

Tabell 6. Individrisk med avseende på farligt gods på TGOJ-banan

Område	IR (ute)	IR (inne)
0-25	3,72E-08	3,72E-08
25-50	2,19E-08	1,71E-08
50-100	1,03E-08	6,29E-09
100-150	1,93E-09	0,00E+00
150-200	9,67E-10	0,00E+00



Den individrisknivå som presenteras i tabell 6 gäller för utbyggnadsalternativet år 2040. Risknivån för TGOJ-banan är densamma för utbyggnads- och nollalternativet.

Närmaste byggnad ligger ca 35 meter från TGOJ-banan inom delsträcka 32. Denna del av TGOJ-banan kommer dock inte att förändras eftersom den inte omfattar anslutning till bibanan.

6.1.2 Samhällsrisk

Samhällsriskens beror av antalet personer som befinner sig längs med sträckan.

Bebyggelsen längsmed aktuell sträcka på TGOJ-banan är gles och består enbart av enstaka fastigheter. Samhällsriskens kommer dock att öka från dagens nivåer då antalet farligt godstransporter på järnvägen enligt befintliga prognoser kommer att öka, se figur 5 och avsnitt 0. Det ska dock framhållas att ökningen sker från en mycket låg nivå, varför påverkan på risknivån är begränsad. Då antalet farligt godstransporter bedömts öka likartat både för nollalternativ och utbyggnadsalternativ kommer samhällsriskens vara samma för båda alternativen.

6.1.3 Mekanisk konflikt med urspårad tågagn

Individrisken med avseende på mekanisk konflikt längs med TGOJ-banan presenteras i tabell 7.

Risikvärderingen (färgkodningen) i tabellerna baseras på de riskacceptanskriterier som föreslagits av DNV (Statens Räddningsverk, 1997). Röda siffror i tabellen indikerar en risknivå där ytterligare säkerhetsåtgärder krävs för att nå en acceptabel risknivå. Gula siffror indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Det är här viktigt att notera att beräknade risknivåer avser kontinuerlig vistelse. Att risknivån inom 6 meter från spår bedöms som oacceptabel utan ytterligare åtgärder (röd) innebär inte att det innebär en oacceptabel risk att under kortare tid befinna sig nära spåret. Exempel på slutsats som kan dras är däremot att om verksamheter där kontinuerlig vistelse kan förväntas (t ex bostäder) etableras inom ett avstånd av 10 meter från spår bör ytterligare säkerhetshöjande åtgärder värderas eller vidtagas för att begränsa risk för mekanisk påverkan.

Tabell 7. Individrisk med avseende på mekanisk konflikt, TGOJ-banan

Avstånd från spår (m)	Individrisk (per år)
0	> 7,61E-06
1	7,61E-06
2	5,70E-06
3	4,14E-06
4	2,89E-06
5	1,92E-06
6	1,20E-06

7	6,87E-07
8	3,45E-07
9	1,41E-07
10	3,93E-08
11	< 1,00E-08
12	< 1,00E-08
13	< 1,00E-08
14	< 1,00E-08
15	< 1,00E-08

6.2 Väg 629, Skavsta

När det gäller transporter med farligt gods på den nya sträckningen av väg 629 samt den del av General Schybergs väg som påverkas av den nya vägen när det gäller transporter av farligt gods till området, bedöms det i huvudsak vara transporter med flygbränsle och drivmedel till en bensinstation som sker i större omfattning. Flygbränsle utgör sannolikt merparten av transporterna. Bränslet har en hög flampunkt (+38°C) vilket innebär att det inte är så lättantändligt. Den semikvalitativa bedömningen som genomförts innebär att individrisknivån hamnar inom ALARP inom ca 21 meter från väggkant. Vid uppförande av ny bebyggelse som inrymmer stadigvarande vistelse utmed aktuell del av väg 629 samt General Schybergs väg rekommenderas att åtgärder vidtas. Åtgärder för att förhindra avrinning från bron ner på spårområdet ska också vidtas, vilket är planerat. När det gäller befintlig bebyggelse är det endast en byggnad som ligger så nära den nya dragningen av väg 629 att den kan påverkas vid en olycka. Det är dock endast en mycket liten del som ligger inom 21 meter från vägen.

7. Referenser

COWI. (2014). *Ostlänken - Uppdatering Miljöriskbedömning passage Tullgarn.*

FBE. (2008). *Risikanalyt avseende transporter av farligt gods förbi Projektet Mölndals centrum, Rev 07, 2008-06-12.*

FOA. (1997). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor -metoder för bedömning av risk.*

Fredén, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikhet för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen. Banverket, Miljösektionen. 2001:5.*

Green Cargo. (2011). *Uppgifter från Green Cargo (ansvarig farligt gods).*

IUR. (2002). *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone.*

Länsstyrelsen i Södermanlands Län. (u.d.).

Länsstyrelserna. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Länsstyrelserna: Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län.*

Statens Räddningsverk. (1997). *Värdering av risk.*

Statens Räddningsverk. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter september 2006.*

Trafikanalys. (2016). *Lastbilstrafik 2015, statistik 2016:27.*

Trafikverket. (2014). *Järnvägsplan - Riskutredning - Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahallen.*

VTI. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier av farligt gods på väg och järnväg, VTI rapport Nr 387:4.*

ÅF. (2014). *Riskutredning nytt resecentrum Nyköping.*



Bilaga A – Frekvens farligt gods olycka

I denna bilaga redovisas underlag för olyckor och olyckseffekter avseende farlig gods.

Frekvens för järnvägsolycka

Grundläggande olyckstyper inom järnvägstrafik som under drift, direkt eller indirekt, kan ge upphov till påverkan på 3:e person är:

- Urspårning
- Sammanstötning
- Brand
- Sabotage
- Plankorsningsolyckor
- samt kombinationer av dessa.

När det gäller risker för farligt gods är de viktigaste olyckstyperna urspårning och sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan uppkomma om behållare skadas i samband med urspårning eller sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan även uppkomma utan föregående olycka, t.ex. genom läckage i flänsar och ventiler. Denna typ av läckage är relativt vanligt förekommande men ger som regel ingen påverkan på omgivningen. Däremot kan insats från räddningstjänst, t.ex. tömning av läckande tank, erfordras. Läckaget upptäcks vanligtvis inte under transport utan i samband med uppställning av vagnar vid t.ex. rängering.

Exempel på orsaker till urspårning är rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, fordonsfel, växelfel och lastförskjutning.

Dominerande orsaker till sammanstötningar är olika typer av mänskligt felhandlande hos exempelvis förare, tågledning eller bangårdspersonal, men även tekniska fel kan förekomma, t.ex. bromsfel.

Sammanstötningar mellan tåg på linjen är mycket sällsynt, däremot förekommer kollision med t.ex. arbetsfordon eller annat hinder. Sammanstötning under växling/rängering är däremot relativt frekvent förekommande. Dessa sker i låg hastighet med som regel inga eller små skador som följd. Denna studie behandlar inte växlings- och rängeringsverksamhet.

Den första mer systematiska studien i Sverige av frekvenser för järnvägsolyckor som kan hota omgivningen gjordes av VTI (1994). Detta arbete utvecklades senare i Fredén (2001). Därefter har det, i samband med olika större infrastrukturprojekt, genomförts ett antal studier av urspårnings och sammanstötningfrekvenser för svensk järnvägstrafik. Skillnaderna i resultat mellan de olika studierna är som regel små.

Följande frekvenser används i denna studie:

Urspårning: $6,7 \cdot 10^{-7}$ per tåg km

Sammanstötning: $6 \cdot 10^{-8}$ per tåg km



Dessa värden är baserade på (VTI, 1994) och används även i Göteborgs översiktsplan (1999). Risk för urspårning ger det dominerande bidraget. Använt värde är något konservativt jämfört med Fredén (2001) som för ett normaltåg ger en urspårningsfrekvens av $5,2 \cdot 10^{-7}$ per tåg km (exklusive bl.a. solkurvor och växlar). Bedömningen är att det använda värdet är rimligt, men möjligen något konservativt.

Vidare antas i beräkningarna att ett normalgodståg består av 29 vagnar och att en urspårning påverkar 3,5 av dessa (d.v.s. en andel av 0,12) samt att en sammanstötning påverkar 5 vagnar (d.v.s. en andel av 0,17). Denna ansats är gemensam för VTI (1994) och Fredén (2001).

Skalning av olycksfrekvenser

För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel. Frekvensen justeras genom att multiplicera med 0,2. Detta görs för att ett skadeutfall bedöms påverka en begränsad sträcka. Undantag är för punktering av tank för giftig gas som multipliceras med 0,4 då området som kan påverkas av den händelsen är större.

Frekvens för olycksscenarier

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en järnvägsolycka med farligt gods inträffat. Sannolikheter och frekvenser för olika scenarier redovisas.

Vissa olyckshändelser som beskrivs, t.ex. explosioner kan antas påverka omgivningen likformigt oavsett riktning, medan andra händelser, t.ex. påverkan av giftig gas framförallt sker i vindriktningen och då påverkar en begränsad sektor av omgivningen. Vid beräkning av individrisk ska därför sannolikheten för exponering reduceras. I följande fall tillämpas en reduktion av olycksfrekvensen:

- Jetbrand: Reducering med en faktor 1/6 eftersom en begränsad sektor påverkas.
- Gasmolnsbrand och giftigt gasmoln: Bedöms främst påverka omgivning i vindriktningen, en reduktion med en faktor 1/3 tillämpas vilket bedöms vara rimligt för det aktuella området.

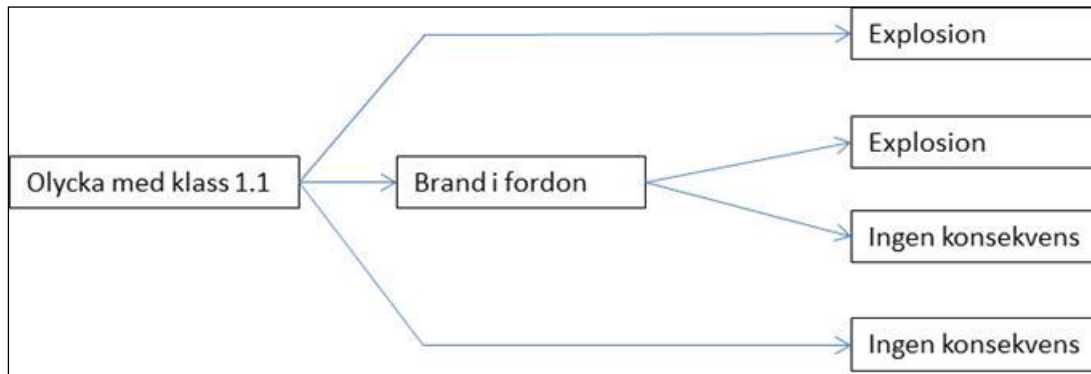
Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

A.1 Olycka med massexplodivt ämne

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka skada för personer i samband med en olycka.

Vid transport av massexplosiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas vid stötar. På det sätt som massexplosiva ämnen och material förpackas minimeras emellertid risken för att explosion eller brand ska inträffa.

Figur A.1 illustrerar händelseförloppet vid olycka med massexplosiva ämnen.



Figur A.1. Händelseförlopp vid olycka med massexplosiva ämnen.

Järnvägsolycka

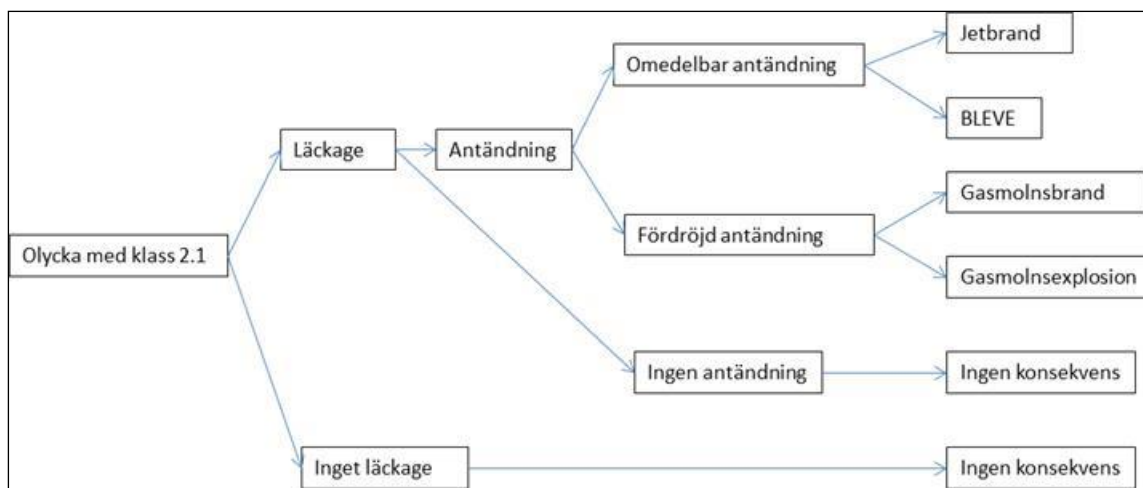
Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Sannolikheten för olycka med massexplosivt ämne är beräknad i Göteborgs översiktsplan för farligt gods (1999) och innefattar både, kollision, urspårning och brand i vagn. Den totala sannolikheten för massexplosion är beräknad till $4.8 \cdot 10^{-8}$ för 2 km typbebyggelse. Sannolikheten beskrivs här för 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4.8 \cdot 10^{-8} / 2 \cdot N_{\text{klass1.1}}$$

A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)

Möjliga händelseförlopp vid en olycka med brandfarlig gas redovisas i figur A.2.



Figur A.2. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas.

Ett läckage av brandfarlig gas kan resultera i följande scenario:

- Ingen antändning.
- Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.



Om jetbranden tillåts värma upp tanken under längre tid, eller om tanken havererar/försvagas på grund av skador kan en BLEVE (Boiling Liquid Expandning Vapour Explosion) inträffa.

Vid en fördröjd antändning kan ett gasmoln bildas som vid antändning ger upphov till en gasmolnsbrand.

En antändning av ett gasmoln kan ge upphov till en gasmolnsexplosion.

Fördelning av dessa scenarier varierar ganska kraftigt mellan olika källor. I WUZ (2011) relateras till ett antal källor och följande sannolikheter används:

- Ingen antändning: 30 %
- Jetbrand: 19 %
- BLEVE: 1 %
- UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion eller gasmolnsexplosion): 50 %

Dessa värden bedöms rimliga med tillägget att kategorin UVCE bör delas upp i två scenarier, enligt figur A.2. Ett scenario med gasmolnsbrand utan övertryck och ett med övertryck. En fördelning av 80/20 mellan dessa scenarion tillämpas baserat på TNO (2005).

Enbart ett startscenario med 50 mm hål (motsvarande armaturbrott) beaktas. Risk för tankhaveri beaktas genom att inledande hål antas kunna utvecklas till BLEVE.

Järnvägsolycka

Frekvens att en gastanksolycka med utsläpp och antändning ska inträffa är $1,3 \cdot 10^{-9}$ per vagn och år, på en sträcka av två km (GÖP, 1999). Läckagesannolikhet ingår då med 0,01 och antändningssannolikhet med 0,7. Detta innebär att frekvensen för att en gasolvagn utsätts för olycka är $= 0,93 \cdot 10^{-7}$ per vagn och år för en km.

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Jetbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass2.1}} \cdot 0,19$$

Olycka * Läckage * antal transporter med brandfarlig gas * andel jetbrand

Gasmolnsbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka * Läckage * antal transporter med brandfarlig gas * andel gasmolnsbrand

Gasmolnsexplosion

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka * Läckage * antal transporter med brandfarlig gas * andel gasmolnsexplosion.

BLEVE

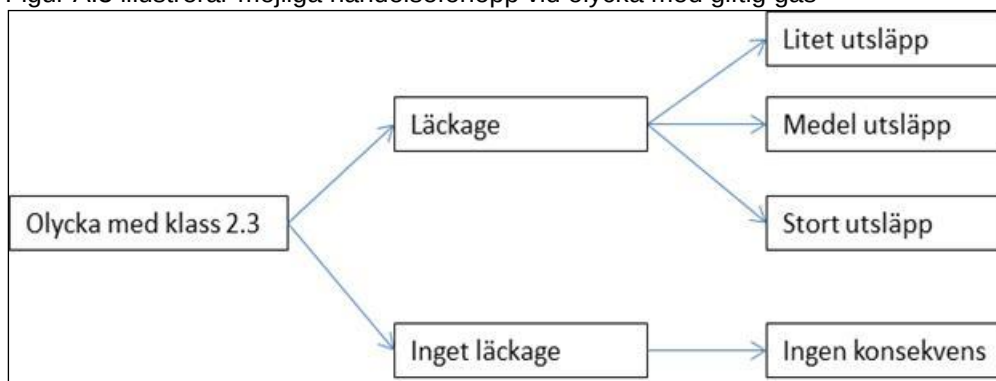
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01 \cdot 0,5$$

Olycka * Läckage * antal transporter med brandfarlig gas * andel BLEVE * fall då utrymning ej sker.

A.3 Olycka med giftig gas

Figur A.3 illustrerar möjliga händelseförlopp vid olycka med giftig gas



Figur A.3. Händelseförlopp vid olycka med giftig gas.

Storleken på ett läckage kan variera, följande indelning görs för läckage:

- Litet utsläpp (packningsläckage)
- Medelstort utsläpp (rörbrott)
- Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar. Fördelningen mellan medelstort och stort utsläpp är satt till 50/50 vilket resulterar i liknande storleksordning som finns angivet i TNO för liknande händelser. I denna analys bortser vi från packningsläckage.

Järnvägsolycka

Sannolikheten för att en olycka med kondenserad giftig gas ska inträffa och utflöde sker är $1,8 \cdot 10^{-9}$ per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999).

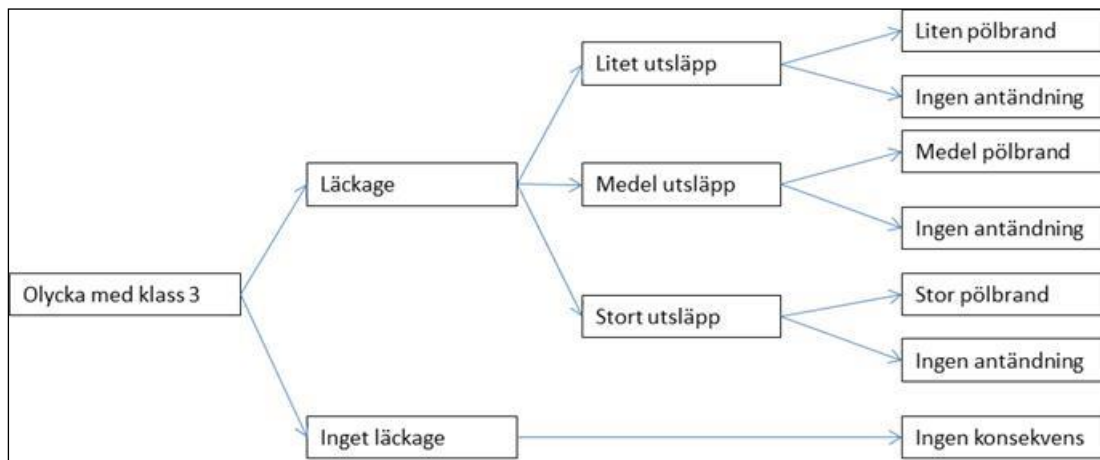
Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

$$1,8 \cdot 10^{-9} / 2 \cdot N_{\text{giftig gas}} \cdot 0,5$$

Olycka per 1 km * antal transporter med giftig gas * andel scenario (medel/stort)

A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin

Händelseförloppet för en olycka med brandfarlig vara illustreras av figur A.4.



Figur A.4. Händelseutveckling efter utsläpp av brandfarlig vätska.

Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning.

Följande pölbrandsscenarier kan sättas upp:

- Medel utsläpp
- Stort utsläpp
- Liten pölbrand bedöms inte ha någon betydande omgivningspåverkan.

Antagandet görs att enbart brandfarlig vara klass 1 t.ex. bensin kan medföra personskada och utgöra risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andelen bensin ca 40 % av totala petroleumprodukterna varför mängden klass 1 produkter antas utgöra 40 % av den totala mängden transporterad brandfarlig vara.

Järnvägsolycka

Sannolikheten för olycka med brandfarlig vätska baseras på Fredén (2001). Beräkningar utgår från scenarier enligt ovan samt antaganden baserade på uppgifter från TNO (2005). Sannolikheten för respektive dimensionerande scenario beskrivs enligt följande:

(sannolikheten för urspårning * sannolikhet för att urspårad vagn är lastad med brandfarlig vätska + sannolikhet för kollision * sannolikhet för att vagn i kollision är lastad med brandfarlig vätska) * sannolikhet för läckage * sannolikhet för antändning * antal vagnar.

Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

Mellan läckage: $(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$

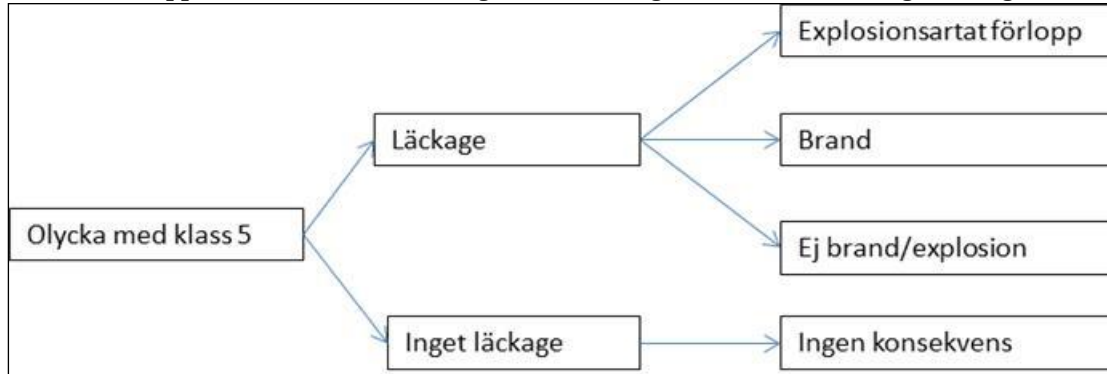
Stort läckage: $(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$

A.5 Olycka med oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Figur A.5 illustrerar händelseförloppet vid



olycka med oxiderande ämnen. Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs.



Figur A.5. Händelseförlopp vid olycka med oxiderande ämnen.

Järnvägsolycka

Sannolikheten för att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa och explosion sker är $2.0 \cdot 10^{-11}$ per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999). I denna analys beskrivs sannolikheten för en sträcka av 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$2 \cdot 10^{-11} / 2 \cdot N_{\text{klass5,1}}$$



Bilaga B – Konsekvens farligt godsolycka

I detta kapitel redovisas först en övergripande tabell över möjliga konsekvenser i händelse av en olycka med farligt gods och därefter sammanställs en tabell med resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar. Under respektive delkapitel beskrivs bakgrund för bedömning av konsekvenser/olyckseffekter för respektive ämnesklass.

I tabell B.1 nedan redovisas respektive farligt godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt.

Tabell B.1 Relevanta typer av farligt gods och möjliga olyckskonsekvenser.

ADR-/RID- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
1 Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotals- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand Gasmolnsexplosion BLEVE	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet ¹ . Små effekter utanför gasmolnet, mkt allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet. Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och raserade byggnader. Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, "missiler" kan ge effekter på längre avstånd.
2 Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi.
3 Brandfarliga vätskor	Pölbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarligare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning, mm
4 Brandfarliga fasta ämnen, mm	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet.
5 Oxiderande ämnen, organiska	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador, oftast

¹ "Närområde" är inte ett entydigt definierat begrepp men avser i detta sammanhang några tiotal meter (t.ex. i samband med pölbrand) eller direkt exponering (t.ex. i samband med utsläpp av frätande ämnen).



ADR-/RID- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
peroxider	Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	begränsade till närområdet. I händelse av explosion kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6 Giftiga ämnen, mm	Toxiska effekter	Risker begränsade till närområdet
7 Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8 Frätande ämnen	Frätskada	Risker begränsade till närområdet
9 Övrigt	-	Risker begränsade till närområdet

Området kring led med farligt gods har delats in i intervall för att beskriva konsekvensen av en olycka på olika avstånd från en olycksplats. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar genomförda i Effekt Plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (RIB, 2012).

Resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar är sammanställt i tabell B.2 och visar hur stor andel av de personer som befinner sig utomhus respektive inomhus som bedöms omkomma till följd av en viss händelse.

För varje avståndintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

Andel omkomna utomhus. Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna.

Andel omkomna inomhus. Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed delvis är skyddade. Denna siffra varierar beroende på byggnad och placering



Tabell B.2. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndintervall från en eventuell olycka på järnväg. Värden i denna tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges.

Ämnesklass	Olycksscenario	0-25 m	26-50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m
Klass 1.1 Massexplosivt	Liten explosion (200 kg)	1/0,15	0/0,05	0/0,01	0/0	0/0
	Stor explosion (6 ton)	1/0,3	1/0,3	0,5/0,15	0/0	0/0
Klass 2.1 Kondenserad Brandfarlig gas	Jetbrand	1/1	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
	Gasbrand	1/1	0,75/0,4	0,5/0,3	0/0	0/0
	Gasmolnsexplosion	1/1	0,5/0,5	0,1/0,1	0/0	0/0
	BLEVE	1/1	1/1	1/0,25	0,5/0,0	0/0
Klass 2.3 Kondenserad giftig gas	Rörbrott	1/0,95	0,9/0,5	0,5/0,1	0,01/0	0/0
	Punktering	1/1	1/1	1/0,5	0,6/0	0,2/0
Klass 3 Brandfarlig vätska	Liten pölbrand	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	Medelstor pölbrand (50 m ²)	0,5/0,1	0/0	0/0	0/0	0/0
	Stor pölbrand (200 m ²)	0,8/0,8	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
Klass 5 Oxiderande ämne	Explosion	1/0,15	1/0,05	0/0,01	0/0	0/0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet, till exempel kan vädersituationen vara mer eller mindre gynnsam, förutsättningarna för om människor kan sätta sig i säkerhet kan variera och så vidare.

B.1 Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka skada för personer i samband med en olycka.

Vid en eventuell olycka kan händelseförloppet utvecklas mycket snabbt och ge svåra konsekvenser. Hur stora konsekvenserna blir beror på mängden transporterat ämne samt avståndet till människor. Hur stora skadorna blir på byggnader beror till stor del på byggnadskonstruktion och material.

En explosion leder till höga tryck i närzonen, trycket minskar sedan med avståndet från explosionen. Människor tål tryck bättre än vad byggnader gör. Dödsfall som direkt följd av tryckvågen vid en fullastad vägtransport (16 ton) kan förväntas inträffa på avstånd upp till 75 meter ifrån olycksplatsen. För mindre transporter (50-1000 kg) kan dödsfall förväntas på upp till ca 25 meter ifrån olycksplatsen. Skador på lungor och trumhinnor (på grund av tryck) kan inträffa upp till 25 meter ifrån olycksplatsen för olycka motsvarande ca 200 kg.

Dödsfall och skador kan inträffa i och med att byggnader rasar, eller från splitter och flygande material. Även nyare betongbyggnader med väl sammanhållen stomme kan raseras på ett avstånd av ett par hundra meter från explosionscentrum. Skador på människor inomhus är troliga, liksom dödsfall, både vid olyckor med små och stora transporter. Skador på grund av splitter och flygande material kan förekomma på ett område mellan några 10-tals meter upp till 1 km beroende på storleken på explosionen, var den inträffar och i vilken typ av område/bebyggelse som olyckan inträffar.



Nedan följer material i form av gränsvärden, beräkningar och antaganden som används vid bedömningar för antal skadade och omkomna.

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I tabell B.3 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell B.4 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

Tabell B.3. Maximala infallande tryck för material och byggnader

Material för byggnaden	Maximalt tryck
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

Gränsvärde för att glasfönster spricker och i sin tur kan orsaka personskada går vid ca 0,03 bar (ca 3 kPa) och från samma källa (Clancey, 1997) anges 0,02 bar (ca 2 kPa) som ett gränsvärde för att material inte ska flyga iväg.

Tabell B.4. Skador på människan vid olika infallande tryck

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	≥ 180 kPa
Lungskador	180-69 kPa
Trumhinneruptur (skador på trumhinnor)	69-21 kPa

Beräkningsmetodik

Trycklaster har beräknats för händelsen att en explosion inträffar, antingen direkt eller efter en antändning i samband med en olycka. Konsekvensberäkningar har utförts i beräkningsprogrammet Effects PLUS version 5.5 (Yellow Book, 1997). För att kunna utföra explosionsberäkningar i programmet har massan av TNT räknats om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett tänkt gasmoln.

Metoden för omräkning mellan massa av brännbar gas och massa av TNT är välkänd och kallas TNT-ekvivalent metoden (TNT-Equivalency Method) (FOA, 1997).

Högsta explosionsstyrka 10 (detonation) har antagits och beräkningsmetoden följer The Multi Energy Method (FOA, 1997).

Lasterna från explosionen har beräknats som infallande tryck mot människor, byggnader och annan utrustning för olika avstånd från explosionscentrum. Nettovikten explosivt ämne varierar mellan 1-16 ton per transport samt 25-1000 kg per transport.

Resultaten från beräkningar beskriver tryck på olika avstånd ifrån en explosionskälla. Dessa tryck har översatts till andel omkomna.



Konsekvenser för massexplosivt ämne

Andelen omkomna beror på flera parametrar. Exempelvis spelar avståndet från explosionscentrum roll samt eventuella objekt mellan explosionen och individer. Första radens hus skyddar exempelvis bakomliggande hus eller personer som vistas utomhus. Denna analys baserar sig på andelen omkomna.

- För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

Andel omkomna utomhus. Andelen omkomna utomhus baseras på oskyddade människor som omkommer av det dödliga trycket större eller lika med 180 kPa.

Vid lägre tryck än 180 kPa antas att personer som vistas utomhus kommer att överleva. Skador kan dock förekomma som ett resultat av exempelvis flygande material eller höga tryck. Vid exempelvis 69 kPa förväntas lungskador.

- Andel omkomna inomhus. Baseras på de personer som befinner sig inomhus vid en explosion. Orsak till dödsfall beror på att byggnader rasar. Andelen omkomna beror på tryckets storlek samt avståndet från explosionen. Nedan sammanfattas vilka antaganden som gjorts för bedömning av omkomna inomhus.

För bedömningar angående omkomna inomhus används i viss mån värden som förekommer i Göteborgs översiktsplan. Vid tryck större än 180 kPa, (total destruktion av byggnader) antas att 30 % omkommer inomhus på avståndet 0-49 meter ifrån explosionskällan. På avståndet 50 meter antas 15 % omkomma inomhus (första radens hus). På avståndet större än 100 meter antas 5 % omkomma vid första radens hus om trycket är så högt att det resulterar i total destruktion av byggnaden.

För tryck mellan 180- 69 kPa antas 5 % omkomma inomhus. På tryck mellan 69-21 kPa antas 1 % omkomma.

Tabell B.5. Visar antagna andelar omkomna inomhus på olika avstånd vid olycka

Tryck/Avstånd	Andelen omkomna inomhus på olika avstånd		
	0-49 meter	50-99 meter	>100 meter
$P_s \geq 180$ kPa	0,3	0,15	0,05
180 kPa > $P_s \geq 69$ kPa	0,05	0,05	0,05
69 kPa > $P_s \geq 21$ kPa	0,01	0,01	0,01
21 kPa > $P_s \geq 9$ kPa	Ingen antas omkomma.		

Utifrån ovan beräkningar och antaganden har andelen omkomna inomhus och utomhus beroende på transportstorlekar sammanställs vilket redovisas i tabell B.6 och B.7.

Tabell B.6. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med stora mängder transporterad vara

Stora Transporter	2 ton		6 ton		16 ton	
Andelen omkomna	<i>Ute</i>	<i>Inne</i>	<i>Ute</i>	<i>Inne</i>	<i>Ute</i>	<i>Inne</i>
0-25 m	1	0,3	1	0,3	1	0,3
25-50m	1	0,15	1	0,3	1	0,3
50-75 m	0	0,15	1	0,15	1	0,15
75-100 m	0	0,01	0	0,15	1	0,15
100-250 m	0	0,01	0	0,01	0	0,05

Tabell B.7. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med små mängder transporterad vara.

Små Transporter	25 kg		200 kg		1000 kg	
Andelen omkomna	<i>Ute</i>	<i>Inne</i>	<i>Ute</i>	<i>Inne</i>	<i>Ute</i>	<i>Inne</i>
0-25 m	0	0,05	1	0,15	1	0,3
25-50m	0	0,01	0	0,05	1	0,15
50-75 m	0	0	0	0,01	0	0,05
75-100 m	0	0	0	0	0	0,01
100-250 m	0	0	0	0	0	0

Andel omkomna är behäftad med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de tabeller som Göteborgs översiktsplan utgår ifrån. Tabell B.8 visar andel omkomna på olika avstånd vid olycka på väg med massexplosivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999).

**Tabell B.8. Andel omkomna vid olycka med massexplosivt ämne på väg (15 ton).**

Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna 0-50 meter från väg	Andel omkomna 50-100 meter från väg
Utomhus	100 %	100 %
Första radens hus	15 %	5 %
Andra radens hus	5 %	-

B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka

I följande figurer redovisas andel oskyddade människor omkomna för utsläpp av brandfarlig kondenserad gas vid en olycka. Följande scenario med antändning av brandfarlig gas analyseras:

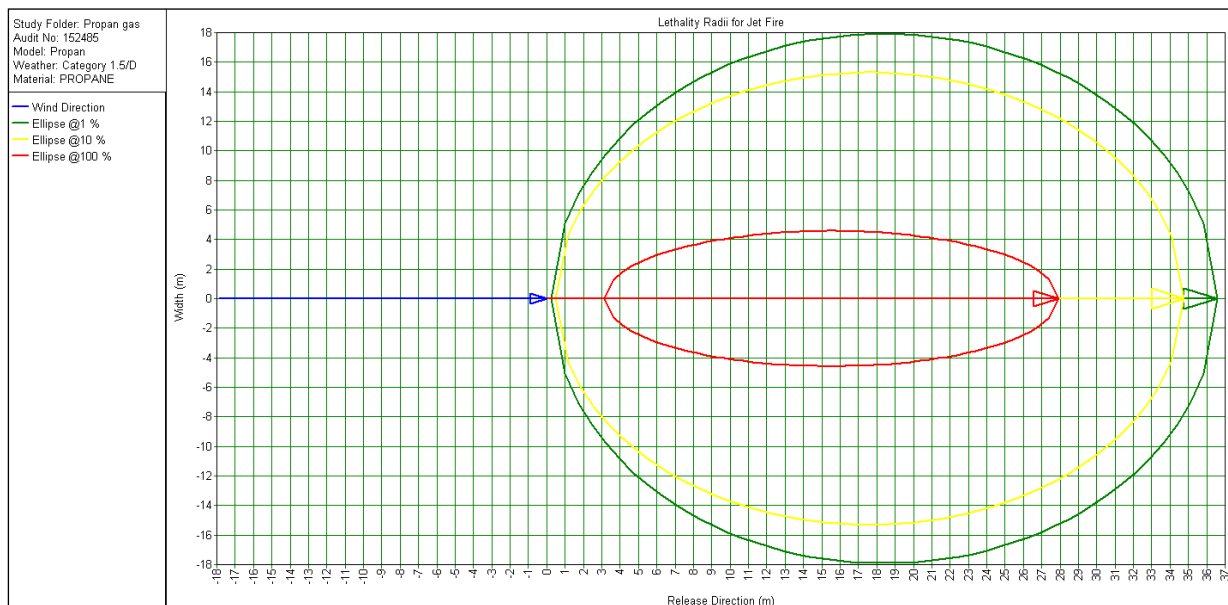
- Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

Beräkningar är utförda i programvaran PHAST (DNV, 2010). Bedömningar av konsekvenser för strålningsnivåer och övertryck baseras huvudsakligen på TNO (2005). Olyckseffekter och konsekvenser av dessa scenarier beror på ett antal parametrar, varav de viktigaste är hålstorlek, om utsläpp sker i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. I avsnitten nedan redovisas exempel på olyckseffekter och konsekvenser som kan uppkomma.

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Omfattningen och effekten av en jetbrand bestäms av om ämnet strömmar ut i gasfas eller vätskefas, om en fri jetstråle kan utvecklas samt av riktningen på denna. I flammans riktning och i närhet av utsläppet kommer strålningsnivåerna att vara mycket höga, över 40 kW/m². Personer som utsätts för denna strålningsnivå antas omkomma. Däremot avtar strålningsnivåerna snabbt både i sidled och i längsled.

Figur nedan visar område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Vid ett utsläpp i vätskefas kommer avstånden att vara betydligt längre, avståndet till 100 % dödlighet blir då ca 80 meter, istället för som här ca 30 meter.



Figur B.1. Område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Beräkning PHAST.

Konsekvensen för personer utomhus är vid jetbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. För jetbrand förväntas inga omkomma på längre avstånd än 50 meter ifrån en olycka.

BLEVE

BLEVE är en speciell händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid en BLEVE bildas ett eldklot som ger upphov till värmestrålning och tryckeffekter. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närliggande tank.

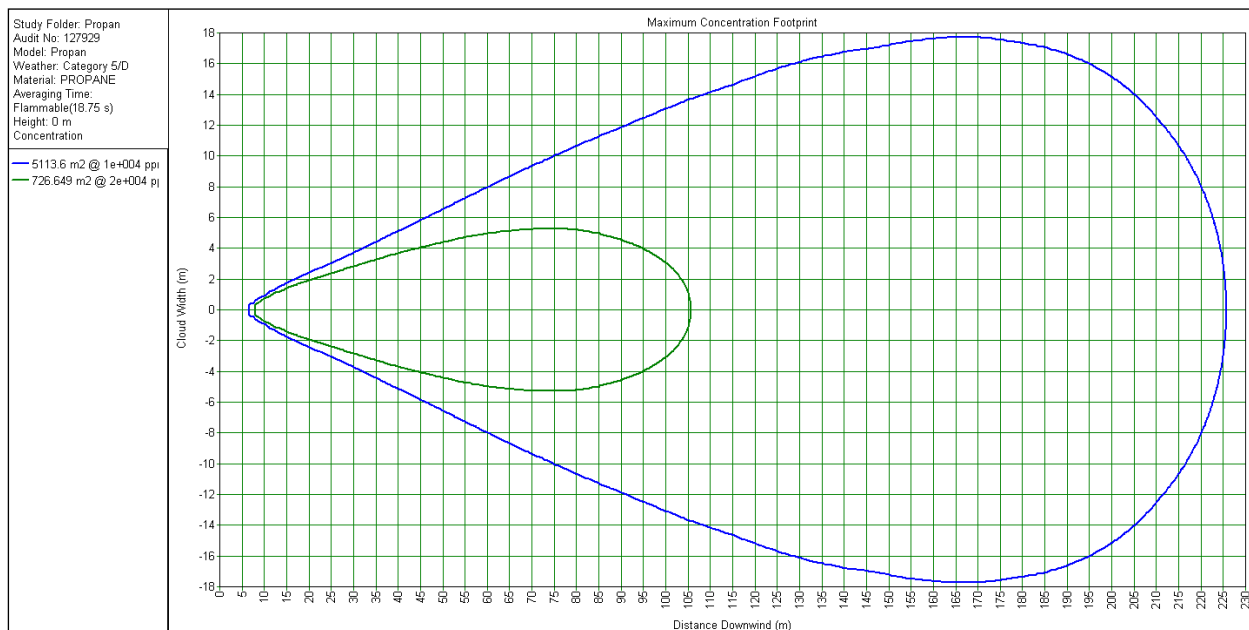
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

Personer som befinner sig inom eldklotet eller som utsätts för en strålningsnivå över 35 kW/m² antas omkomma, detta gäller även om man befinner sig inomhus (TNO, 2005). För personer som utsätts för lägre strålningsnivåer bestäms andel omkomna av exponeringstid och strålningsnivå.

Erfarenheter från inträffade BLEVE visar att det ofta tar lång tid för en BLEVE att utvecklas. Om så är fallet finns möjligheter att utrymma närområdet. Ansatsen görs här att detta lyckas i 50 % av fallen.

Gasmolnsbrand

En gasmolnsbrand uppkommer då ett gasmoln hunnit utvecklas innan antändning sker. Denna brand kan sedan övergå i en jetbrand. Storlek och utbredning av gasmolnet bestäms av hålstorlek, utsläpp i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. Spridning av molnet påverkas av vindriktningen, en korrigering av sannolikhet görs därmed med en faktor 1/3. I figur nedan redovisas ett utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s.



Figur B.2. Utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s. Beräkning PHAST. Grön linje redovisar avstånd till undre brännbarhetsgräns (LEL = Lower Explosive Limit). Blå linje visar avstånd där gaskoncentrationen är hälften av detta (halva LEL).

Som framgår av figur är avstånd till LEL ca 100 meter. Vid ett utsläpp i gasfas är motsvarande avstånd ca 20 meter.

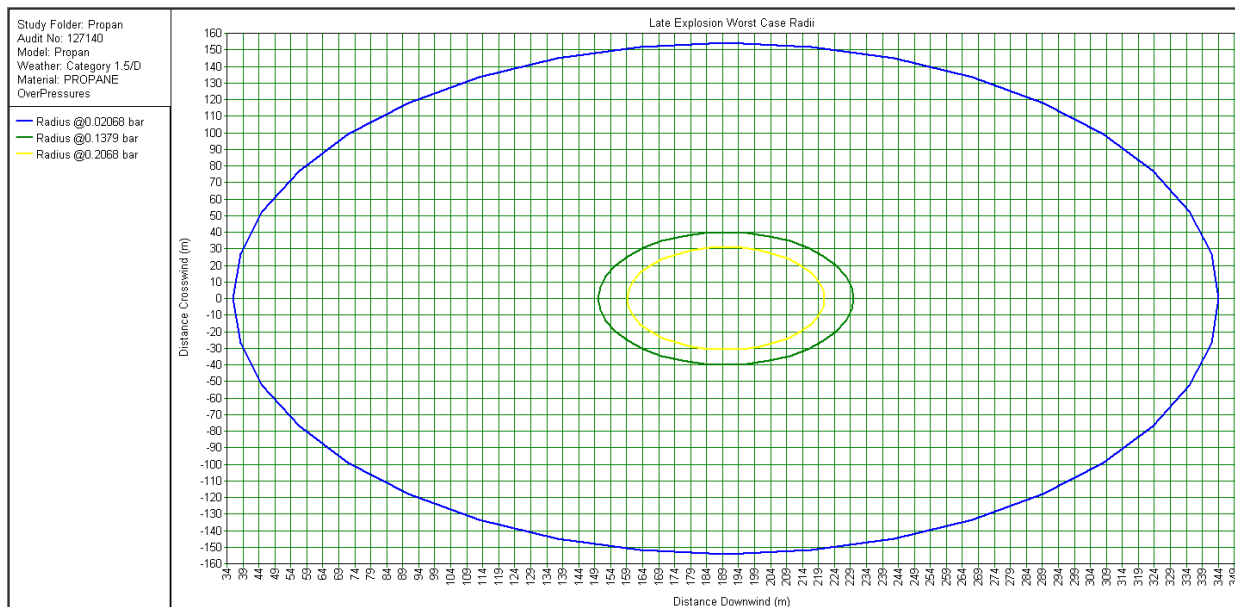
Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer som vistas utanför molnet kan antas överleva. Konsekvensen för personer utomhus är vid gasbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. Omkomna på grund av gasbrand förväntas inte förekomma på längre avstånd än 100 meter ifrån olycka.

Gasmolnsexplosion

Ett fritt gasmoln som antänds ger som regel upphov till en gasmolnsbrand utan signifikant övertryck (TNO, 2005), vilket behandlats ovan. En explosion kan dock inte helt uteslutas. Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen.

Figur B.3 visar explosionsövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.



Figur B.3. Explosionsövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.

Från figur ovan erhålls följande avstånd till trycknivåer från explosionscentrum (för jämförelse redovisas även utsläpp i gasfas).

Tabell B.9. Trycknivåer från explosionscentrum.

bar övertryck	Utsläpp i vätskefas	Utsläpp i gasfas
0,02	150 m	30 m
0,14	40 m	8 m
0,21	30 m	6 m

Var explosionscentrum är beläget beror på ett antal faktorer som spridningsförhållanden, vind och tidpunkt för antändning. Här antas att explosionscentrum ligger i närhet av transportleden.

B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

Exempel på kondenserad giftig gas är svaveldioxid, ammoniak och klor som alla är giftiga vid inandning och som redan vid låga koncentrationer kan ge svåra skador och i värsta fall leda till dödsfall. Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Generellt är gaserna tyngre än luft vid själva utsläppet varför spridning av gasen primärt sker längs marken.

Giftig kondenserad gas kan ha riskområde på hundra meter upp till många kilometer och gasen når ofta sin största utbredning efter bara några minuter. Utbredningen och hur hög koncentrationen blir beror på ett antal parametrar så som vindstyrka och riktning samt storleken på läckaget. Vid exempelvis högre vind blandas mer luft in i gasmolnet vilket resulterar i lägre koncentrationer.

Andelen omkomna beror på vilken toxisk gas som förekommer, utsläppets storlek, väderförhållande, inbyggda skydd etc. Risken för att omkomma är som störst närmast utsläppet. På längre avstånd minskar andelen omkomna men i samband med det ökar andelen svårt- och lindrigt skadade. Gasen sprider sig i vindens riktning vilket gör att skadeutfallet (antalet omkomna och skadade) beror på hur marken ser ut och hur många personer som befinner sig i området där gasmolnet drar fram.



Storleken på ett läckage kan variera och följande indelning kan illustrera tänkbara läckage scenarier:

- Litet utsläpp (packningsläckage)
- Medelstort utsläpp (rörbrott)
- Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar.

För beräkning av konsekvenser i samband med utsläpp av giftig gas har beräkningsprogrammet Bfk använts (RIB, 2012). Beräkningarna resulterar i koncentration av den utsläppta gasen på olika avstånd, i höjdlängd samt andel omkomna och (svårt) skadade personer inomhus respektive utomhus. Som dimensionerande fall har gasen ammoniak använts.

Tabell B.10-12 sammanfattar den procentuella andelen omkomna och svårt skadade vid olika avstånd från utsläppspunkten. Det fall som redovisas baseras på följande väderparametrar: Medeltemperatur 8°C, vindhastighet 4 m/s.

Tabell B.10 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid rörbrott, vilket motsvarar medelstort utsläpp. Två olika simuleringar har genomförts, den första med luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus) och den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

Tabell B.10. Andel omkomna och skadade vid medelstort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid rörbrott) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster ska representera ett enskilt hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd). Kolumn till höger representerar t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade (%) inomhus	
	0,5 luftväxlingar NH ₃	3 luftväxlingar NH ₃
~11	100/0	0/25
~23	60/39	96/4
~36	5/64	76/24
~48	0/21	36/60
~75	0/0	2/55
~88	0/0	0/32

Tabell B.11 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid punktering av tank (stort utsläpp). Två olika simuleringar har genomförts. Den första med ett luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus). Den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

Tabell B.11. Andel omkomna och skadade vid stort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid punktering av tank) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster



representerar ett enskild äldre hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd) och den högra kolumnen ska representera t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade inomhus (%)	
	0,5 luftväxlingar NH ₃	3 luftväxlingar NH ₃
~31	90/10	100/0
~73	12/72	84/16
~116	0/3	11/71
~158	0/0	0/26

I tabell B.12 redovisas andelen omkomna och svårt skadade utomhus vid medelstort och stort utsläpp. Förutom svårt skadade och omkomna kan även lindrig skadade förekomma.

Tabell B.12. Andel omkomna och svårt skadade vid utsläpp av giftig gas (medelstort och stort utsläpp) för olika avstånd från utsläppspunkten, utomhus. Förutom omkomna och svårt skadade kan även lindrigt skadade förekomma.

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade utomhus (%)	
	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
~6	100/0	100/0
~36-40	100/0	100/0
~50	91/9	100/0
~70	62/8	100/0
~100	11/72	100/0
~130	1/26	100/0
~150	0/26	100/0

B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)

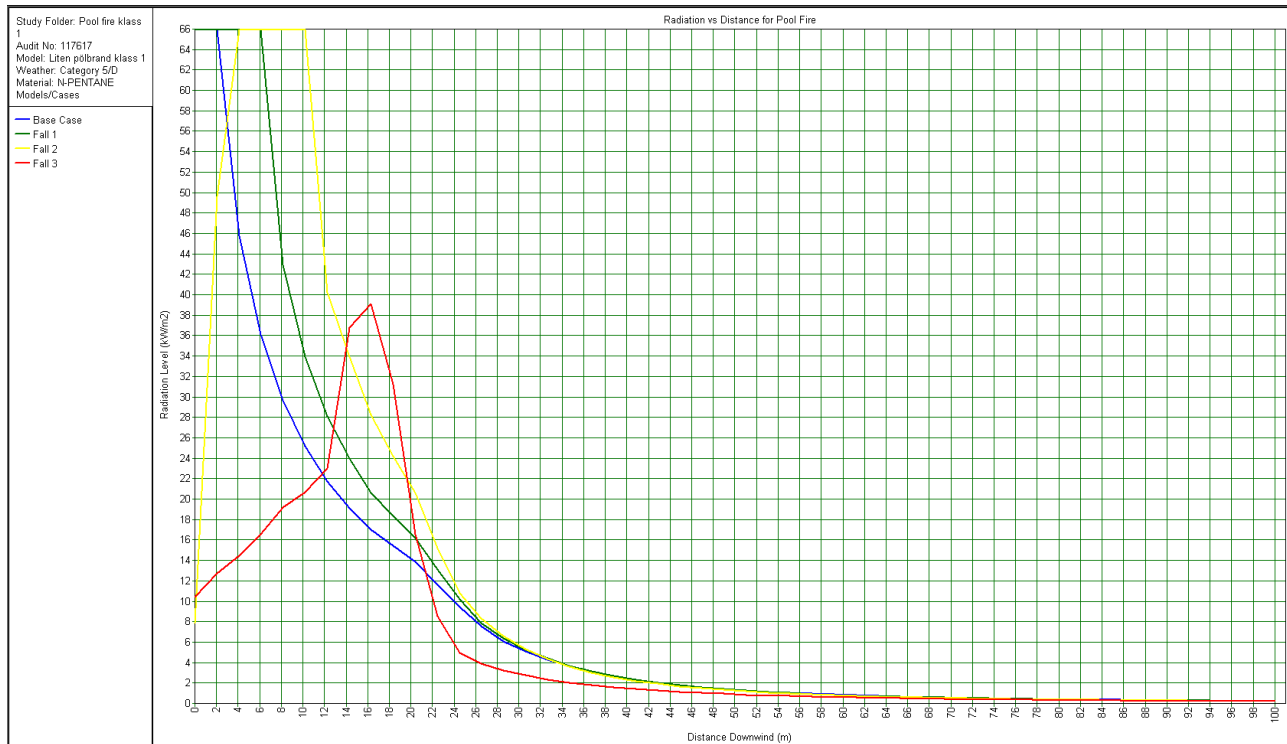
En tankbilsolycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt.

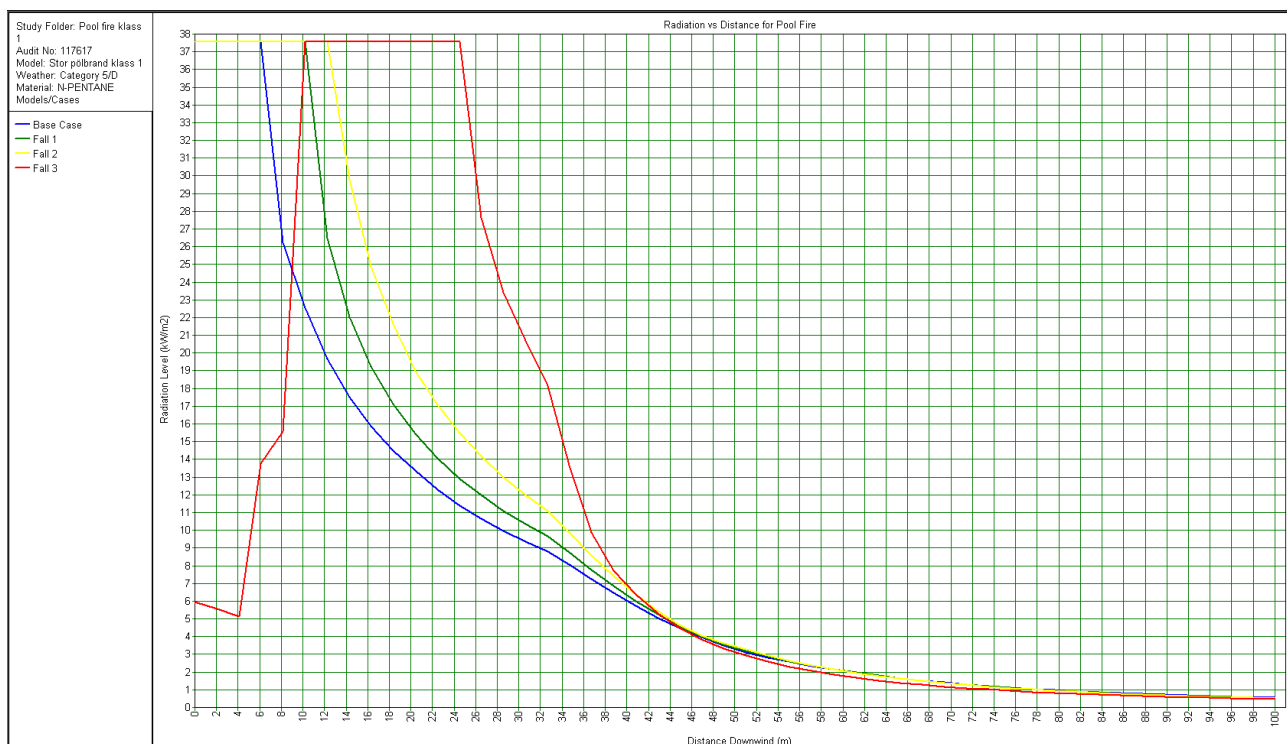
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- Litet utsläpp: Bedöms inte ha någon påverkan på omgivningen
- Medel utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 50 m²
- Stort utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 200 m²

Strålningsnivåer som funktion av avstånd redovisas för 50 respektive 200 m² pölbrand i figur B.4 och B.5.



Figur B.4. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 50 m², bensin, vind 5 m/s. De olika fallen beskriver strålningen på olika höjd över marken (Base Case= 0 m, Fall 1=2 m, Fall 2=5 m och Fall 3=15 m). Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl



Figur B.5. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 200 m², bensin, vind 5 m/s. Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl.

Strålningsnivåer för aktuella avstånd från transportled redovisas i tabell B.13.



Tabell B.13. Strålningsnivåer (avrundade värden i kW/m²) på marknivå respektive 15 meters höjd för brandarea 50 respektive 200 m².

Brandarea (m ²)	Strålning 0-20 m (kW/m ²)	Strålning 20-50 m (kW/m ²)	Strålning >50 m (kW/m ²)
50	>10	1-10	<1
	>10-40	1-10	<1
200	>12	2-12	<2
	>24	2-24	<2

Nedan följer en sammanställning av olika effekter/symptom vid olika strålningsnivåer:

Tabell B.14 Effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

Strålningsnivå	Effekt/symptom
6-7 kW/m ²	Smärta efter ca 8 sekunders exponering
10-11 kW/m ²	Smärta efter ca 3 sekunders exponering
13 kW/m ²	Outhärdlig smärta efter 2-3 sekunders exponering
16 kW/m ²	Blåsor och liknande brännskador uppstår efter ca 5 sekunders exponering
20 kW/m ²	Outhärdlig smärta efter ca 1 sekunders exponering

Dessa strålningsnivåer kan jämföras med den strålning som normalt solsken avger vilket ligger i storleksordningen 0,6-0,7 kW/m².

Långvarig strålning mot utrymmade personer får enligt Boverket inte överstiga nivåer om 2,5 kW/m². Kortvarig strålning får inte överstiga 10 kW/m².

Hur hög värmestrålning en person klarar av utan att erhålla skador beror bland annat på hur länge personen exponeras för strålningen. En person som blir varse en brand kommer troligtvis att försöka ta sig ifrån området och på så sätt kan graden av brännskada till viss del begränsas. Detta förutsätter dock att personen i fråga kan förflytta sig, blir varse branden samt reagerar tillräckligt fort för att kunna/hinna agera.

För byggnader finns följande gränsvärden beträffande strålning mot trä/brännbart material.

Tabell B.15. Gränsvärden beträffande strålning.

Strålningsnivå	Jämförelse/Gränsvärde
13 kW/m ²	Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma
20 kW/m ²	Kriterie för överantändning i ett rum
29-30 kW/m ²	Spontan antändning av trä i det fria

Om strålningsnivån mot en byggnad kan begränsas till maximalt 15 kW/m² i minst 30 minuter föreligger det enligt Boverkets byggregler (BBR) inga brandtekniska krav på byggnadens fasad.

Brandtekniskt oklassat glas tål generellt en strålningsnivå upp till 7.5 kW/m² innan kollaps.

B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

Till klass 5 hör oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) som vid upphettning, kontakt med organiska ämnen (t.ex. bensin eller motorolja) eller vid mycket kraftiga stötar kan få tillräckligt med energi för att spontant börja reagera och därefter orsaka brand eller i värsta fall explosion. Om ämnet, vid en olycka, endast läcker ut föreligger normalt ingen risk för personskada. Explosionsrisk föreligger ifall oxiderande ämne läcker ut och blandas med exempelvis fordonsbränsle, vilket kan ske ifall fordonstanken även skadas vid en olycka eller om andra fordon är inblandade.

Maximalt kan en explosiv blandning motsvarande ca 3 ton erhållas vid en olycka och konsekvenserna är lika de som uppstår vid olycka med massexplosiva ämnen.

Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen (antalet omkomna) för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs. I denna analys används en explosion, motsvarande 200 kg som dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen.

Utifrån beräkningar och antaganden som genomförts för massexplosiva ämnen görs följande bedömning beträffande antalet omkomna personer. Utöver dödsfall kan även personer skadas. Personskada kan uppkomma på grund av det direkta trycket men även av raserade väggar och tak, omkringflygande material och glassplitter. Personer kan även skadas av att de kastas omkull av tryckvågen.

Tabell B.16 Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med klass 5.1 produkter som resulterar i explosion motsvarande 200 kg. För bakgrund till bedömning hänvisas till kapitel om massexplosiva ämnen.

Andelen omkomna	Ute	Inne
0-25 m	1	0,15
25-50m	1	0,05
50-75 m	0	0,01
75-100 m	0	0
100-250 m	0	0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de uppgifter som sammanställs i Göteborgs översiktsplan (GÖP, 1999). Enligt Göteborg översiktsplan beräknas dödliga skador ske inom 30 meter och väggar kan raseras inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

Bilaga C – Frekvens mekanisk konflikt i händelse av urspårning

Beräkningarna avseende sannolikhet för mekanisk konflikt mellan urspårat tåg och byggnader baseras på Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (IUR, 2002).

Frekvensen för kollision mellan urspårad tåg och byggnad beräknas enligt:

$$F_1 = F_2 * P_1$$

där

F_1 = frekvens för kollision mellan urspårad tåg och byggnad

F_2 = frekvens för urspårning i anslutning till bebyggelse

P_1 = sannolikhet att tåg kolliderar med byggnad

Frekvens för urspårning i anslutning till bebyggelse

$$F_2 = e_r * d * Z_d * 365 * 10^{-3}$$

där

e_r = urspårningsfrekvens per tåg km ($6,7E-07$ per tågkm)

d = den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket

beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället

Z_d = antal tåg per dygn

Sannolikheten att urspårat tåg kolliderar med byggnad

$$P_1 = \left(\frac{b-a}{b} \right)^2 * 0,5 * \frac{c}{d}$$

där

d = se ovan

b = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som vagnen kan hamna, vilket beräknas som $V^{0,55}$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmitte och byggnad

c = det, längs spåret, parallella avståndet inom vilket byggnad löper risk att träffas

Filnamn: OLP3-04-025-32-0_0-0012

Projektnamn Skapat av (Leverantör)
Ostlänken Rosie Kvål
Ärendenummer Granskat av (Leverantör)
TRV 2014/72085 Viktor Sturegård
Godkänt av (Leverantör)
Hanna Siwertz

Godkänt datum
2021-01-29
Sidor
48(48)

Rev Datum
2021-11-15
Version
3.0



av urspårad vagn på ett avstånd a , vilket beräknas med ekvationen:

$$c = \frac{d}{b} * (b - a) \text{ om } b > a, \text{ annars blir } c = 0$$