

CONFIRE

Detaljplan för verksamheter vid Ejdergatan,
Olskroken 14:2, inom stadsdelen Olskroken i
Göteborg

Olskroken 14:2
Göteborgs kommun

Risikanalys

Transport av farligt gods

2024-02-19 (A)

Brandingenjör Henrik Rosenqvist
Confire AB

PROJEKTINFORMATION		
UPPDRAGSNUMMER:	23-083	
UPPDRAGSANSVARIG:	Brandingenjör Henrik Rosenqvist	tel.nr: 076-006 96 56
HANDLÄGGARE:	Brand- och Civilingenjör Leo Kardell	
INTERN GRANSKNING:	Civilingenjör Martin Ljunggren	
UPPDRAGSGIVARE:	Castellum AB	
REFERENSPERSON:	Klara Simonsson	
DOKUMENTHISTORIK		
HANDLING	DATUM	VERSION
Riskanalys	2023-09-01	FHK
Riskanalys	2024-01-12	-
Riskanalys	2024-02-19	A

SAMMANFATTNING

Risikanalysen tas fram som underlag för detaljplan för fastigheten Olskroken 14:2 i Göteborgs kommun. I detaljplan ska lämpligheten för en bredare användning mot dagens J (industri) prövas jämte utökad byggrätt i anslutning till befintlig bebyggelse.

Krav på upprättande av riskanalys har uppkommit med anledning av att kvarteret är beläget inom riskbeaktningsavstånd från E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan, vilka utgör primära farligt godsleder. Risker som uppstår i samband med transporter av farligt gods ska normalt beaktas upp till 150 m från farligt godsled.

Risikanalysen behandlar riskerna med avseende på farligt gods, kvantifierar dem och vid behov tas även skyddsåtgärder fram.

Risnivån för kvarteret är hög befintligt med hänsyn till dess läge i förhållande till primära farligt godsleder. Ändrat nyttjande av befintlig bebyggelse från industri till kontor bedöms dock kunna göras, förutsatt att riskreducerande åtgärder vidtas, då det fortsatt utgör verksamhet med relativt låg persontäthet och vistelsetid samt då personerna generellt kan förväntas ha god lokalkännedom. Utifrån riskbilden bedöms publik restaurangverksamhet, där personer inte kan förväntas ha god lokalkännedom, kunna bedrivas på ett avstånd om minst 100 meter från E20.

Även utökad byggrätt i anslutning till befintlig bebyggelse bedöms möjlig, förutsatt att riskreducerande åtgärder vidtas.

Nedanstående riskreducerande åtgärder bör beaktas för befintlig bebyggelse:

- Konstruktion för befintlig betongvall samt tillhörande bullerplank och räcke mellan E20 och kvarteret ska kontrolleras så att det uppfyller klass H4 eller motsvarande. I annat fall ska åtgärder vidtas för att uppnå detta.
- Fasad som vetter mot E20, och som är belägen inom 50 meter från E20, ska vara utförd med obrännbart material, vilket uppnås med befintlig tegelfasad. Takfot ska vara utförd i lägst brandteknisk klass EI 30.
- Fönster, dörrar, portar och motsvarande belägna inom 50 meter från E20 och som vetter mot leden ska vara utförda i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster utförs med laminerat glas eller motsvarande för att motverka omfattande splitterverkan. Fönster utförs ej öppningsbara och dörrar förses med dörrstängare. Lösning tas fram med bevarandekrav i beaktning, separat parti kan därmed komma att bli aktuellt.
- Luffintag inom 50 meter från E20 förses med möjlighet för manuell nödavstängning av ventilationen.

Vid ny kontorsbebyggelse bör följande riskreducerande åtgärder beaktas:

- Fasad som vetter mot E20, och är direkt exponerad, ska vara utförd med obrännbart material och i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Lägst EI 30 gäller även för fönster, dörrar, portar och motsvarande i fasaden. Fönster utförs ej öppningsbara och dörrar förses med dörrstängare.
- Förstärkt stomme/betongkonstruktion utefter dimensionerande explosionslast på E20 samt förhindra omfattande splitterverkan för fönster mot E20.
 - Ett gasmoln på 100 m³ (10 kg gasol) med explosionscentrum vid vägkanten utgör dimensionerande scenario.

- Fönster mot E20 utförs med laminerat glas eller motsvarande lösning för att motverka omfattande splitterverkan.
- Luftintag placeras vid byggnadens tak och ska inte vetta mot E20.
- Rökdetektor på ventilationens tilluft som stänger ventilationen samt möjlighet för manuell nödavstängning av ventilationen och manuellt aktiverat utrymningslarm.
- Byggnadens entréer ska inte vetta mot E20.
- Samtliga delar av byggnaden ska nå minst en utrymningsväg som inte vetter mot E20.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	2
1 INLEDNING	5
2 FÖRUTSÄTTNINGAR	5
2.1 Områdesbeskrivning.....	5
2.2 Byggnadsbeskrivning.....	7
2.3 Avgränsningar	8
3 FARLIGT GODS	9
3.1 Godstransporter	9
3.2 Relativ fördelning av ADR-klasser och möjliga konsekvenser vid olycka	10
4 IDENTIFIERING AV OLYCKSSCENARIER	15
4.1 Olycksscenario 1: Explosion av massexplosiva och oxiderande ämnen.....	15
4.2 Olycksscenario 2: Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas	15
4.3 Olycksscenario 3: Utsläpp av kondenserad giftig gas	16
4.4 Olycksscenario 4: Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska	16
4.5 Olycksscenario 5: Utsläpp av giftiga vätskor	16
4.6 Olycksscenario 6: Utsläpp av frätande vätska.....	16
5 ANALYS.....	17
5.1 Sannolikhet för identifierade olycksscenarier.....	17
5.2 Beräkning av individ- och samhällsrisk	18
5.3 Känslighetsanalys	31
6 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	36
7 EFFEKTER AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	37
8 OSÄKERHETER OCH ANTAGANDEN	39
8.1 Trafikflöden	39
8.2 Olycksfrekvens.....	40
8.3 Sannolikhet och konsekvens för olycksscenarier	40
9 SLUTSATS	40
10 REFERENSER	41
BILAGA A – BERÄKNING AV INDIVIDRISKEN	42
BILAGA B - BERÄKNING AV GRUPPRISKEN	61

1 INLEDNING

Med risk avses i denna handling produkten av sannolikhet och konsekvens för en negativ händelse.

Risikanalysen tas fram som underlag för detaljplan för fastigheten Olskroken 14:2 i Göteborgs kommun. I detaljplan ska lämpligheten för en bredare användning mot dagens J (industri) prövas jämte utökad byggrätt i anslutning till befintlig bebyggelse.

Kvarteret är beläget på ett avstånd om ca 4 meter som minst till E20 (Alingsåsleden), ca 37 meter som minst till Västra stambanan och ca 100 meter som minst till Norge/Vänerbanan.

Krav på upprättande av riskanalys har uppkommit med anledning av att kvarteret är beläget inom riskbeaktningsavstånd från E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan, vilka utgör primära farligt godsleder. Risker som uppstår i samband med transporter av farligt gods ska normalt beaktas upp till 150 m från farligt godsled [1]. Riskanalysen behandlar därmed riskerna med avseende på farligt gods, kvantifierar dem och vid behov tas även skyddsåtgärder fram.

Med farligt godsled avses väg eller järnväg för transport av ämnen och produkter som kan skada människa, miljö och egendom. E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan är klassificerade som primära farligt godsleder. På primära farligt godsleder tillåts transport av samtliga farligt godsklasser.

Risikanalysen syftar till att utreda huruvida olycksriskerna avseende farligt gods är att betrakta som tolerabla eller ej. I det fall då risken inte anses som tolerabel kan skyddsåtgärder tas fram för att reducera riskerna.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

I detta kapitel presenteras de förutsättningar och antaganden som ligger till grund för analysen.

2.1 Områdesbeskrivning

Aktuellt kvarter är beläget i Olskroken utmed E20 (Alingsåsleden) och inrymmer befintligt en bebyggelse i huvudsak uppförd i tre våningar. Gällande detaljplan anger användningen industri inom aktuellt kvarter.

Se Figur 1 för översiktsbild över det analyserade området.

Kvarteret är beläget i anslutning till E20 (Alingsåsleden) och avståndet från leden till befintlig bebyggelse är som minst ca 4 meter. Avståndet från Västra stambanan till befintlig bebyggelse är som minst ca 37 meter. Avstånden åskådliggörs i Figur 2. Därtill ligger Norge/Vänerbanan på ett avstånd av ca 100 m från befintlig bebyggelse.

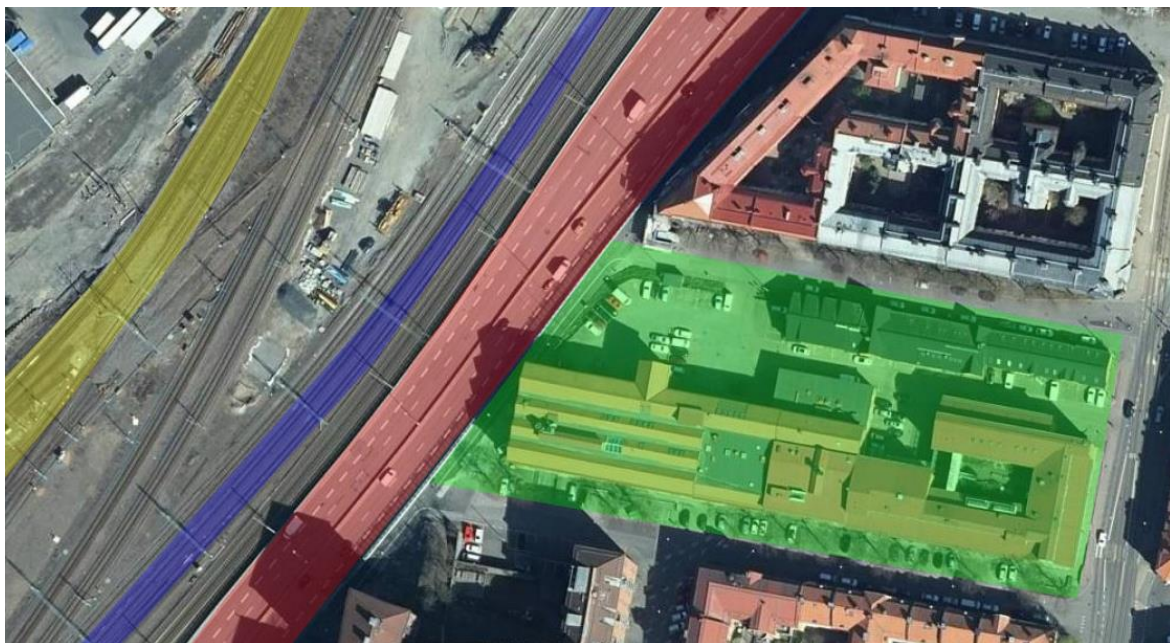
Mellan E20 och Västra stambanan går spårvagnsspår och mellan Västra stambanan och Norge/Vänerbanan går andra järnvägsspår, vilka dock inte nyttjas för transport av farligt gods.

Detaljplanen ska pröva lämpligheten för en bredare användning mot dagens J (industri) jämte utökad byggrätt i anslutning till befintlig bebyggelse, varvid denna riskanalys upprättas som del av detaljplaneprocessen.

Kvarteret har en bredd längs E20 på ca 70 m och en längd på ca 155 m, se Figur 3.

Analysen grundar sig dock i en vägsträcka på 500 meter utmed E20, för att ta höjd för olyckor som inträffar före och efter planområdet.

Mellan E20 och kvarteret finns en befintlig betongvall samt tillhörande bullerplank och räcke.



Figur 1: Analyserat område, principiell översiktsbild. Grön markering avser det aktuella kvarteret, röd markering avser E20, blå markering avser Västra stambanan och gul markering avser Norge/Vänerbanan. Karta från: <https://kartor.eniro.se>.



Figur 2. Avstånd till E20 respektive Västra stambanan. Bild från: Kaminsky Arkitektur och Castellum.



Figur 3. Bredd och längd för det analyserade kvarteret. Bild från: Kaminsky Arkitektur och Castellum.

2.2 Byggnadsbeskrivning

Befintlig bebyggelse är i huvudsak uppförd i tre våningsplan och är utförd med tegelfasad. En lokalarea på ca 12 000 m² inryms inom befintlig bebyggelse.

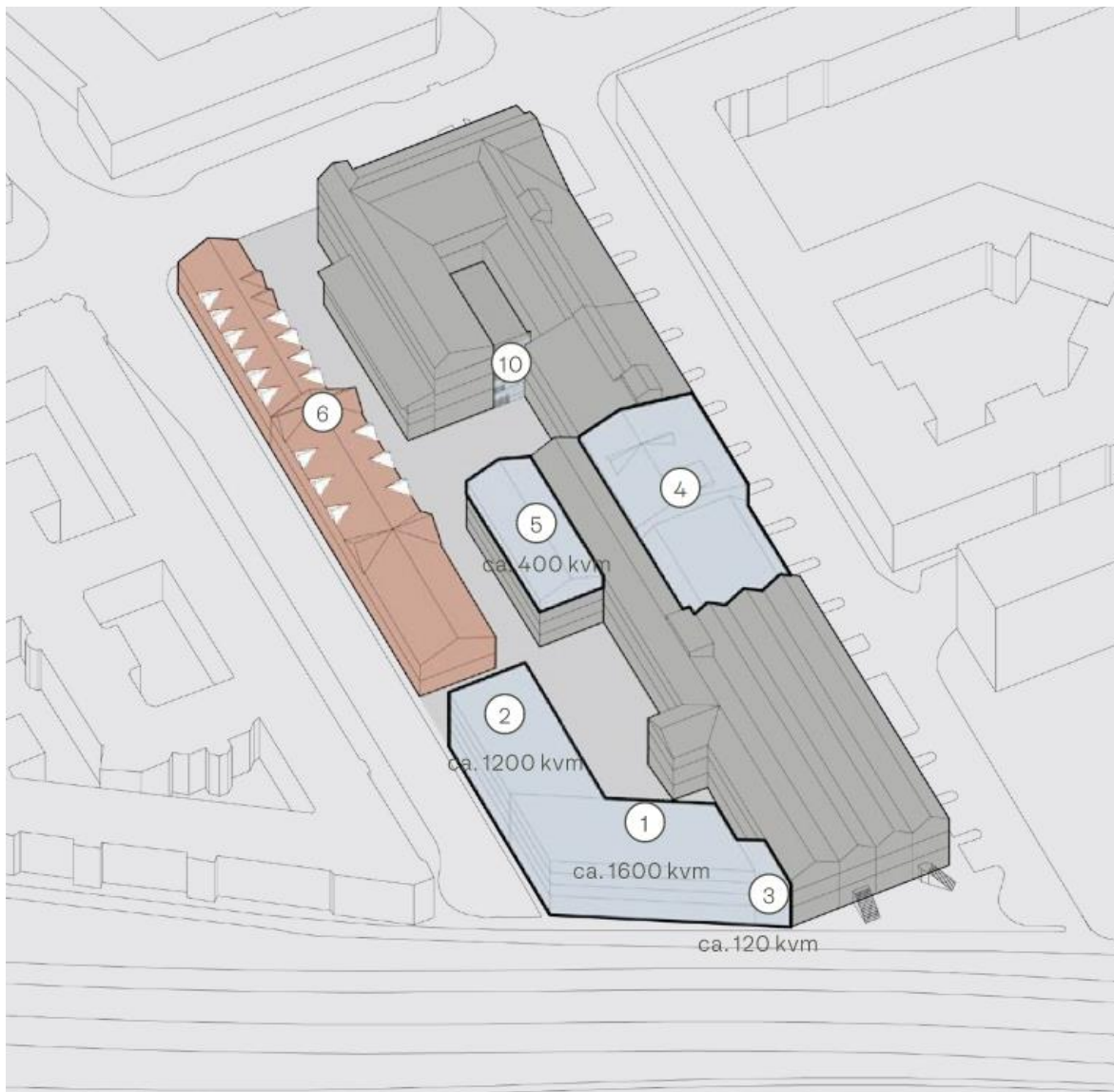
Därtill planeras för utbyggnad med kontorslokaler enligt punkt 1-5 i Figur 4, där nedan bebyggelse tillförs kvarteret:

- Lamellhus i 4 våningsplan, ca 1 600 m² (punkt 1)
- Lamellhus i 4 våningsplan, ca 1 200 m² (punkt 2)
- Länkbyggnad i 3 våningsplan, ca 120 m² (punkt 3)
- Påbyggnad med 1,5 våningsplan, ca 400 m² (punkt 5)

Huruvida utbyggnad blir av och i vilken omfattning är dock osäkert. Analysen grundas i detta skede på att en lokalyta på ca 3 300 m² kan komma att tillföras kvarteret enligt uppgift från beställare, vilket skulle ge en total lokalyta på ca 15 300 m².

Punkt 4, 6 och 10 i figur 4 bortses från inom denna analys, då det inte medför en utökad lokalyta (punkt 4 avser utveckling av lokalerna, där en separat bygglovsprocess pågår, punkt 6 avser nya takkupor och punkt 10 avser nya trappor).

Majoriteten av personerna i byggnaderna kan förväntas utgöras av personer med god lokalkännedom.



Figur 4. Planerade förändringar inom kvarteret. Blå markering avser ändrade delar.

2.3 Avgränsningar

Riskanalysen behandlar enbart riskerna förknippade med transport av farligt gods på E20 (Alingsåsleden), Västra stambanan och Norge/Vänerbanan, vilka presenteras kvantitativt som individ-och samhällsrisk.

Konsekvenserna som bedöms i analysen är förväntade dödsfall, hänsyn tas inte till ej livshotande skador samt miljörelaterade konsekvenser. Denna avgränsning utgör praxis och nyttjas bland annat även i Länsstyrelsen i Skånes riktlinjer [6] och i Länsstyrelsen i Hallands riktlinjer [7].

Analysen avgränsar sig till det aktuella kvarteret inom Olskroken 14:2. Risknivån för angränsande delar analyseras därmed inte. Olycksfrekvensen grundar sig dock i en vägsträcka på 500 meter utmed E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan, för att ta höjd för påverkan av olyckor som inträffar före och efter planområdet.

3 FARLIGT GODS

Med farligt gods avses ämnen och produkter som har farliga egenskaper vilka kan orsaka skada på människa, miljö och egendom. Utifrån ämnenas och produkternas egenskaper klassificeras farligt gods i nio olika ADR-klasser [2] med tillhörande underkategorier, se Tabell 1.

Tabell 1. Klassificering av farligt gods.

Klass	Egenskap
1	Explosiva ämnen och föremål
2	Gaser
3	Brandfarliga vätskor
4	Brandfarliga fasta ämnen
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider
6	Giftiga ämnen
7	Radioaktiva ämnen
8	Frätande ämnen
9	Övriga farliga ämnen

3.1 Godstransporter

E20

Trafikverket [3] har gjort mätningar av årsdygnsmedeltrafiken (ÅDT) längs den aktuella sträckan. Aktuell analys baseras på mätdata för år 2018, vilket ger 64 100 fordon per dygn, vilket utgör det senaste underlaget. Med Trafikverkets uppräkningsstal på 1,1 % per år fram till år 2040, ger det 81 542 fordon per dygn på aktuell sträcka år 2040.

Redovisad trafikmängd avser all sorts trafik (personbilar samt tung trafik). Cirka 2 promille av all trafik utgörs av farligt gods enligt Räddningsverkets rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [4]. Detta innebär att 59 565 stycken farligt gods transporter kan förväntas transporteras på aktuell sträcka av E20 år 2040.

Västra stambanan

Trafikverket genomförde år 2021 en bristanalys för Västra stambanan [14] där det anges att det år 2019 gick 28 888 godståg på Västra stambanan på sträckan Göteborg-Hallsberg, vilket medför 79,15 godståg per dygn i genomsnitt. I denna analys anges även en prognos för år 2040, där godstrafiken på sträckan antas öka med 14-18 godståg/dygn. För att erhålla konservativa resultat antas en ökning med 18 godståg per dygn i riskanalysen, vilket för år 2040 ger 97,15 godståg per dygn och 35 483 godstransporter per år.

Norge/Vänerbanan

Trafikverket genomförde år 2021 en bristanalys för järnvägstrafiken på sträckan Göteborg-Oslo [16] där det anges att det år 2040 kan förväntas gå 42 stycken godståg per dygn på sträckan Älvängen-Öxnered. Denna data nyttjas i analysen och motsvarar 15 340 godstransporter per år.

3.2 Relativ fördelning av ADR-klasser och möjliga konsekvenser vid olycka

För att få en uppskattning om hur fördelningen ser ut för farligt godstransporter på aktuell sträckning nyttjas fördelningen från Räddningsverkets mätning 2006 [5] till hur frekvent godset transporteras på transportleder. Statistiken har idag en låg tillförlitlighet men nyare kartläggning saknas. Beräkningen av andelar på den aktuella vägen/järnvägen baseras på maximala mängder enligt statistiken. Förändrad fördelning analyseras i känslighetsanalys.

Andelarna för E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan presenteras i Tabell 2. Fördelning av klasser som transporteras på aktuell sträckning på E20 (Alingsåsleden) samt det nationella snittet för transport på väg utefter nationell statistik.-5. Första kolumnen avser fördelningen på den aktuella sträckan och den andra kolumnen redovisar det nationella snittet för väg respektive järnväg.

3.2.1 E20

Tabell 2. Fördelning av klasser som transporteras på aktuell sträckning på E20 (Alingsåsleden) samt det nationella snittet för transport på väg utefter nationell statistik.

Klass	Egenskap	Total andel - specifikt [%]	Total andel - nationellt [%]	Möjlig konsekvens och påverkansområde
1	Explosiva ämnen och föremål	0,09	0,08	Kan ge upphov till explosion med skador till följd av övertryck, splitter och strålningspåverkan. Massexplosiva ämnen kan ha ett påverkansområde på flera hundra meter, medan övriga ämnen i klass 1 endast ger upphov till effekter koncentrerade till fordonets närhet.
2.1	Brännbara Gaser	2,40	1,82	Kan ge upphov till effekter i form av brand och explosion. Påverkansområdet varierar beroende på utfallet i form av jetflamma, BLEVE eller UVCE. Gasmoln kan driva iväg med vinden och ge toxiska effekter.
2.2	Icke brandfarliga/giftiga gaser	5,86	5,85	Ger inte upphov till allvarliga konsekvenser.
2.3	Giftiga gaser	0,00	0,01	Gasmoln kan driva iväg med vinden och ge toxiska effekter vid inandning.
3	Brandfarliga vätskor	43,95	69,56	Kan ge upphov till brännskador till följd av stålning från pölbrand eller jetflamma. Explosion kan också uppstå om antändning sker efter att avdunstning har skett från vätskepöl.

				Påverkansområde beroende på typ av földeffekt.
4	Brandfarliga fasta ämnen	0,58	0,35	Risk för brännskador till följd av strålningspåverkan.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	0,66	0,64	Risk för brännskador till följd av strålningspåverkan vid brand. I händelse av explosion till följd av blandning med andra brännbara ämnen kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6	Giftiga ämnen	0,31	0,25	Direkt toxisk påverkan där utsläppet sker samt risk för att gasmoln bildas och driver iväg med vinden, vilket kan ge upphov till toxiska effekter utanför närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	0,07	-	Ger normalt inte upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8	Frätande ämnen	15,45	12,52	Kan ge upphov till frätskador.
9	Övriga farliga ämnen	30,63	8,92	Framför allt miljörelaterade skador. Skada på människa osannolik.

Analysen baseras på den redovisade andelen för E20, bortsett från att andelen giftiga gaser (klass 2.3) ansätts utefter det nationella snittet. Denna justering görs med hänsyn till osäkerheter i data och för att erhålla konservativa resultat (andelen giftiga gaser hade i annat fall blivit 0,00 % och scenariot hade avskrivits).

3.2.2 Västra stambanan

Tabell 3. Fördelning av klasser som transporteras på aktuell sträckning på Västra stambanan samt det nationella snittet för transport på järnväg utefter nationell statistik.

Klass	Egenskap	Total andel - specifikt [%]	Total andel - nationellt [%]	Möjlig konsekvens och påverkansområde
1	Explosiva ämnen och föremål	0,10	0,00	Kan ge upphov till explosion med skador till följd av övertryck, splitter och strålningspåverkan. Massexplosiva ämnen kan ha ett påverkansområde på flera hundra meter, medan övriga ämnen i klass 1 endast ger upphov till effekter koncentrerade till fordonets närhet.

2.1	Brännbara Gaser	34,22	11,13	Kan ge upphov till effekter i form av brand och explosion. Påverkansområdet varierar beroende på utfallet i form av jetflamma, BLEVE eller UVCE. Gasmoln kan driva iväg med vinden och ge toxiska effekter.
2.2	Icke brandfarliga/giftiga gaser	0,46	0,39	Ger inte upphov till allvarliga konsekvenser.
2.3	Giftiga gaser	1,15	3,72	Gasmoln kan driva iväg med vinden och ge toxiska effekter vid inandning.
3	Brandfarliga vätskor	42,94	53,94	Kan ge upphov till brännskador till följd av stålning från pölbrand eller jetflamma. Explosion kan också uppstå om antändning sker efter att avdunstning har skett från vätskepöl. Påverkansområde beroende på typ av földeffekt.
4	Brandfarliga fasta ämnen	0,71	1,27	Risk för brännskador till följd av strålningspåverkan.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	7,65	12,12	Risk för brännskador till följd av strålningspåverkan vid brand. I händelse av explosion till följd av blandning med andra brännbara ämnen kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6	Giftiga ämnen	0,76	1,31	Direkt toxisk påverkan där utsläppet sker samt risk för att gasmoln bildas och driver iväg med vinden, vilket kan ge upphov till toxiska effekter utanför närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	0,00	0,01	Ger normalt inte upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8	Frätande ämnen	5,59	10,07	Kan ge upphov till frätskador.
9	Övriga farliga ämnen	6,42	6,04	Framför allt miljörelaterade skador. Skada på människa osannolik.

Analysen baseras på den redovisade andelen för Västra stambanan.

3.2.3 Norge/Vänerbanan

Tabell 4. Fördelning av klasser som transporteras på aktuell sträckning på Norge/Vänerbanan samt det nationella snittet för transport på järnväg utefter nationell statistik.

Klass	Egenskap	Total andel - specifikt [%]	Total andel - nationellt [%]	Möjlig konsekvens och påverkansområde
1	Explosiva ämnen och föremål	0,00	0,00	Kan ge upphov till explosion med skador till följd av övertryck, splitter och strålningspåverkan. Masseexplosiva ämnen kan ha ett påverkansområde på flera hundra meter, medan övriga ämnen i klass 1 endast ger upphov till effekter koncentrerade till fordonets närhet.
2.1	Brännbara Gaser	0,00	11,13	Kan ge upphov till effekter i form av brand och explosion. Påverkansområdet varierar beroende på utfallet i form av jetflamma, BLEVE eller UVCE. Gasmoln kan driva iväg med vinden och ge toxiska effekter.
2.2	Icke brandfarliga/giftiga gaser	0,00	0,39	Ger inte upphov till allvarliga konsekvenser.
2.3	Giftiga gaser	0,00	3,72	Gasmoln kan driva iväg med vinden och ge toxiska effekter vid inandning.
3	Brandfarliga vätskor	100,00	53,94	Kan ge upphov till brännskador till följd av stålning från pölbrand eller jetflamma. Explosion kan också uppstå om antändning sker efter att avdunstning har skett från vätskepöl. Påverkansområde beroende på typ av földeffekt.
4	Brandfarliga fasta ämnen	0,00	1,27	Risk för brännskador till följd av strålningspåverkan.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	0,00	12,12	Risk för brännskador till följd av strålningspåverkan vid brand. I händelse av explosion till följd av blandning med andra brännbara ämnen kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.

6	Giftiga ämnen	0,00	1,31	Direkt toxisk påverkan där utsläppet sker samt risk för att gasmoln bildas och driver iväg med vinden, vilket kan ge upphov till toxiska effekter utanför närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	0,00	0,01	Ger normalt inte upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8	Frätande ämnen	0,00	10,07	Kan ge upphov till frätskador.
9	Övriga farliga ämnen	0,00	6,04	Framför allt miljörelaterade skador. Skada på människa osannolik.

Analysen baseras på det redovisade nationella snittet för järnväg. Detta då data för Norge/Vänerbanan visar på att 100 % av transporterna sker med brandfarliga vätskor (klass 3), vilket bedöms ge missvisande resultat med hänsyn till osäkerheter i data.

4 IDENTIFIERING AV OLYCKSSCENARIER

Vid kvantitativa riskanalyser kan generellt klass 4, 7 och 9 avskrivas då dessa enbart bedöms ge begränsade konsekvenser alternativt påverkan i fordonets direkta närhet, vilket styrks av Länsstyrelsen i Skånes riktlinjer [6] och Hallands länsstyrelses riktlinjer [7]. Därmed kan riskanalysen begränsas till att behandla risker som uppkommer till följd av transport av ADR-klass 1, 2, 3, 5, 6 och 8.

Med anledning av att nämnda klasser avskrivs och baserat på de ämnesklasser som transporteras på E20 och Västra stambanan väljs följande scenarier ut för vidare analys:

1. Explosion till följd av olycka med massexplosiva och oxiderande ämnen som kan ge skada från tryckpåverkan och brännskador till följd av strålningspåverkan.
2. Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas som kan ge upphov till jetflamma, BLEVE eller UVCE, vilket kan leda till brännskador samt tryckpåverkan.
3. Utsläpp av kondenserad giftig gas som kan medföra förgiftning vid inandning.
4. Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor, vilket leder till pölbrand med efterföljande brännskador.
5. Utsläpp av giftiga vätskor som kan ge förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
6. Utsläpp av frätande vätska som kan ge upphov till frätskador samt toxiska effekter till följd av att giftiga gaser avges.

4.1 Olycksscenario 1: Explosion av massexplosiva och oxiderande ämnen

4.1.1 Massexplosiva ämnen

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka personskada vid händelse av olycka [7]. Explosion av massexplosiva ämnen kan uppstå genom deformation eller hål på tank till följd av krock eller avkörning, yttre brandpåverkan mot tank eller via spontan reaktion. Transport och paketering av massexplosiva ämnen är hårt reglerat vilket minskar risken för att explosion skall uppkomma. Vid explosion är det inte enbart risk för direkt skada på människa som är aktuell utan även indirekt skada genom att byggnader kan rasa.

4.1.2 Oxiderande ämnen

I de fall då oxiderande ämnen läcker ut och blandas med brännbara ämnen kan explosion uppstå, med konsekvenser jämförbara med explosion av massexplosiva ämnen.

4.2 Olycksscenario 2: Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas

Beroende på om tanken är utsatt för yttre termisk påverkan och om direkt eller fördröjd antändning sker vid läckage kan kondenserad brännbar gas ge upphov till olika följd effekter.

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) kan uppstå om en tank med tryckkondenserad gas värms upp utifrån (vanligen till följd av brand). Uppvärmningen kan leda till att den tryckkondenserade gasen i vätskeform börjar koka, vilket ger en snabb volymexpansion tills tanken brister och momentant explosion uppstår. BLEVE uppstår relativt sällan men med allvarliga konsekvenser till följd.

Vid utsläpp och direkt antändning av kondenserad brännbar gas uppstår en jetflamma. Flamman har generellt lång sträckning i samma riktning som utsläppet och dess höga intensitet medför stor strålningspåverkan och risk för brännskador.

I de fall då utsläpp sker av brännbar gas och antändning inte sker direkt kan ett brännbart gasmoln bildas. Gasmolnet kan driva iväg med vinden och antändas i ett senare skede. Detta fenomen kallas för UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion)

4.3 Olycksscenario 3: Utsläpp av kondenserad giftig gas

Effekten av ett utsläpp av kondenserad giftig gas beror i huvudsak på väderförhållanden i form av vindhastighet, vindriktning och stabilitetsklass samt utsläppets storlek och ämnets egenskaper. Giftiga gaser transporteras under tryck i vätskeform och då läckage uppstår minskar trycket och snabb förångning sker. Giftig gas är generellt tyngre än luft och spridningen sker därför i regel längs marken.

4.4 Olycksscenario 4: Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska

Vid utsläpp av brandfarlig vätska kan pölbrand uppstå. Pölens utbredning beror till stor del på närområdets utformning, där diken kan hindra utbredningen i en viss riktning och lutningen på marken kan styra utbredningen åt ett visst håll. Hålets storlek och vart på tanken läckaget uppstår har stor påverkan på brandens omfattning. Konsekvensen av pölbranden beror till stor del också på om antändning sker direkt eller fördröjt. Värst konsekvenser blir det vid fördröjd antändning i och med att pölen då har hunnit få en större utbredning.

Olika typer av brandfarlig vätska har olika antändningstemperaturer. Bensin kan lätt antändas vid normala utomhustemperaturer medan diesel har en flampunkt på ca 55°C. Transport av brandfarlig vätska sker under atmosfärstryck, varvid tankarna generellt sett är tunna och risken för läckage är överhängande om olycka uppstår.

4.5 Olycksscenario 5: Utsläpp av giftiga vätskor

Vid utsläpp av giftiga vätskor kan gasmoln bildas som driver iväg med vinden. Väderförhållanden och ämnets egenskaper har stor påverkan på konsekvensområdet. Ämnen i klass 3 (brännbara vätskor) kan även ha toxiska egenskaper och ska därmed också beaktas.

4.6 Olycksscenario 6: Utsläpp av frätande vätska

Vid utsläpp av frätande ämnen finns risk för frätskada till följd av att personer träffas av den läckande vätskan. Vid läckage av frätande vätska kan även giftiga gaser avges.

5 ANALYS

I detta avsnitt presenteras den genomförda analysen. Detaljerad beskrivning av de beräkningar som har genomförts återfinns i bilaga A.

5.1 Sannolikhet för identifierade olycksscenarier

I Tabell 5-7 presenteras de beräknade frekvenserna för de olika olycksscenarierna för E20, Västra stambanan respektive Norge/Vänerbanan, vilka ligger till grund för den fortsatta analysen. Beräkningsgången redovisas i Bilaga A.

Tabell 5. Beräknade frekvenser för respektive konsekvensscenario på E20.

Olycksscenario	Frekvens [år ⁻¹]
Explosion	1,39E-7
Oxiderande ämnen	5,83E-07
Jetflamma	5,43E-07
BLEVE	2,86E-08
UVCE	1,43E-06
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05
Utsläpp av frätande vätska	5,52E-04

Tabell 6. Beräknade frekvenser för respektive konsekvensscenario på Västra stambanan.

Olycksscenario	Frekvens [år ⁻¹]
Explosion	6,30E-8
Oxiderande ämnen	1,34E-08
Jetflamma	1,35E-06
BLEVE	7,12E-08
UVCE	3,56E-06
Utsläpp av giftig gas	8,98E-08
Pölbrand (direkt antändning)	8,04E-06
Pölbrand (fördröjd antändning)	8,04E-06
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	2,68E-06

Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	4,72E-06
Utsläpp av frätande vätska	3,49E-05

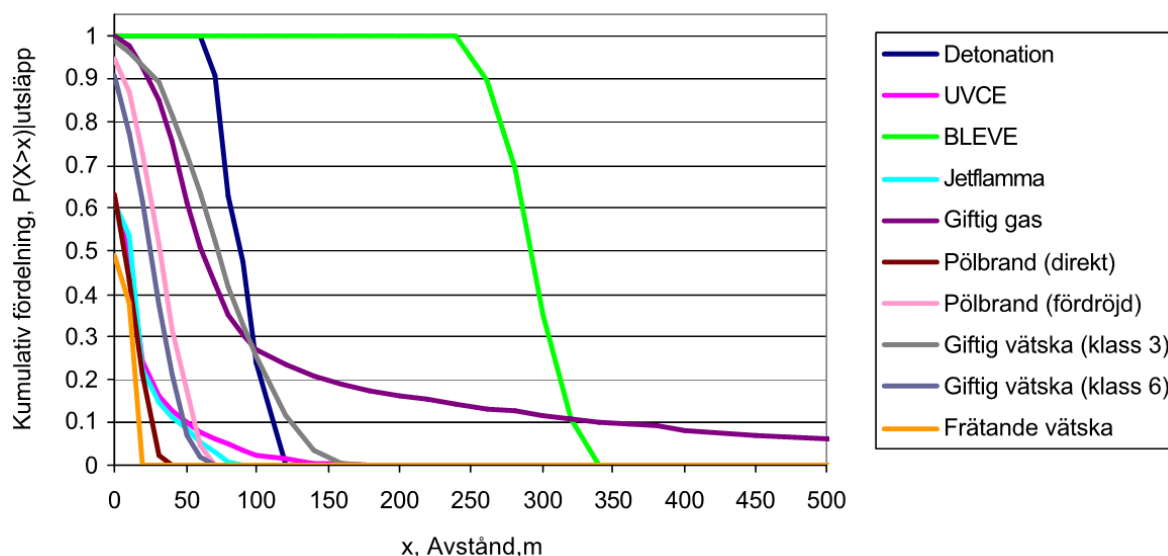
Tabell 7. Beräknade frekvenser för respektive konsekvensscenario på Norge/Vänerbanan.

Olycksscenario	Frekvens [år ⁻¹]
Explosion	-
Oxiderande ämnen	9,30E-09
Jetflamma	1,90E-07
BLEVE	1,00E-08
UVCE	5,00E-07
Utsläpp av giftig gas	1,25E-07
Pölbrand (direkt antändning)	4,36E-06
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,36E-06
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,45E-06
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	3,53E-06
Utsläpp av frätande vätska	2,72E-05

5.2 Beräkning av individ- och samhällsrisk

Till grund för beräkningen av individ- och samhällsrisk ligger riskavstånd för de olika olycksscenarierna framtagna av Länsstyrelsen i Skånes län [6]. Riskavstånden har tagits fram med hjälp av väletablerade handberäkningsmetoder och statistiska simuleringar. För att ta hänsyn till varierande förhållanden avseende vindriktning, vindhastighet, utsläppets storlek m.m., har statistiska fördelningar tilldelats de ingående variablerna.

Resultatet som presenteras i Figur 5 bygger på 10 000 iterationer och avser avståndet där 50 % av populationen kan förväntas omkomma.



Figur 5. Riskavstånd för olika olycksscenarioer [6].

De riskavstånd som används i beräkningarna av individrisken utläses från den åttionde percentilen i grafen, det vill säga det riskavstånd som vid 80 % av fallen inte överstigs. Tabell 8 redovisar de riskavstånd som används i beräkningarna för respektive konsekvensscenario.

Tabell 8. Dimensionerande riskavstånd för respektive olycksscenario.

Olycksscenario	Riskavstånd [m]
Explosion (detonation)	105
Jetflamma	25
BLEVE	310
UVCE	25
Utsläpp av giftig gas	150
Pölbrand (direkt antändning)	20
Pölbrand (fördröjd antändning)	50
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	105
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	40
Utsläpp av frätande vätska	15

5.2.1 Individrisk

Individriska innebär risken för en person att omkomma om denne står på en specifik plats utomhus under ett års tid. Individriska beräknas genom ekvationen:

$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v} \cdot \frac{15}{360}$, där f är olycksfrekvensen [år^{-1}], r är riskavståndet [m], a är avståndet från olyckan [m] och s_v är vägsträckan som har använts för beräkning av olycksfrekvensen [m].

$2 \cdot \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v}$ används för att ta hänsyn till att risken avser en person på en specifik plats och risken ska därför inte beräknas för hela vägsträckan som har använts för att ta fram olycksfrekvensen.

Kvoten $\frac{15}{360}$ används för att ta hänsyn till olyckans spridningsriktning, där spridningszonen delas upp i delar om 15° . Vid detonation, BLEVE och pölbrand sker påverkan i samtliga riktningar och formeln som används vid beräkningen av individriska i de fallen blir därmed:

$$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v}$$

Individriska för respektive olycksscenario beräknas först och sedan summeras risken till en total individriska. De olika scenarierna numreras i tabellen enligt följande:

1. Explosion med massexplosiva ämnen
2. Explosion med oxiderande ämnen
3. Jetflamma
4. BLEVE
5. UVCE
6. Utsläpp av giftig gas
7. Pölbrand (direkt antändning)
8. Pölbrand (fördröjd antändning)
9. Utsläpp av giftig vätska (klass 3)
10. Utsläpp av giftig vätska (klass 6)
11. Utsläpp av frätande vätska

Vid beräkning av individriska tas inte hänsyn till det skydd som byggnader m.m. kan ge.

Individriska beräknas först explicit för E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan, därefter summeras individriska till en ackumulerad individriska utefter avstånd från E20.

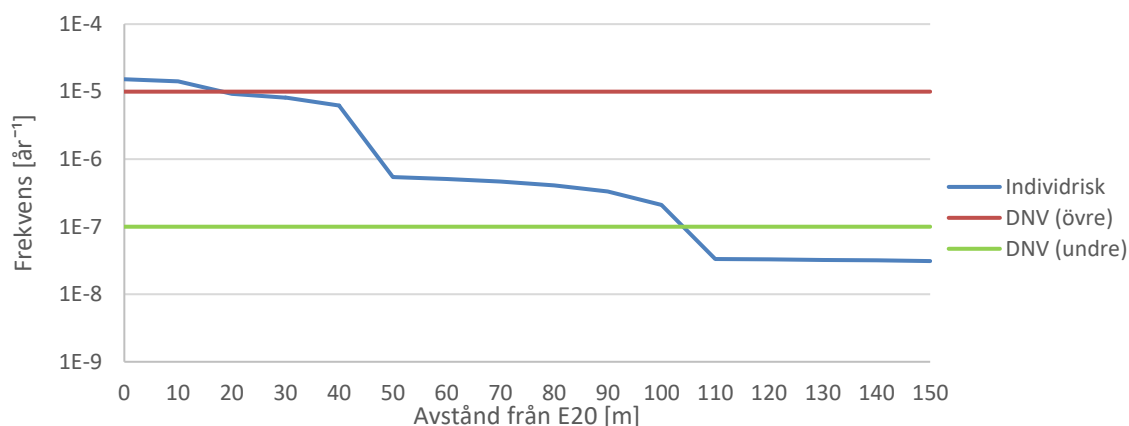
5.2.1.1 Individrisk – E20

I Tabell 9 och Figur 6 redovisas individrisken utifrån olycka på E20 på olika avstånd (0-150 m) från E20.

Tabell 9. Beräknad individrisk på olika avstånd från E20.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	5,83E-08	2,45E-07	2,26E-09	3,54E-08	5,95E-09	1,86E-10	3,77E-06	9,42E-06	2,75E-07	7,30E-08	1,38E-06	1,53E-05
10	5,80E-08	2,44E-07	2,07E-09	3,54E-08	5,45E-09	1,86E-10	3,26E-06	9,23E-06	2,74E-07	7,07E-08	1,03E-06	1,42E-05
20	5,72E-08	2,40E-07	1,36E-09	3,53E-08	3,57E-09	1,84E-10	0	8,64E-06	2,70E-07	6,32E-08	0	9,31E-06
30	5,59E-08	2,35E-07	0	3,52E-08	0	1,82E-10	0	7,54E-06	2,63E-07	4,83E-08	0	8,18E-06
40	5,39E-08	2,26E-07	0	3,51E-08	0	1,79E-10	0	5,65E-06	2,54E-07	0	0	6,22E-06
50	5,13E-08	2,15E-07	0	3,50E-08	0	1,75E-10	0	0	2,42E-07	0	0	5,43E-07
60	4,79E-08	2,01E-07	0	3,47E-08	0	1,71E-10	0	0	2,26E-07	0	0	5,09E-07
70	4,35E-08	1,83E-07	0	3,45E-08	0	1,65E-10	0	0	2,05E-07	0	0	4,66E-07
80	3,78E-08	1,59E-07	0	3,42E-08	0	1,57E-10	0	0	1,78E-07	0	0	4,09E-07
90	3,00E-08	1,26E-07	0	3,39E-08	0	1,49E-10	0	0	1,42E-07	0	0	3,32E-07
100	1,78E-08	7,47E-08	0	3,35E-08	0	1,39E-10	0	0	8,38E-08	0	0	2,10E-07
110	0	0	0	3,31E-08	0	1,27E-10	0	0	0	0	0	3,32E-08
120	0	0	0	3,27E-08	0	1,12E-10	0	0	0	0	0	3,28E-08
130	0	0	0	3,22E-08	0	9,29E-11	0	0	0	0	0	3,22E-08
140	0	0	0	3,16E-08	0	6,68E-11	0	0	0	0	0	3,17E-08
150	0	0	0	3,10E-08	0	0	0	0	0	0	0	3,10E-08

Den beräknade individrisken presenteras som en riskprofil i Figur 6. Avståndet utgår ifrån E20 med riktning mot det aktuella kvarteret, vars placering är på ca 4 meters avstånd från E20.



Figur 6. Beräknad individrisk för E20 och acceptanskriterier från DNV.

5.2.1.2 Individrisk - Västra stambanan

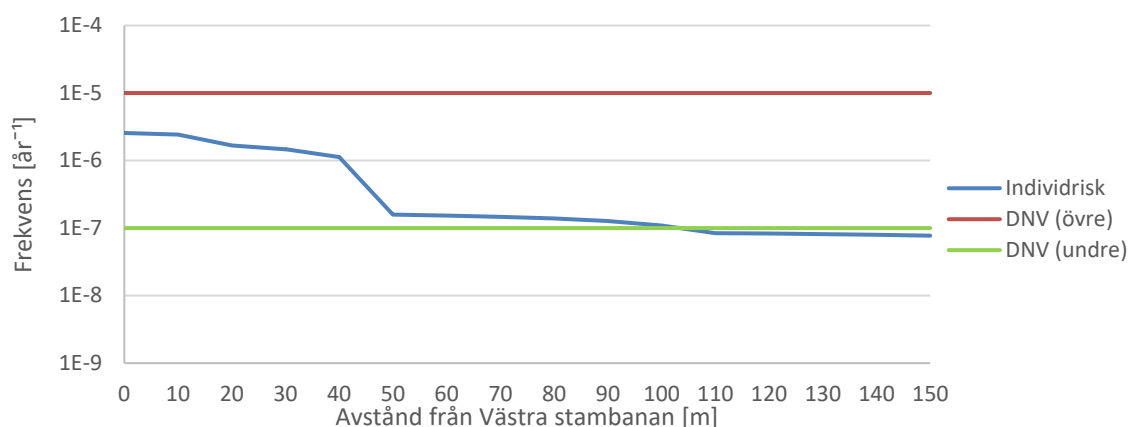
I Tabell 10 och Figur 7 redovisas individrisken utifrån olycka på Västra stambanan på olika avstånd (0-150 meter) från Västra stambanan.

Tabell 10. Beräknad individrisk på olika avstånd från Västra stambanan.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	2,65E-08	5,64E-09	5,64E-09	8,83E-08	1,48E-08	2,25E-09	6,43E-07	1,61E-06	4,69E-08	3,15E-08	8,73E-08	2,56E-06
10	2,63E-08	5,61E-09	5,16E-09	8,82E-08	1,36E-08	2,24E-09	5,57E-07	1,58E-06	4,67E-08	3,05E-08	6,50E-08	2,42E-06
20	2,60E-08	5,54E-09	3,38E-09	8,81E-08	8,90E-09	2,23E-09	0	1,47E-06	4,60E-08	2,73E-08	0	1,68E-06
30	2,54E-08	5,40E-09	0	8,78E-08	0	2,20E-09	0	1,29E-06	4,49E-08	2,08E-08	0	1,47E-06
40	2,45E-08	5,21E-09	0	8,75E-08	0	2,16E-09	0	9,65E-07	4,34E-08	0	0	1,13E-06
50	2,33E-08	4,96E-09	0	8,71E-08	0	2,12E-09	0	0	4,12E-08	0	0	1,59E-07
60	2,17E-08	4,63E-09	0	8,66E-08	0	2,06E-09	0	0	3,85E-08	0	0	1,53E-07
70	1,97E-08	4,20E-09	0	8,60E-08	0	1,99E-09	0	0	3,50E-08	0	0	1,47E-07
80	1,71E-08	3,65E-09	0	8,53E-08	0	1,90E-09	0	0	3,04E-08	0	0	1,38E-07
90	1,36E-08	2,90E-09	0	8,45E-08	0	1,80E-09	0	0	2,42E-08	0	0	1,27E-07
100	8,07E-09	1,72E-09	0	8,35E-08	0	1,67E-09	0	0	1,43E-08	0	0	1,09E-07
110	0	0	0	8,25E-08	0	1,53E-09	0	0	0	0	0	8,40E-08
120	0	0	0	8,14E-08	0	1,35E-09	0	0	0	0	0	8,27E-08
130	0	0	0	8,01E-08	0	1,12E-09	0	0	0	0	0	8,12E-08

140	0	0	0	7,87E-08	0	8,06E-10	0	0	0	0	0	7,96E-08
150	0	0	0	7,72E-08	0	0	0	0	0	0	0	7,72E-08

Den beräknade individrisken presenteras som en riskprofil i Figur 7. Avståndet utgår ifrån Västra stambanan med riktning mot det aktuella området, vars placering är på ca 37 meters avstånd.



Figur 7. Beräknad individrisk för Västra stambanan och acceptanskriterier från DNV.

5.2.1.3 Individrisk – Norge/Vänerbanan

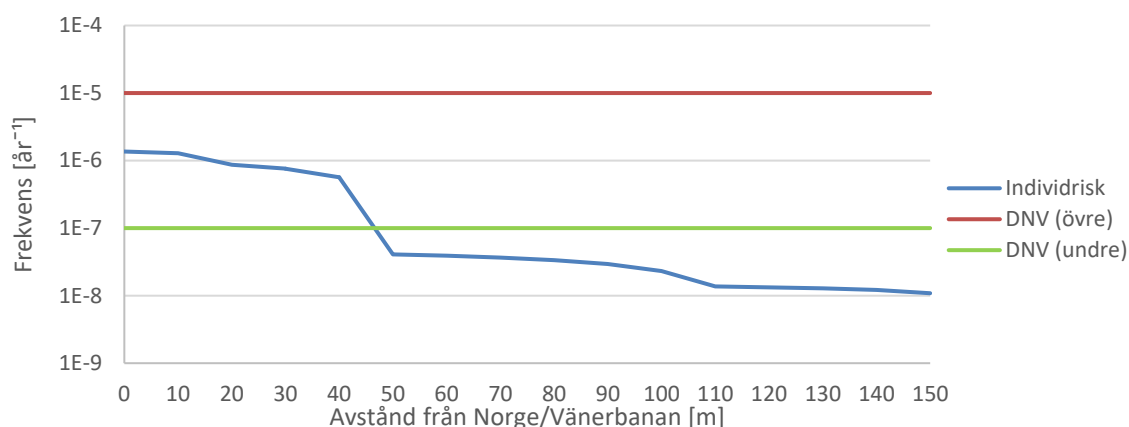
I Tabell 11 och Figur 8 redovisas individrisken utifrån olycka på Norge/Vänerbanan på olika avstånd (0-150 meter).

Tabell 11. Beräknad individrisk på olika avstånd från Norge/Vänerbanan.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	0	3,90E-09	7,92E-10	1,24E-08	2,08E-09	3,14E-09	3,49E-07	8,73E-07	2,55E-08	2,36E-08	6,79E-08	1,36E-06
10	0	3,89E-09	7,26E-10	1,24E-08	1,91E-09	3,13E-09	3,02E-07	8,55E-07	2,53E-08	2,28E-08	5,06E-08	1,28E-06
20	0	3,83E-09	4,75E-10	1,24E-08	1,25E-09	3,11E-09	0	8,00E-07	2,50E-08	2,04E-08	0	8,66E-07
30	0	3,74E-09	0	1,23E-08	0	3,07E-09	0	6,98E-07	2,44E-08	1,56E-08	0	7,57E-07
40	0	3,61E-09	0	1,23E-08	0	3,02E-09	0	5,24E-07	2,35E-08	0	0	5,66E-07
50	0	3,43E-09	0	1,22E-08	0	2,96E-09	0	0	2,24E-08	0	0	4,10E-08
60	0	3,20E-09	0	1,22E-08	0	2,87E-09	0	0	2,09E-08	0	0	3,91E-08
70	0	2,91E-09	0	1,21E-08	0	2,77E-09	0	0	1,90E-08	0	0	3,67E-08
80	0	2,53E-09	0	1,20E-08	0	2,65E-09	0	0	1,65E-08	0	0	3,37E-08
90	0	2,01E-09	0	1,19E-08	0	2,51E-09	0	0	1,31E-08	0	0	2,95E-08
100	0	1,19E-09	0	1,17E-08	0	2,34E-09	0	0	7,76E-09	0	0	2,30E-08
110	0	0	0	1,16E-08	0	2,13E-09	0	0	0	0	0	1,37E-08

120	0	0	0	1,14E-08	0	1,88E-09	0	0	0	0	0	1,33E-08
130	0	0	0	1,13E-08	0	1,56E-09	0	0	0	0	0	1,28E-08
140	0	0	0	1,11E-08	0	1,13E-09	0	0	0	0	0	1,22E-08
150	0	0	0	1,09E-08	0	0	0	0	0	0	0	1,09E-08

Den beräknade individrisken presenteras som en riskprofil i Figur 8. Avståndet utgår ifrån Norge/Vänerbanan med riktning mot det aktuella området, vars placering är på ca 100 meters avstånd från Norge/Vänerbanan.



Figur 8. Beräknad individrisk för Norge/Vänerbanan och acceptanskriterier från DNV.

5.2.1.4 Individrisk – Ackumulerad för E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan

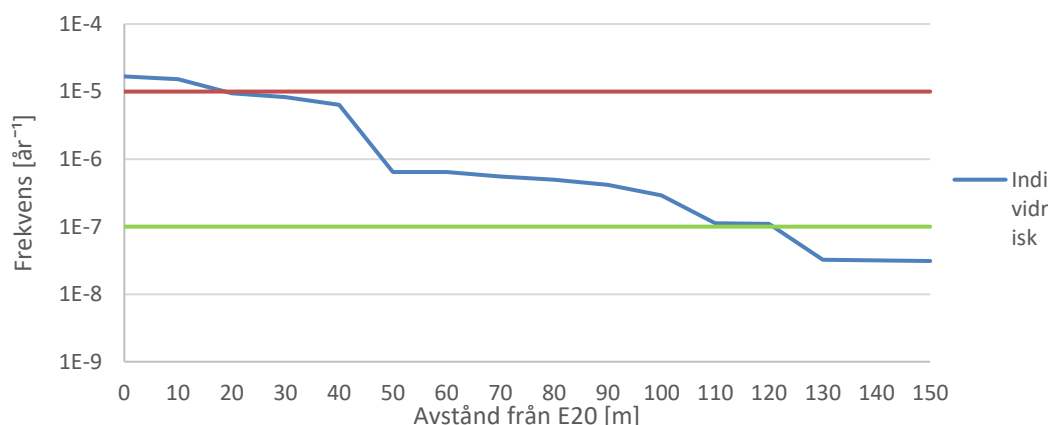
I Tabell 12 och Figur 9 redovisas den ackumulerade individrisken utifrån olycka på E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan på olika avstånd från E20 (0-150 meter). Justering har gjorts för det utökade avståndet till Västra stambanan (30 meter) respektive Norge/Vänerbanan (90 meter) gentemot referenspunkten som utgör E20.

Tabell 12. Beräknad ackumulerad individrisk på olika avstånd från E20.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	8,37E-08	2,52E-07	2,26E-09	1,35E-07	5,95E-09	4,89E-09	3,77E-06	1,07E-05	3,33E-07	9,38E-08	1,38E-06	1,68E-05
10	5,80E-08	2,50E-07	2,07E-09	1,35E-07	5,45E-09	4,69E-09	3,26E-06	1,02E-05	2,81E-07	7,07E-08	1,03E-06	1,53E-05
20	8,05E-08	2,45E-07	1,36E-09	1,34E-07	3,57E-09	4,43E-09	0	8,64E-06	3,11E-07	6,32E-08	0	9,48E-06
30	5,59E-08	2,39E-07	0	1,33E-07	0	4,12E-09	0	7,54E-06	2,63E-07	4,83E-08	0	8,28E-06
40	7,36E-08	2,31E-07	0	1,32E-07	0	3,73E-09	0	5,65E-06	2,89E-07	0	0	6,38E-06
50	5,13E-08	2,19E-07	0	1,31E-07	0	3,20E-09	0	0	2,42E-07	0	0	6,47E-07
60	6,15E-08	2,04E-07	0	1,30E-07	0	1,97E-09	0	0	2,50E-07	0	0	6,47E-07
70	4,35E-08	1,84E-07	0	1,18E-07	0	1,84E-09	0	0	2,05E-07	0	0	5,53E-07
80	3,78E-08	1,59E-07	0	1,17E-07	0	1,68E-09	0	0	1,78E-07	0	0	4,93E-07

90	3,00E-08	1,26E-07	0	1,15E-07	0	1,50E-09	0	0	1,42E-07	0	0	4,15E-07
100	1,78E-08	7,47E-08	0	1,14E-07	0	1,26E-09	0	0	8,38E-08	0	0	2,91E-07
110	0	0	0	1,12E-07	0	9,33E-10	0	0	0	0	0	1,13E-07
120	0	0	0	1,10E-07	0	1,12E-10	0	0	0	0	0	1,10E-07
130	0	0	0	3,22E-08	0	9,29E-11	0	0	0	0	0	3,22E-08
140	0	0	0	3,16E-08	0	6,68E-11	0	0	0	0	0	3,17E-08
150	0	0	0	3,10E-08	0	0	0	0	0	0	0	3,10E-08

Den beräknade ackumulerade individrisken presenteras som en riskprofil i Figur 9. Avståndet utgår ifrån E20 med riktning mot det aktuella området, vars placering är på ca 4 meters avstånd från E20.



Figur 9. Beräknad ackumulerad individrisk för E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan samt acceptanskriterier från DNV.

5.2.1.5 Individrisk - Utvärdering

I riskprofilerna i Figur 6-9 presenteras även kriterier för tolerabel risk framtagna av DNV (Det Norske Veritas). I Sverige finns inga vedertagna kriterier för tolerabel individ- och samhällsrisk. Den erhållna risken behöver därmed utvärderas från fall till fall, utefter rådande förutsättningar. DNV:s kriterier för tolerabel risk är de som vanligen används. För individrisk anges där att risker mindre än $1 \cdot 10^{-7}$ år⁻¹ kan anses som tolerabla utan att skyddsåtgärder behöver övervägas. Gränsen för icke tolerabel risk går vid $1 \cdot 10^{-5}$ år⁻¹ och mellan de båda gränserna ligger ALARP-zonen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som hamnar inom denna zon, ska normalt åtgärdas i sin helhet såvida det inte är orimliga kostnader i förhållande till risken.

I analysen har DNV:s riktlinjer tillämpats för att bedöma huruvida de beräknade riskerna är tolerabla eller ej. Dessa anses som ett bra stöd för att kunna bedöma behovet av skyddsåtgärder.

Den framtagna ackumulerade riskprofilen visar på att individrisken ligger över DNV:s högre kriterium inom ca 20 meter från E20 och därefter inom ALARP-området fram till ett avstånd om ca 120 meter från E20, vilket innebär att åtgärder skall vidtas för att minska risken.

5.2.2 Samhällsrisk (grupprisk)

Riskmättet samhällsrisk används för att beakta hur stora konsekvenserna blir för en större grupp personer inom ett givet område, till skillnad från den platsbaserade individrisken.

När ett mindre område studeras benämns samhällsrisk ofta som grupprisk istället. Vid beräkning av grupprisen beaktas befolkningssituationen för det aktuella området, hänsyn tas till att personfördelningen kan se olika ut under olika tidsperioder och att påverkan kan variera beroende på om personerna befinner sig inomhus eller utomhus.

I analysen beaktas grupprisen för de personer som befinner sig inom det aktuella kvarteret och det konservativa antagandet görs om att respektive konsekvensscenario förväntas inträffa mitt för kvarteret. Angränsande kvarter bortses från i beräkningarna.

Då grupprisen skall beräknas behöver sannolikhet för att personer befinner sig inomhus respektive utomhus bedömas. Här används fördelning för kontor enligt Göteborgs kommuns översiktsplan [9], där det anges att 2 % kan förväntas befinna sig utomhus och 98 % inomhus.

För beräkning av grupprisen behöver även persontätheten bedömas. Då aktuella personantal för de aktuella lokalerna inte har erhållits nyttjas schablonvärden för persontäthet på kontor. I Hallands läns riktlinjer [6] anges en generell persontäthet för kontor på 0,04 personer/m². Befintliga byggnader inrymmer en yta på ca 12 000 m², medan planerad tillkommande bebyggelse enligt utvecklingsförslag inrymmer en yta på ca 3 300 m². Totalt omfattas därmed en yta på ca 15 300 m². Med en persontäthet på 0,04 pers/m² erhålls därmed ett dimensionerande personantal på 480 personer inom befintlig bebyggelse samt 132 personer inom eventuell tillkommande bebyggelse.

Risken för skada till följd av farligt godsolycka nattetid avskrivs, då det kan antas att det inte kommer befinna sig några personer på området nattetid. Analysen baseras på att kvarteret är fritt från personer 14 timmar om dygnet på vardagar, baserat på åtta timmars arbetstid generellt och för att ta höjd för att personer kan befinna sig inom området på lunchen etc samt för att ta höjd för andra motsvarande verksamheter inom kvarteret. På helgen kan kvarteret generellt förväntas vara fritt från personer, men för att erhålla konservativa resultat och för att ta höjd för andra motsvarande verksamheter inom kvarteret ansätts normal persontäthet enligt ovan 3 timmar om dygnet. Med antaganden enligt ovan blir sannolikheten för att det befinner sig folk inom området 0,333.

Utifrån ovanstående ansätts ett dimensionerande personantal inom kvarteret på 160 personer inom befintlig bebyggelse samt 205 personer efter en eventuell tillbyggnad. Då värdet är osäkert ska känslighetsanalys göras.

5.2.2.1 Förväntat antal döda

För att kunna beräkna grupprisen behöver förväntat antal döda för de olika scenarierna bedömas. Beräkningsgången presenteras i bilaga B.

Befintlig bebyggelse

I Tabell 13-15 presenteras frekvensen och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna, vilka ligger till grund för beräkning av grupprisen.

Tabell 13. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för E20.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,39E-07	21,60
Explosion med oxiderande ämnen	5,83E-07	3,87
Jetflamma	5,43E-07	0,56
BLEVE	2,86E-08	65,89
UVCE	1,43E-06	1,18
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09	2,99
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05	0,09
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05	2,85
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05	0,12
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05	0,12

Tabell 14. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för Västra stambanan.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	6,30E-08	6,78
Explosion med oxiderande ämnen	1,34E-08	0,82
Jetflamma	1,35E-06	0,07
BLEVE	7,12E-08	49,42
UVCE	3,56E-06	0,28
Utsläpp av giftig gas	8,98E-08	1,26
Pölbrand (direkt antändning)	8,04E-06	0,00
Pölbrand (fördröjd antändning)	8,04E-06	0,13
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	2,68E-06	0,03
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	4,72E-06	0,03

Tabell 15. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för Norge/Vänerbanan.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,39E-07	0,00
Explosion med oxiderande ämnen	5,83E-07	0,00
Jetflamma	5,43E-07	0,00
BLEVE	2,86E-08	8,98
UVCE	1,43E-06	0,00
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09	0,10
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05	0,00
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05	0,00
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05	0,00
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05	0,00

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

I Tabell 16-18 presenteras frekvensen och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna, där hänsyn även tas till eventuell tillkommande bebyggelse, vilka ligger till grund för beräkning av grupprisken.

Tabell 16. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för E20.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,39E-07	32,51
Explosion med oxiderande ämnen	5,83E-07	7,88
Jetflamma	5,43E-07	1,44
BLEVE	2,86E-08	86,93
UVCE	1,43E-06	2,24
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09	4,42
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05	0,29
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05	8,65
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05	0,24
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05	0,24

Tabell 17. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för Västra stambanan.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	6,30E-08	14,48
Explosion med oxiderande ämnen	1,34E-08	2,22
Jetflamma	1,35E-06	0,22
BLEVE	7,12E-08	68,35
UVCE	3,56E-06	0,72
Utsläpp av giftig gas	8,98E-08	2,26
Pölbrand (direkt antändning)	8,04E-06	0,00
Pölbrand (fördröjd antändning)	8,04E-06	0,38
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	2,68E-06	0,09
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	4,72E-06	0,09

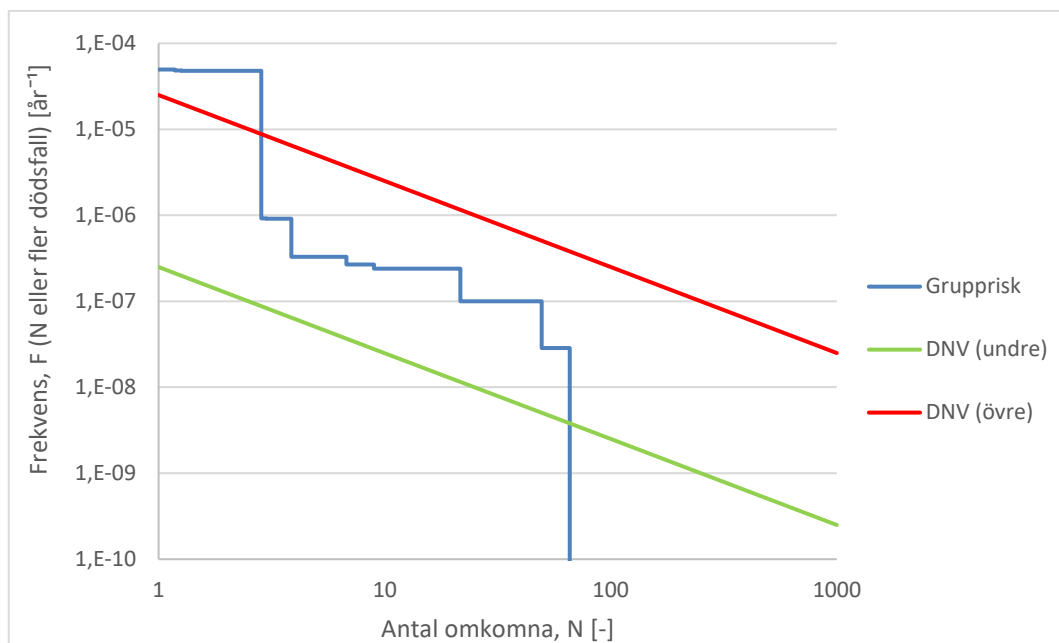
Tabell 18. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för Norge/Vänerbanan.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,39E-07	0,00
Explosion med oxiderande ämnen	5,83E-07	0,00
Jetflamma	5,43E-07	0,00
BLEVE	2,86E-08	16,73
UVCE	1,43E-06	0,00
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09	0,19
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05	0,00
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05	0,00
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05	0,00
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05	0,00

5.2.2.2 FN-kurva

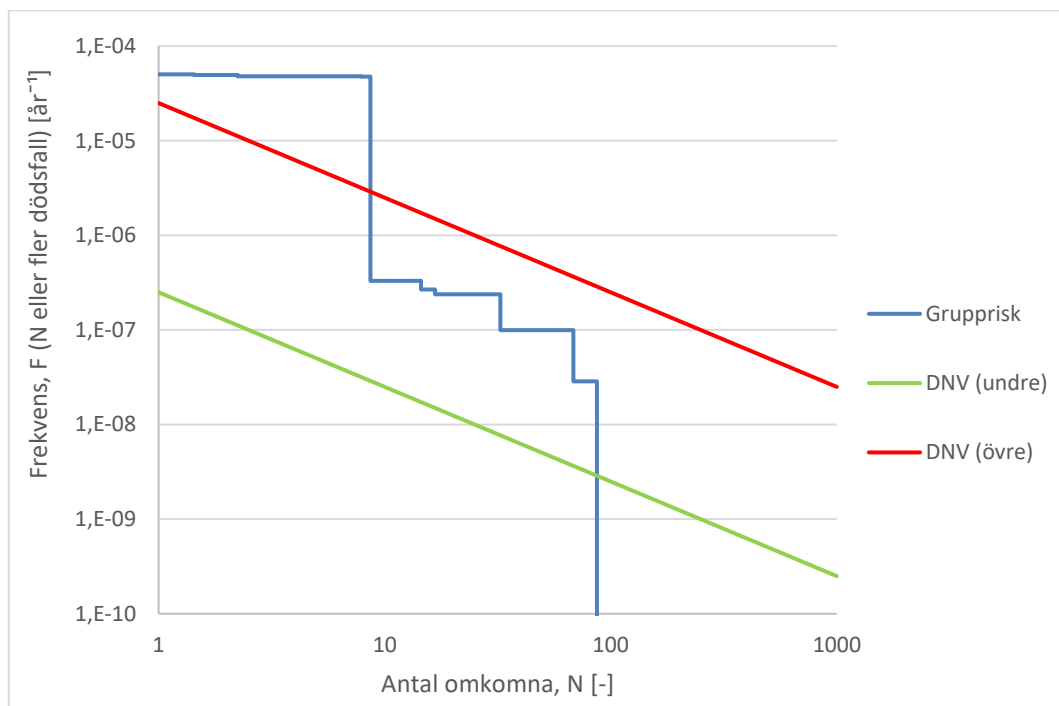
Utifrån den beräknade frekvensen och det förväntade antalet döda för respektive konsekvensscenario kan följande FN-kurvor för kvarteret tas fram:

Befintlig bebyggelse



Figur 10. FN-kurva som visar olycksfrekvens och antalet omkomna för E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan gemensamt.

Befintlig samt tillkommande bebyggelse



Figur 11. FN-kurva som visar olycksfrekvens och antalet omkomna för E20, Västra stambanan och Norge/Vänerbanan gemensamt.

I FN-kurvan presenteras även kriterier för riskvärdering enligt DNV.

DNV:s kriterier för tolerabel risk tillämpas även på grupprisen. DNV:s övre gräns för samhällsrisk/grupprisk vid $N=1$ motsvarar en frekvens på 10^{-4} per år med lutningen -1 och den undre gränsen motsvarar 10^{-6} per år med lutningen -1 . Dessa kriterier är dock framtagna för en sträcka på 1 km och påverkan åt båda hållen. För att ta hänsyn till att det undersökta området omfattar en sträcka på 0,5 km och påverkan endast undersöks i en riktning, vilket medför att en lägre risknivå accepteras/tolereras, skalas därför gränserna om med en faktor 0,25 ($0,5 \cdot 0,5$). De omskalade kriterierna för det aktuella området motsvarar de två linjerna som presenteras i FN-kurvorna.

Den övre gränsen för ett dödsfall är $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ år}^{-1}$ och följer en lutning på -1 . Risker större än denna gräns accepteras inte. Den andra linjen utgör gränsen för tolerabel risk, vilket är satt till $2,5 \cdot 10^{-7} \text{ år}^{-1}$ för ett dödsfall med lutningen -1 . Risker lägre än den undre gränsen kan tolereras utan att skyddsåtgärder behöver övervägas.

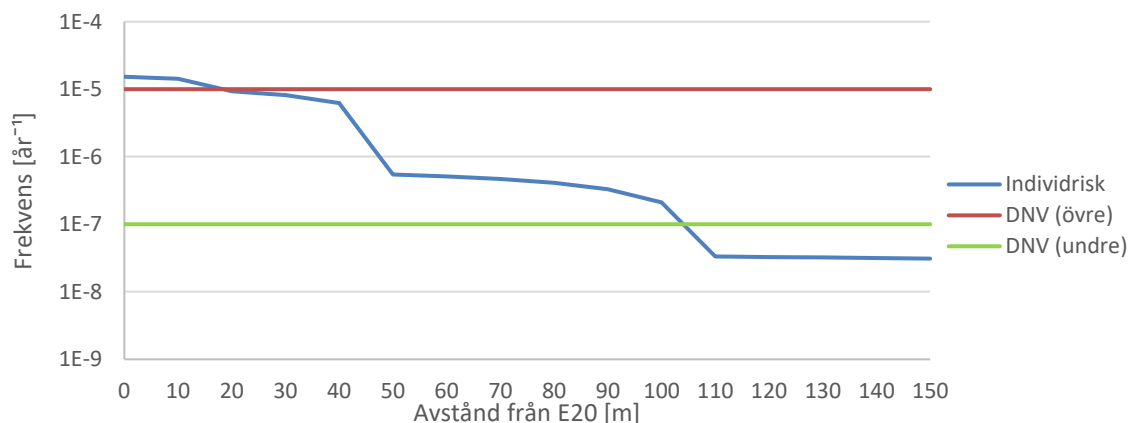
Området mellan de båda gränserna bildar ALARP-zonen. Risker som hamnar inom denna zon, bör åtgärdas i den mån det är praktiskt möjligt och platsspecifika förhållanden ska tas i beaktning.

5.3 Känslighetsanalys

Känslighetsberäkningar utförs endast för E20, då leden ger störst påverkan på risknivån inom kvarteret.

5.3.1 Individrisk

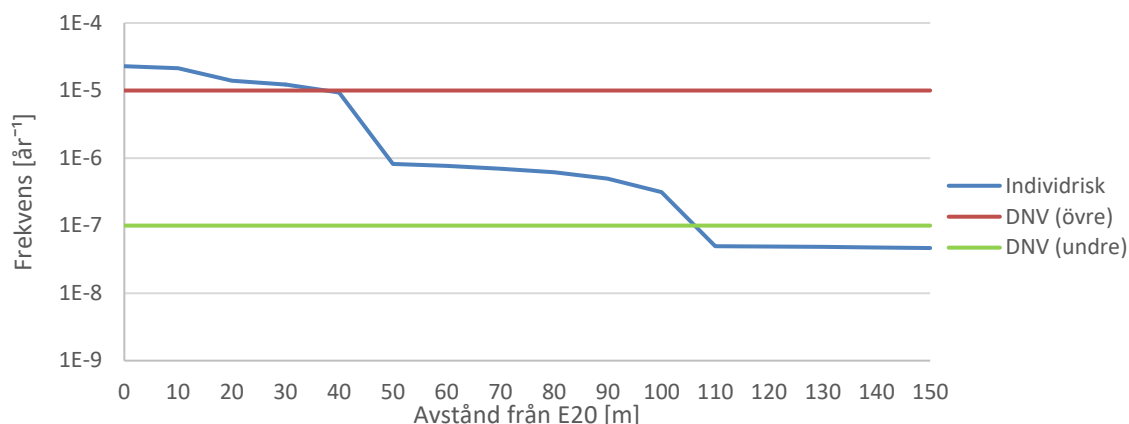
Nedan presenteras individriskkurvan för E20, vilket utgör referens för jämförelse gentemot känslighetsanalyserna.



Figur 12. Individrisk i förhållande till E20.

Årsmedeldygnstrafik

En grundläggande faktor för beräkningen av individriska är årsmedeldygnstrafiken. Om det dimensionerande värdet ökas med 50 % till 122 313 erhålls resultat enligt Figur 13 nedan.



Figur 13: Känslighetsanalys av individriskberäkning, ÅDT ökad med 50 %

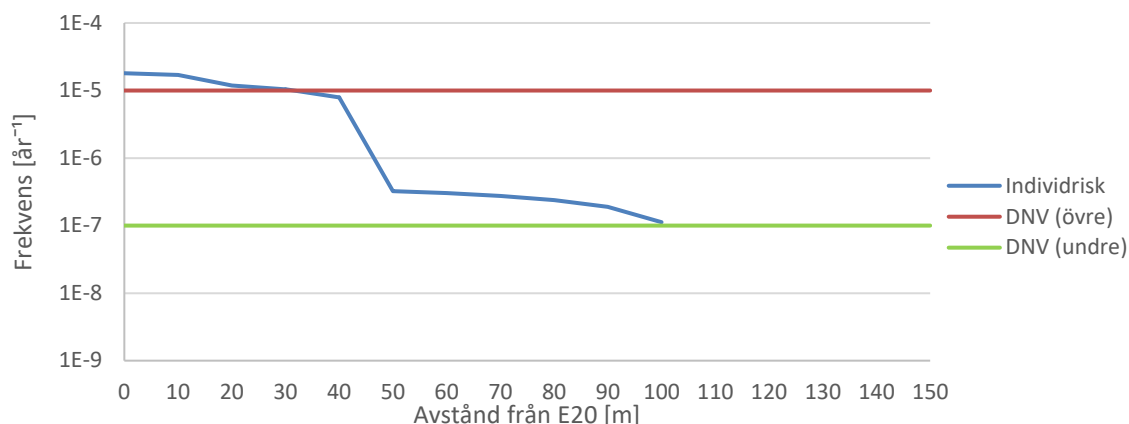
Godsfördelning

Vidare utgör fördelningen av farligt godsmängderna en stor osäkerhet. Den dimensionerande beräkningen baserades på max-värden utifrån mätningar. Om beräkningen istället baseras på min-värden enligt

Tabell 19 erhålls resultat enligt Figur 14.

Tabell 19: Fördelning av ämnen baserat på minvärden

Klass	Egenskap	Andel
1	Explosiva ämnen och föremål	0,00 %
2.1	Brandfarliga gaser	0,00 %
2.3	Giftiga gaser	0,00 %
3	Brandfarliga vätskor	58,84 %
4	Brandfarliga fasta ämnen	0,14 %
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	0,00 %
6	Giftiga ämnen	0,00 %
7	Radioaktiva ämnen	0,00 %
8	Frätande ämnen	0,00 %
9	Övriga farliga ämnen	41,01 %



Figur 14: Känslighetsanalys av individriskberäkning, godsfördelning baserad på min-värden.

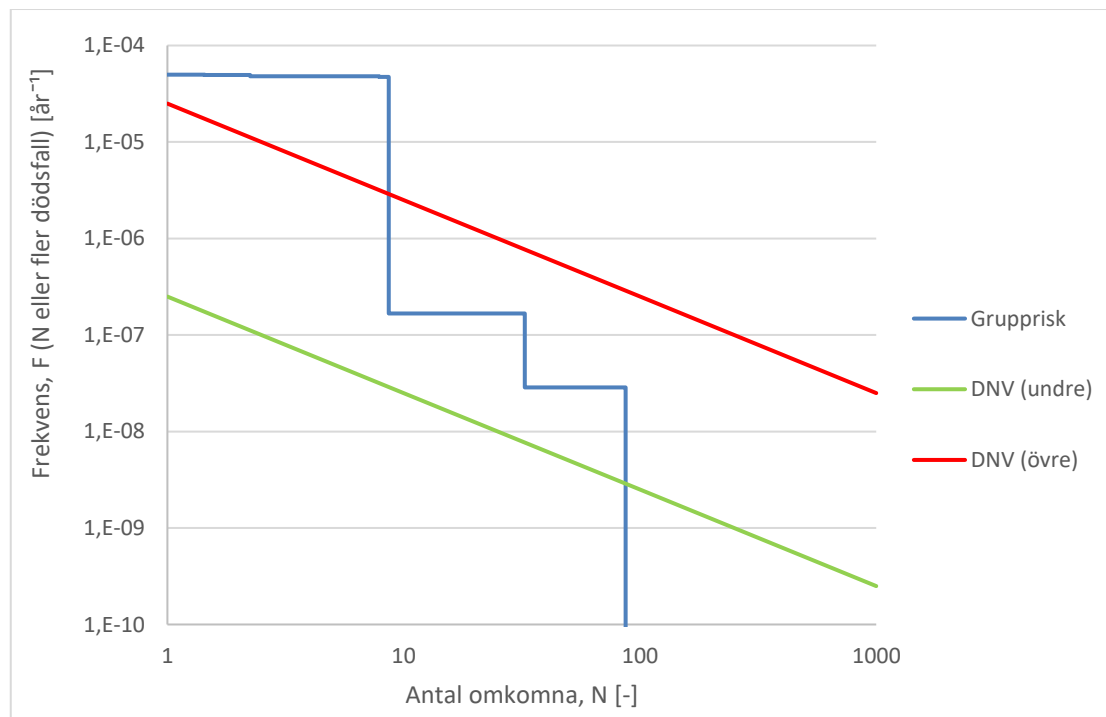
Utvärdering

De båda känslighetsanalyserna visar på liknande riskprofiler som den som erhållits tidigare, bortsett från att en längre sträcka hamnar ovanför DNV:s övre kriterie.

Känslighetsanalyserna för individrisken styrker därmed att riskreducerande åtgärder erfordras.

5.3.2 Samhällsrisk

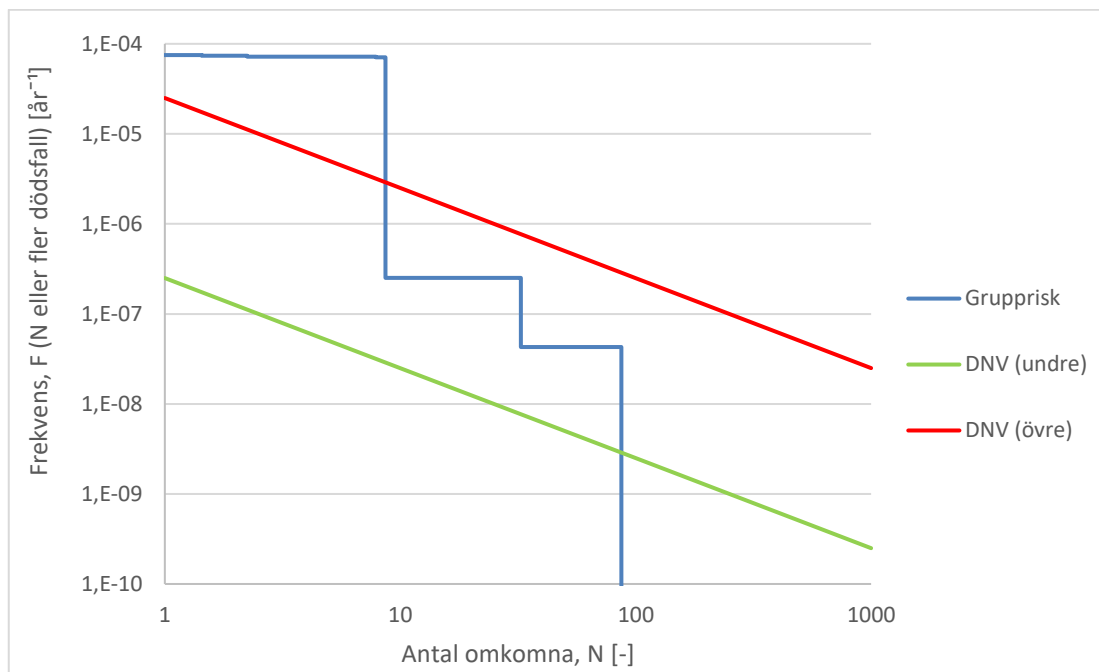
För samhällsrisken görs känslighetsanalys utifrån befintlig och eventuell tillkommande bebyggelse. Likt för individrisken görs jämförelse för E20, då leden ger störst påverkan på risknivå inom kvarteret. Nedan presenteras FN-kurvan för E20, vilken därmed utgör referens för jämförelse.



Figur 15. FN-kurva för E20.

Årsmedeldygnstrafik

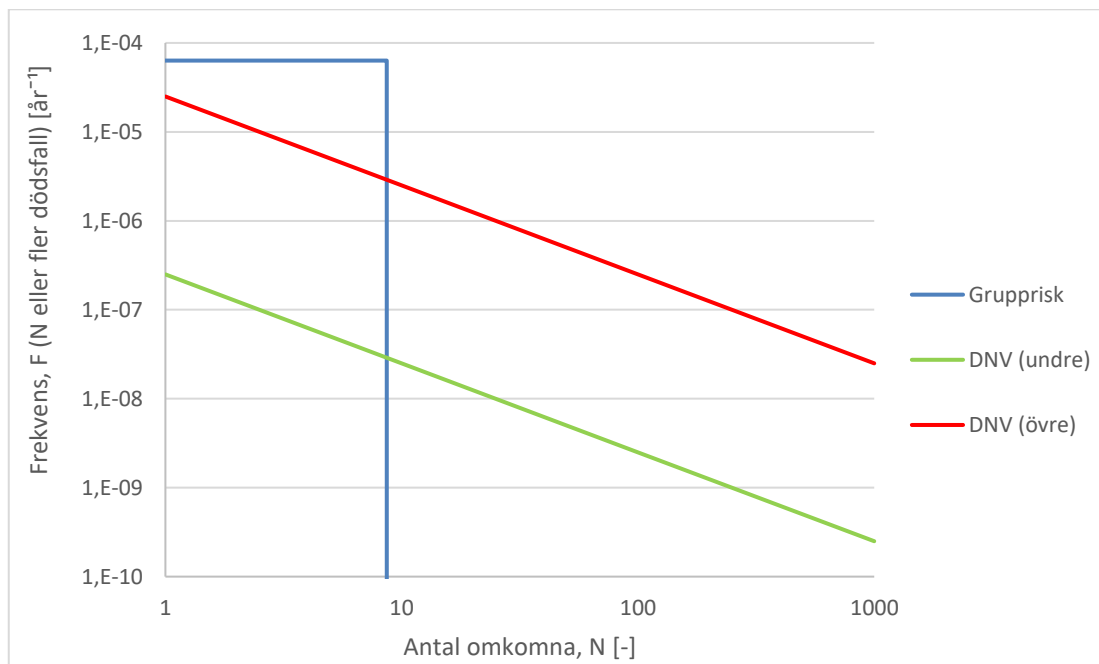
En grundläggande faktor även för beräkningen av samhällsrisk är årsmedeldygnstrafiken. Om de dimensionerande värdena ökas till 122 313 erhålls följande resultat:



Figur 16: Känslighetsanalys av gruppriskberäkning, ÅDT ökad med 50 %

Figur 16 visar som väntat att frekvensen för samtliga konsekvenser höjs, som en direkt konsekvens av den ökade risken för trafikolycka.

Godsfördelning

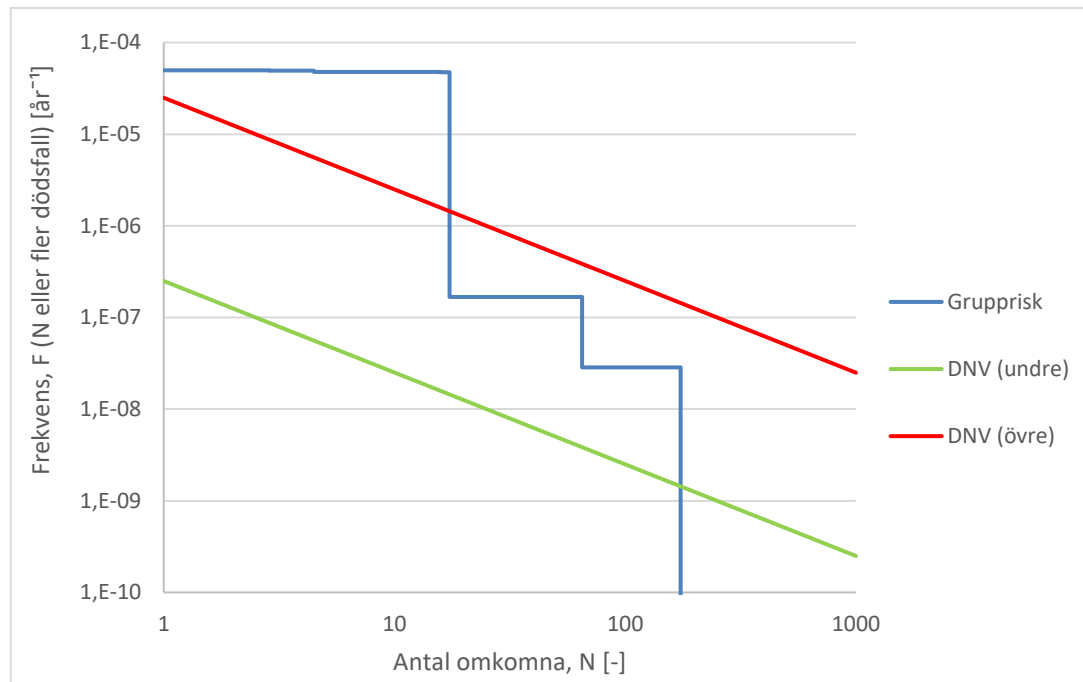


Figur 17: Känslighetsanalys av gruppriskberäkning, godsfördelning baserad på min-värden

Fördelning enligt min-värden medför att endast konsekvensscenarierna; pölbrand, utsläpp av giftig vätska klass 3 och utsläpp av giftig gas, förekommer. Ca 59 % av transporterna utgör vid denna fördelning transporter med brandfarliga vätskor, varvid pölbrand får stort genomslag.

Känslighetsanalysen visar att åtgärder bör fokuseras på risker kopplat till brandfarliga vätskor samt giftig vätska och gas.

Viktat personantal



Figur 18: Känslighetsanalys av gruppriskberäkning, viktat personantal dubblerat

Figur 18 visar att dubblerat personantal som väntat inte påverkar frekvensen men antalet omkomna vid varje scenario. En större del av kurvan ligger därmed ovan DNV:s övre kriterie och inom ALARP.

Utvärdering

Även känslighetsanalyserna för samhällsrisk styrker att riskreducerande åtgärder erfordras.

6 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Risikanalysen visar på att både individrisken och grupprisken för området hamnar ovan DNV:s övre kriterie för delar av området närmast riskkällorna och därefter inom ALARP-zonen. Med hänsyn till den höga risknivån för området erfordras därmed omfattande riskreducerande åtgärder. Utefter den aktuella risknivån samt genomslaget för respektive konsekvensscenario på risknivån har förslag på riskreducerande åtgärder tagits fram med stöd i rekommendationer i Hallands Länsstyrelses riktlinjer [7].

Nedanstående riskreducerande åtgärder bör beaktas för befintlig bebyggelse:

- Konstruktion för befintlig betongvall samt tillhörande bullerplank och räcke mellan E20 och kvarteret ska kontrolleras så att det uppfyller klass H4 eller motsvarande. I annat fall ska åtgärder vidtas för att uppnå detta.
- Fasad som vetter mot E20, och som är belägen inom 50 meter från E20, ska vara utförd med obrännbart material, vilket uppnås med befintlig tegelfasad. Takfot ska vara utförd i lägst brandteknisk klass EI 30.
- Fönster, dörrar, portar och motsvarande belägna inom 50 meter från E20 och som vetter mot leden ska vara utförda i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster utförs med laminerat glas eller motsvarande för att motverka omfattande splitterverkan. Fönster utförs ej öppningsbara och dörrar förses med dörrstängare. Lösning tas fram med bevarandekrav i beaktning, separat parti kan därmed komma att bli aktuellt.
- Luftintag inom 50 meter från E20 förses med möjlighet för manuell nödavstängning av ventilationen.

Vid ny kontorsbebyggelse bör följande riskreducerande åtgärder beaktas:

- Fasad som vetter mot E20, och är direkt exponerad, ska vara utförd med obrännbart material och i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Lägst EI 30 gäller även för fönster, dörrar, portar och motsvarande i fasaden. Fönster utförs ej öppningsbara och dörrar förses med dörrstängare.
- Förstärkt stomme/betongkonstruktion utefter dimensionerande explosionslast på E20 samt förhindra omfattande splitterverkan för fönster mot E20.
 - Ett gasmoln på 100 m³ (10 kg gasol) med explosionscentrum vid vägkanten utgör dimensionerande scenario.
 - Fönster mot E20 utförs med laminerat glas eller motsvarande lösning för att motverka omfattande splitterverkan.
- Luftintag placeras vid byggnadens tak och ska inte vetta mot E20.
- Rökdetektor på ventilationens tilluft som stänger ventilationen samt möjlighet för manuell nödavstängning av ventilationen och manuellt aktiverat utrymningslarm.
- Byggnadens entréer ska inte vetta mot E20.
- Samtliga delar av byggnaden ska nå minst en utrymningsväg som inte vetter mot E20.

7 EFFEKTER AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Effekten av riskreducerande åtgärder är svår att bedöma, men följande justeringar har gjorts till följd av de föreslagna åtgärderna:

Sannolikhet

- Sannolikheten för att läckage uppstår vid olycka på E20 har halverats (baserat på förekomsten av förstärkt räcke samt då aktuell vägsträcka utgör raksträcka).
- Sannolikheten för att explosion uppstår vid kollision och avåkning på E20 har halverats (baserat på förekomsten av förstärkt räcke samt då aktuell vägsträcka utgör raksträcka).

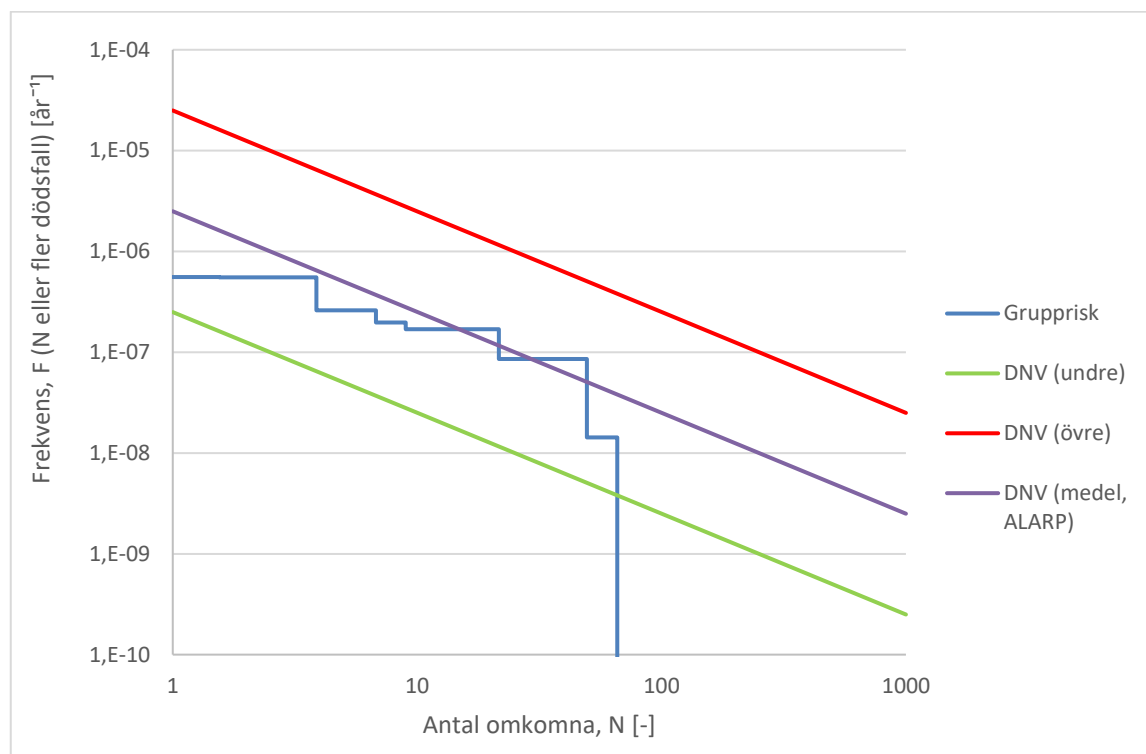
Konsekvens

I Tabell 20 presenteras de konsekvensreducerande effekter som har ansatts i de uppdaterade FN-kurvorna. Justering utförs endast för personer som befinner sig inomhus. Då olika riskreducerande åtgärder har föreslagits för befintlig respektive ny bebyggelse har också olika konsekvensreducerande effekter ansatts beroende på vilken byggnad som påverkas.

Tabell 20. Ansatta effekter på förväntat antal dödad för respektive olycksscenario.

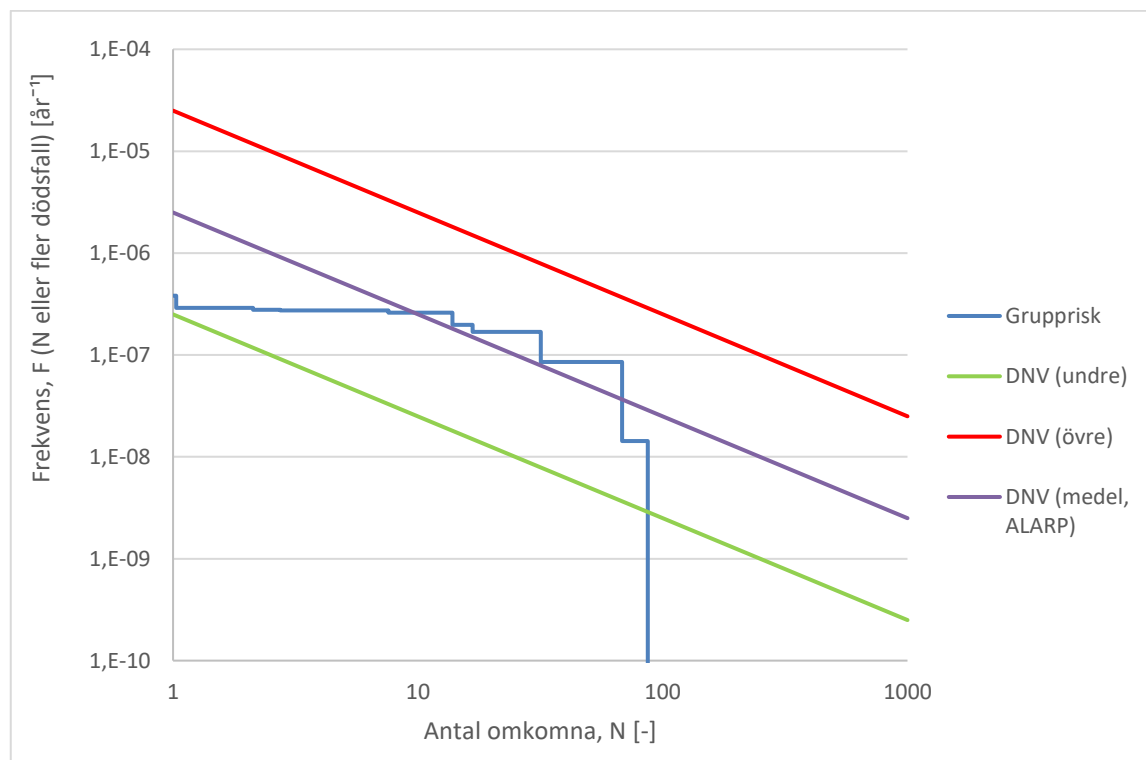
Konsekvensscenario	Befintlig bebyggelse	Ny bebyggelse
Explosion med massexplosiva ämnen	Oförändrad	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 10 %
Explosion med oxiderande ämnen	Oförändrad	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 10 %
Jetflamma	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 100 %	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 100 %
BLEVE	Oförändrad	Oförändrad
UVCE	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 90 %	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 100 %
Utsläpp av giftig gas	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 50 %	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 90 %
Pölbrand (direkt antändning)	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 100 %	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 100 %
Pölbrand (fördröjd antändning)	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 100 %	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 100 %
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 50 %	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 90 %
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 50 %	Sannolikhet för att dö inomhus minskas med 90 %

Befintlig bebyggelse



Figur 19. FN-kurva med hänsyn till riskreducerande åtgärder för befintlig bebyggelse.

Befintlig och tillkommande bebyggelse



Figur 20. FN-kurva med hänsyn till riskreducerande åtgärder för befintlig och ny bebyggelse.

Utvärdering av resultat

De båda uppdaterade FN-kurvorna hamnar kring medel inom ALARP. De delar av kurvan som ligger ovan medellinjen inom ALARP hänförs till konsekvensscenarierna explosion med massexplosiva ämnen samt BLEVE, där ytterligare riskreducerande åtgärder inte bedöms rimligt i förhållande till effekten av dem.

8 OSÄKERHETER OCH ANTAGANDEN

En riskanalys omgärdas alltid av osäkerheter och antaganden. Osäkerheter utgörs av indata, underlag, beräkningsmodeller, statistiska underlag samt expertbedömningar. Generellt hanteras osäkerheter genom att använda konservativa uppskattningar och bedömningar. Detta innebär att risken sannolikt överskattas snarare än underskattas.

Exempel på några konservativa bedömningar som görs är följande:

- Trafikflöden
- Olycksfrekvens
- Sannolikhet och konsekvens för olycksscenarier.

8.1 Trafikflöden

E20

Mängden och fördelningen mellan de olika klasserna av farligt gods är baserad på årsdygnsmedeltrafiken för E20 år 2018, med Trafikverkets uppräkningsstal fram till 2040, samt klassfördelning enligt mätningar som inte är uppdaterade sedan 2006. Ansatt årsmedeladygns trafik bedöms vara på den konservativa sidan och den erhållna risknivån baserat på ADT kan därmed snarare anses vara överskattad än underskattad.

Avseende kartläggningen av farligt gods, så är det den senaste kartläggningen som är genomförd och anses vara den mest tillförlitliga referensen att utgå ifrån, även om det finns ett nationellt behov av en uppdaterad kartläggning.

För att få fram mängden farligt gods har statistik från Räddningsverket nyttjats som menar på att 2 promille av all trafik är farligt gods. Det medför osäkerheter, men i brist på specifik statistik för den undersökta vägsträckan avseende farligt gods anses det som det bästa alternativet.

Trafikflödets utveckling framåt i tiden är även det svår att bedöma, men då Trafikverkets uppräkningsstal har tillämpats anses detta ha hanterats på bästa möjliga sätt.

Västra stambanan och Norge/Vänerbanan

Antalet godstransporter per år baseras på bristanalyser utförda av Trafikverket år 2021 samt i dessa analyser angivna prognoser för år 2040. Relativt uppdaterad data från en tillförlitlig källa har därmed nyttjats.

Klassfördelningen har ansatts på samma sätt som för E20, dvs utifrån kartläggningen från 2006.

Andelen farligt godsvagnar har ansatts till 5 % utifrån Göteborgs kommuns översiktsplan. Det medför osäkerheter, men i brist på specifik statistik för den undersökta vägsträckan avseende farligt gods anses det som det bästa alternativet. Andelen kan jämföras med nationell statistik från *Bantrafik 2020* [17], där det anges att 4 % av den transporterade godsmängden på järnväg utgjordes av farlig gods, varvid ett antagande om 5 % bedöms konservativt.

8.2 Olycksfrekvens

E20

Vid bedömningen av olycksfrekvensen på aktuell sträcka på E20 ansattes en fast sannolikhet för lastbilsolycka med farligt gods, rekommenderad i Länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer [7]. Den ansatta sannolikheten för lastbilsolycka med farligt gods kan anses representera ett riksgenomsnitt, men med korrigering för godsflödet på den aktuella vägen. Då hänsyn därigenom togs till aktuellt trafikflöde anses den beräknade olycksfrekvensen spegla E20 förhållandevis bra.

Västra stambanan och Norge/Vänerbanan

Vid bedömningen av olycksfrekvensen på aktuell sträcka ansattes en fast sannolikhet för urspårning, rekommenderad i Göteborgs kommuns översiktsplan. Hänsyn tas till aktuella förutsättningar i form av godsflödet. Då hänsyn tas till de aktuella godsflödena anses de beräknade olycksfrekvenserna spegla sträckorna förhållandevis bra.

8.3 Sannolikhet och konsekvens för olycksscenarier

Då sannolikheten för de olika olycksscenarierna har bedömts har antaganden gjorts med stöd i olika studier och riktlinjer. Fokus har legat på att använda så aktuella referenser som möjligt samt att de ska anses representativa för rådande förhållanden på området. Varje antagande som görs bidrar dock med osäkerheter till analysen, men med bra underlag blir osäkerheterna mindre.

För att bedöma konsekvenserna användes riskavstånd framtaga av Länsstyrelsen i Skåne samt bedömningar i Hallands läns riktlinjer avseende andel omkomna vid olika scenarier och avstånd. Nyttjad data är framtagen med hjälp av väletablerade handberäkningsuttryck, datorprogram och statistiska simuleringar. Hänsyn har tagits till olika förhållanden i form av väder och utsläppsstorlekar m.m. Konsekvensen är dock väldigt beroende av vilket ämne som transporteras, vilken mängd och fas samt vart läckaget sker. Detta faktum medför att beroende på vilka antaganden som görs så kan det bli stor variation i utfallet. Då hänsyn har tagits till olika förhållanden vid framtagandet av nyttjad data och val av ämne har gjorts konservativt anses dock nyttjad data som representativa och väl fungerande för ändamålet.

9 SLUTSATS

Med den genomförda riskanalysen som grund anses skyddsåtgärder behöva vidtas för att risknivån skall anses som acceptabel med avseende på risk för farligt godsolyckor. Detta då både individrisken och grupprisken för området hamnar ovan DNV:s övre kriterie för delar av området närmast riskkällorna och därefter inom ALARP-zonen enligt DNV:s kriterier.

Riskenivån för kvarteret är hög befintligt med hänsyn till dess läge i förhållande till primära farligt godsleder. Ändrat nyttjande av befintlig bebyggelse från industri till kontor bedöms dock kunna göras, förutsatt att riskreducerande åtgärder vidtas. Utifrån riskbilden bedöms publik restaurangverksamhet kunna bedrivas på ett avstånd om minst 100 meter från E20.

Även utökad byggrätt i anslutning till befintlig bebyggelse bedöms möjlig, förutsatt att riskreducerande åtgärder vidtas.

10 REFERENSER

- [1] Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Länsstyrelsen Skåne. Stockholm och Västra Götalands län. September 2006
- [2] ADR-S, Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, 2013, MSB.
- [3] Vägtrafikflödeskartan Trafikverket (<http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>)
- [4] Räddningsverket Karlstad – Farligt gods – riskbedömning vid transport, 1996
- [5] Kartläggning av farligt godstransporter – september 2006, 2008, Räddningsverket.
- [6] Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, 2007, Länsstyrelsen i Skåne län.
- [7] Riskanalys av farligt gods i Hallands län, 2011, Länsstyrelsen i Hallands län.
- [8] Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, 1998, Fischer m.fl.
- [9] Översiktsplan för Göteborg – Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, 1999, Göteborgs stadsbyggnadskontor.
- [10] Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, 1993, Grant Purdy - Journal of Hazardous Materials.
- [11] Riskanalys av farligt gods transporter i Borlänge kommun – Ett underlag till rekommendationer i planprocessen, 2003, Thomas Carlsson, LTH.
- [12] Göteborgs stad – Trafikmängd på olika gator (Elektronisk)
- [13] SCB – Villa vanligaste boendeformen (Elektronisk)
- [14] Utpekad bristanalys Västra stambanan – Underlag till revidering av nationell plan 2018-2029, 2021, Trafikverket.
- [15] Konsekvensanalys av olika olycksscenarier av farligt gods på väg och järnväg – Nr 387:4, 1994, VTI.
- [16] Utpekad bristanalys Göteborg-Oslo – Underlag till revidering av nationell plan, 2021, Trafikverket.
- [17] Bantrafik 2020 (statistik 2021:23), 2021, Trafikanalys.

BILAGA A – BERÄKNING AV INDIVIDRISKEN

Denna bilaga redovisar de beräkningar och antaganden som har gjorts för att beräkna individrisken.

A.1 Olycksfrekvens

E20

Som behandlats i avsnitt 3.1 ansätts totalt 59 565 stycken farligt gods transporter som dimensionerande för aktuell sträcka av E20 år 2040.

Länsstyrelsen i Hallands län [7] har jämfört statistik och olika metoder för att beräkna olycksfrekvensen för farligt gods som transporteras med lastbil och kommit fram till att en olycksfrekvens på $4 \cdot 10^{-7}$ per farligt gods lastbilskm och år kan ansättas. Olycksfrekvensen är generell och baserad på nationell statistik, men hänsyn till aktuell sträcka tas genom att mängden farligt gods ger utslag på sannolikheten för att en olycka med farligt gods ska inträffa. Vägsträckan som kan antas ge skada på området ansätts till 500 meter och ger tillsammans med det bedömda antalet farligt godstransporter per år en olycksfrekvens på $1,19 \cdot 10^{-2}$ olyckor per år.

Västra stambanan

Utgångspunkten för att kunna bedöma frekvensen för farligt godsolycka på järnväg är att bedöma antalet godståg som passerar berört område per år. 35 483 stycken godståg antas passera området år 2040, enligt avsnitt 3.1.

Det finns fem huvudsakliga olyckstyper som kan ge upphov till påverkan på 3:e person:

- Urspårning
- Sammanstötning
- Brand
- Sabotage
- Plankorsningsolyckor

När det gäller farligt godsolyckor är de viktigaste typerna urspårning och sammanstötning. Sedan ATC-system (ett automatiskt system som stoppar tågen då de kör för fort eller kör mot rött) började tillämpas i tågtrafiken är sannolikheten för sammanstötning dock mycket låg och kan därför avskrivas från riskanalysen⁵. Urspårning kan ske till följd av en rad olika orsaker, så som växelfel, solkurva, rälsbrott, fordonsfel m.m.

Sannolikhet för urspårning

Enligt Göteborgs kommuns översiktsplan [9] kan en urspårningssannolikhet för ett normalgodståg på $6,7 \cdot 10^{-7}$ per tågkm förväntas, vilket baseras på underlag från VTI [15]. Denna urspårningssannolikhet nyttjas även i Hallands länsstyrelses riktlinjer [7].

Då aktuell tågsträcka som undersöks är 500 m och då antalet godståg per år har ansatts till 35 483 stycken ger det en urspårningsfrekvens på $1,19 \cdot 10^{-2}$.

Vidare anges i Göteborgs kommuns översiktsplan att 3,5 vagnar kan förväntas påverkas vid en urspårning, vilket även hänvisas till i Hallands Länsstyrelses riktlinjer [7] samt att andelen farligt godsvagnar är 5 %, vilket styrks genom statistik från Trafikanalys [17]. Därigenom kan den förväntade frekvensen för farligt godsolycka beräknas till $2,08 \cdot 10^{-3}$.

Norge/Vänerbanan

Den förväntade olycksfrekvensen för farligt godsolycka för Norge/Vänerbanan beräknas på samma sätt som för Västra stambanan fast med 15 340 godstransporter per år enligt avsnitt 3.1. Därigenom erhålls en förväntad olycksfrekvens för farligt godsolycka på $8,99 \cdot 10^{-4}$.

A.2 Beräkning av frekvens för olycksscenarioer

Då olycksfrekvensen för farligt godsolycka har bedömts är nästa steg att beräkna frekvensen för respektive olycksscenario.

De olycksscenarioer som utreds och deras följd effekter är följande:

1. Explosion till följd av olycka med massexplosiva och oxiderande ämnen
2. Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas
 - a. Jetflamma
 - b. BLEVE
 - c. UVCE
3. Utsläpp av kondenserad giftig gas som kan medföra förgiftning vid inandning.
4. Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor
 - a. Pölbrand med direkt antändning
 - b. Pölbrand med fördröjd antändning
5. Utsläpp av giftiga vätskor
6. Utsläpp av frätande vätska

A.2.1 E20**A.2.1.1 Explosion till följd av olycka med massexplosiva och oxiderande ämnen*****Klass 1.1: Massexplosiva ämnen***

För att beräkna sannolikheten för olycka med massexplosivt ämne behöver dels sannolikheten för kollision och avåkning, $1,19 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$, som leder till explosion och sannolikheten för att brand uppstår i fordonet vilket leder till explosion tas i beaktning. Sannolikheten för brand i lastbilen ansätts till $1 \cdot 10^{-7}$ per lastbilskm med farligt gods och år och det antas att explosion sker vid 1 % av fallen både vid sammanstötning eller avåkning och brand i lastbilen, baserat på data från Länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer [7].

Då statistiken inhämtad från nationell statistik inte anger underkategorier till klass 1 görs antagandet att 10 % av transportererna med explosiva ämnen och föremål utgörs av massexplosiva ämnen [7]. Baserat på detta antagande blir den totala andelen av farligt godstransporter med lastbil som utgörs av massexplosiva ämnen 0,009 %.

Följande beräkningsgång används för att ta fram den årliga frekvensen för explosion:

$$f_{ex}(\text{klass 1.1}) = f_{olycka} \cdot p_{me} \cdot p_d + f_{brand} \cdot N_{fg} \cdot s_v \cdot p_{me} \cdot p_d$$

f_{ex} = Frekvens för explosion (klass 1.1) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,19 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

p_{me} = Andel som transporterar massexplosiva ämnen (0,00009)

p_d = Sannolikhet för explosion (0,01)

f_{brand} = Brandfrekvens ($1,0 \cdot 10^{-7}$ farligt gods lastbilskm $^{-1}$ år $^{-1}$)

N_{fg} = Antalet farligt godstransporter under ett år (59 565)

s_v = Studerad vägsträcka (0,5 km)

Detta ger en förväntad frekvens på $1,39 \cdot 10^{-7}$.

Klass 5.1: Oxiderande ämnen

Explosion kan uppstå om oxiderande ämnen läcker ut och blandas med brännbara ämnen, vilket utgörs av lastbilens driv- och smörjmedel. Beräkningarna av den förväntade frekvensen för explosion till följd av olycka med oxiderande ämnen baseras på föreslagen beräkningsgång i Göteborgs kommuns översiktsplan [9]. Där anges att läckage kan antas uppstå i 10 % av olyckorna med oxiderande ämnen. För att en explosiv blandning ska uppstå ska fordonets bränsletank också skadas, vilket kan antas uppstå i 15 % av fallen. När en explosiv blandning har bildats är risken för antändning relativt stor och ansätts i beräkningarna till 50 %. Ovanstående beräkningsgång och antaganden används även i Hallands länsstyrelses riktlinjer [7], fast med ansatsen att antändning kan förväntas ske i 10 % av fallen. Aktuella beräkningar kan därmed förväntas ge konservativa resultat. Beräkningsgången blir som följer:

$$f_{ex(klass\ 5.1)} = f_{olycka} \cdot p_{ox} \cdot p_l \cdot p_{bl} \cdot p_{ant}$$

$f_{ex(klass\ 5.1)}$ = Frekvens för explosion (klass 5.1) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,19 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

p_{ox} = Andel som transporterar oxiderande ämnen (0,0065)

p_l = Sannolikhet för läckage (0,1)

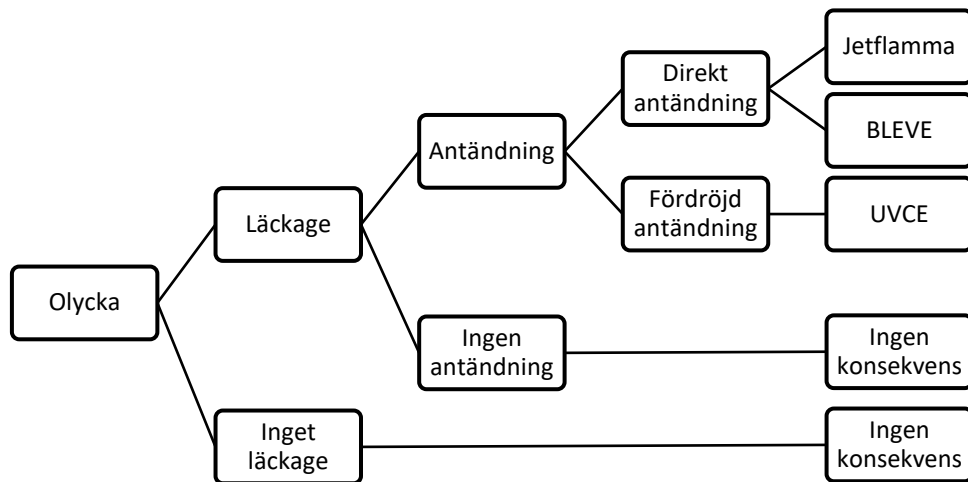
p_{bl} = Sannolikhet för bränsleläckage (0,15)

p_{ant} = Sannolikhet för antändning (0,5)

Detta ger en förväntad frekvens på $5,83 \cdot 10^{-7}$.

A.2.1.2 Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas

Ett utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas kan leda till ett flertal olika konsekvenser: jetflamma, BLEVE, UVCE, vilket Figur 21. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas. åskådliggör. De faktorer som har störst påverkan på konsekvensen är om läckage sker eller inte, om antändning sker eller inte och om antändningen sker direkt eller fördröjt.



Figur 21. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas.

Länsstyrelsen i Hallands län har tagit fram ett bedömningsunderlag för sannolikhet för läckage [7], baserat på en utredning genomförd av Räddningsverket. Där anges att sannolikheten för läckage givet olycka kan antas till 0,3 generellt. För att ta hänsyn till den brännbara gasen transporteras under tryck i tjockväggiga tankar rekommenderar dem att en reduceringsfaktor på 30 ansätts till den generella sannolikheten. Sannolikheten för läckage givet olycka med kondenserad brännbar gas blir genom denna bedömning 0,01.

I nämnda riktlinjer [7] har även en bedömning av fördelningen mellan konsekvenserna givet läckage gjorts, baserat på holländska riktlinjer för farligt gods och en utredning som genomfördes i samband med bebyggelseplanering i anslutning till farligt godsled i Helsingborg. Där anges följande sannolikheter givet läckage:

- Ingen antändning, 30 %
- Jetflamma, 19 %
- BLEVE, 1 %
- UVCE, 50 %

Beräkningsgången för den förväntade frekvensen av de olika konsekvenserna blir enligt följande:

$$f_k = f_{olycka} \cdot p_{l,t} \cdot p_{bg} \cdot p_k$$

f_k = Frekvens för undersökt konsekvens [år⁻¹]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,19 \cdot 10^{-2}$ år⁻¹)

$p_{l,t}$ = Sannolikhet för läckage på trycksatt tank (0,01)

p_{bg} = Sannolikhet för transport av brandfarlig gas (0,024)

p_k = Sannolikhet för konsekvens (0,19 / 0,01 / 0,5)

Frekvenserna blir genom denna beräkningsgång:

Jetflamma: $5,43 \cdot 10^{-7}$ år⁻¹

BLEVE: $2,86 \cdot 10^{-8}$ år⁻¹

UVCE: $1,43 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$

A.2.1.3 Utsläpp av kondenserad giftig gas

Vid olycka med kondenserad giftig gas behöver storleken på utsläppet tas i beaktning. Följande indelning av läckagestorlek görs i beräkningarna:

- Litet utsläpp (packningsläckage)
- Medelstort utsläpp (rörbrott)
- Stort utsläpp (punktering av tank)

Med stöd i länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer [7] görs antagandet om att ett litet utsläpp av kondenserad giftig gas inte kan ge upphov till dödsfall, varför dessa scenarier avskrivs från beräkningarna. Givet att läckage sker antas att litet utsläpp uppstå i 37,5 % av fallen vid vägtransport [5].

Då den kondenserade giftiga gasen på samma sätt som den brandfarliga gasen transporteras i tjockväggiga tankar antas en sannolikhet för läckage på 1 %.

$$f_{gg} = f_{olycka} \cdot p_{l,t} \cdot p_{gg} \cdot (1 - p_{lu})$$

f_{gg} = Frekvens för utsläpp av giftig gas [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,19 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

$p_{l,t}$ = Sannolikhet för läckage på trycksatt tank (0,01)

p_{gg} = Sannolikhet för transport av giftig gas (0,0001)

p_{lu} = Sannolikhet för litet utsläpp [0,375]

Detta ger en förväntad frekvens på $7,45 \cdot 10^{-9}$.

A.2.1.4 Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för läckage givet att olycka sker antas därför till 0,3 [7].

Utbredningen och därmed konsekvensen av en pölbrand styrs till stor del av om antändning sker direkt eller fördröjt. Vid direkt antändning har utbredningen inte hunnit bli så stor och konsekvenserna blir därmed mindre.

För att beräkna sannolikheten för utsläpp och antändning av brandfarlig vätska behöver sannolikheten för läckage givet olycka, antändning givet läckage och pölbrand givet antändning bedömas. Vidare behöver sannolikheten för direkt alternativt fördröjd antändning bedömas, vilket påverkar pölens utbredning. Givet att läckage sker antas sannolikheten för antändning vara 0,06, vilket är baserat på en statistisk analys genomförd i England [10]. Det antas att sannolikheten för direkt antändning är lika stor som för fördröjd, vilket är ett konservativt antagande då direkt antändning statistiskt sett är mer vanligt förekommande än fördröjd. Detta antagande ger en sannolikhet för fördröjd respektive direkt antändning på 0,03.

Sannolikheten för pölbrand givet antändning ansätts till 1, då det är det scenariot som kan ge upphov till konsekvenser utanför olyckans närområde.

Givet dessa antaganden kan den årliga frekvensen för pölbrand med direkt respektive fördröjd antändning beräknas genom:

$$f_{pb} = f_{olycka} \cdot p_{bv} \cdot p_{l,a} \cdot p_{ant} \cdot p_{pöl}$$

f_{pb} = Frekvens för pölbrand (direkt/fördröjd antändning) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,19 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

p_{bv} = Sannolikhet för transport av brandfarlig vätska (0,4395)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

p_{ant} = Sannolikhet för direkt alternativt fördröjd antändning (0,03)

$p_{pöl}$ = Sannolikhet för pölbrand (1,0)

Vilket ger en förväntad frekvens för pölbrand med direkt respektive fördröjd antändning på $4,71 \cdot 10^{-5} \text{ år}^{-1}$ vardera.

A.2.1.5 Utsläpp av giftiga vätskor

För utsläpp av giftiga vätskor behöver både olyckor med klass 3 och 6 beaktas, då ämnen i klass 3 (brandfarlig vätska) även kan vara toxiska.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Antagandet görs att 1 % av de brandfarliga vätskorna även är toxiska. Den förväntade frekvensen för utsläpp av ämnen i klass 3 med toxiska egenskaper kan därmed beräknas genom:

$$f_{gv(klass\ 3)} = f_{olycka} \cdot p_{bv} \cdot p_{tox} \cdot p_{l,a}$$

$f_{gv(klass\ 3)}$ = Frekvens för utsläpp av giftiga vätskor (klass 3) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,19 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

p_{bv} = Sannolikhet för transport av brandfarlig vätska (0,4395)

p_{tox} = Sannolikhet för att ämnen i klass 3 har toxiska egenskaper (0,01)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

Vilket ger en förväntad frekvens på $1,57 \cdot 10^{-5} \text{ år}^{-1}$.

Klass 6: Giftiga vätskor

Giftiga vätskor transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för läckage givet att olycka sker ansätts därmed till 0,3 [7]. Det konservativa antagandet görs att alla transporter av giftiga ämnen och smittförande ämnen utgörs av giftiga vätskor. Då olycksfrekvensen för området är beräknad och andelen transporter med giftiga vätskor är bedömd kan den förväntade frekvensen beräknas genom:

$$f_{gv(klass\ 6)} = f_{olycka} \cdot p_{gv} \cdot p_{l,a}$$

$f_{gv(klass\ 6)}$ = Frekvens för utsläpp av giftiga vätskor (klass 6) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($1,19 \cdot 10^{-2} \text{ år}^{-1}$)

p_{gv} = Sannolikhet för transport av giftiga vätskor (0,003)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

Den förväntade frekvensen för utsläpp av giftiga vätskor blir $4,28 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$.

A.2.1.6 Utsläpp av frätande vätska

Den förväntade frekvensen för utsläpp av frätande vätska beräknas på samma sätt som för utsläpp av giftiga vätskor. Frekvensen för utsläpp av frätande vätska blir därigenom $5,52 \cdot 10^{-4} \text{ år}^{-1}$.

A.2.1.7 Sammanställning av de förväntade olycksfrekvenserna

I Tabell 21 presenteras en sammanställning av de beräknade frekvenserna för respektive olycksscenario.

Tabell 21. Beräknade olycksfrekvenser för respektive scenario.

Olycksscenario	Frekvens [år^{-1}]
Explosion (klass 1.1)	1,39E-7
Explosion (klass 5.1)	5,83E-07
Jetflamma	5,43E-07
BLEVE	2,86E-08
UVCE	1,43E-06
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05
Utsläpp av frätande vätska	5,52E-04

A.2.2 Västra stambanan

A.2.2.1 Explosion till följd av olycka med massexplosiva och oxiderande ämnen

Klass 1.1: Massexplosiva ämnen

För att beräkna den förväntade frekvensen för explosion med massexplosiva ämnen behöver frekvensen för explosion till följd av urspårning och explosion till följd av brand på tåget beräknas.

Urspårningsfrekvensen med farligt gods har beräknats till $2,08 \cdot 10^{-3} \text{ år}^{-1}$. Därtill behöver hänsyn tas till andelen vagnar som är lastade med massexplosiva ämnen (0,001). I Göteborgs kommuns översiktsplan [9] anges sannolikheten för explosion vid urspårning till 0,0296.

I Göteborgs kommuns översiktsplan [9] anges sannolikheten för explosion med massexplosiva ämnen till följd av brand på tåget till $1,7 \cdot 10^{-10}$ per tågkm. Sträckan som studeras är 0,5 km, 35 483 godstransporter förväntas per år och andelen transporter med massexplosiva ämnen är 0,0001.

Även Hallands länsstyrelses riktlinjer [7] refererar till Göteborgs kommuns översiktsplan [9] avseende sannolikhet för olycka med massexplosiva ämnen.

Total frekvens för explosion med massexplosiva ämnen beräknas därigenom till $6,3 \cdot 10^{-8}$.

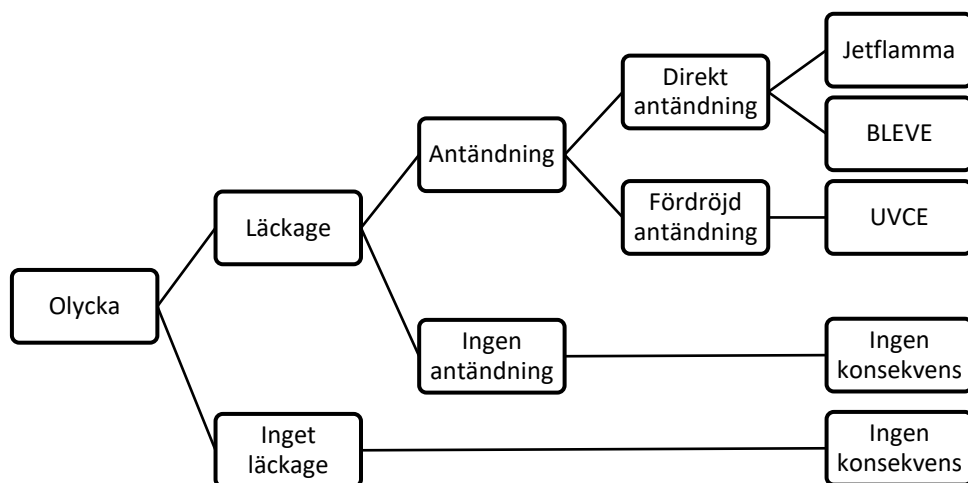
Klass 5.1: Oxiderande ämnen

I Göteborgs kommuns översiktsplan [9] anges en sannolikhet för explosion med oxiderande ämnen på $2,0 \cdot 10^{-11}$ per år och vagn med klass 5 för en typbebyggelse på 2 km. Denna sannolikhet nyttjas även i Hallands länsstyrelses riktlinjer [7]. Då den studerade sträckan är 0,5 km medför det en faktor på 0,25. Andelen transporter med oxiderande ämnen är 7,65 % och antalet godstransporter 35 483.

Detta ger en förväntad frekvens på $1,34 \cdot 10^{-8}$.

A.2.2.2 Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas

Ett utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas kan leda till ett flertal olika konsekvenser: jetflamma, BLEVE, UVCE, vilket Figur 21. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas. Åskådliggör. De faktorer som har störst påverkan på konsekvensen är om läckage sker eller inte, om antändning sker eller inte och om antändningen sker direkt eller fördröjt.



Figur 22. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas.

Länsstyrelsen i Hallands län har tagit fram ett bedömningsunderlag för sannolikhet för läckage [7], baserat på en utredning genomförd av Räddningsverket. Där anges att sannolikheten för läckage givet olycka kan antas till 0,3 generellt. För att ta hänsyn till den brännbara gasen transporteras under tryck i tjockväggiga tankar rekommenderar dem att en reduceringsfaktor på 30 ansätts till den generella sannolikheten. Sannolikheten för läckage givet olycka med kondenserad brännbar gas blir genom denna bedömning 0,01.

I nämnda riktlinjer [7] har även en bedömning av fördelningen mellan konsekvenserna givet läckage gjorts, baserat på holländska riktlinjer för farligt gods och en utredning som genomfördes i samband med bebyggelseplanering i anslutning till farligt godsled i Helsingborg. Där anges följande sannolikheter givet läckage:

- Ingen antändning, 30 %

- Jetflamma, 19 %
- BLEVE, 1 %
- UVCE, 50 %

Beräkningsgången för den förväntade frekvensen av de olika konsekvenserna blir enligt följande:

$$f_k = f_{olycka} \cdot p_{l,t} \cdot p_{bg} \cdot p_k$$

f_k = Frekvens för undersökt konsekvens [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($2,08 \cdot 10^{-3}$)

$p_{l,t}$ = Sannolikhet för läckage på trycksatt tank (0,01)

p_{bg} = Sannolikhet för transport av brandfarlig gas (0,34)

p_k = Sannolikhet för konsekvens (0,19 / 0,01 / 0,5)

Frekvenserna blir genom denna beräkningsgång:

Jetflamma: $1,35 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$

BLEVE: $7,12 \cdot 10^{-8} \text{ år}^{-1}$

UVCE: $3,56 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$

A.2.2.3 Utsläpp av kondenserad giftig gas

Vid olycka med kondenserad giftig gas behöver storleken på utsläppet tas i beaktning. Följande indelning av läckagestorlek görs i beräkningarna:

- Litet utsläpp (packningsläckage)
- Medelstort utsläpp (rörbrott)
- Stort utsläpp (punktering av tank)

Med stöd i länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer [7] görs antagandet om att ett litet utsläpp av kondenserad giftig gas inte kan ge upphov till dödsfall, varför dessa scenarier avskrivs från beräkningarna. Givet att läckage sker antas att litet utsläpp uppstår i 62,5 % av fallen vid järnvägstransport [1] [4].

Då den kondenserade giftiga gasen på samma sätt som den brandfarliga gasen transporteras i tjockväggiga tankar antas en sannolikhet för läckage på 1 %.

$$f_{gg} = f_{olycka} \cdot p_{l,t} \cdot p_{gg} \cdot (1 - p_{lu})$$

f_{gg} = Frekvens för utsläpp av giftig gas [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($2,08 \cdot 10^{-3} \text{ år}^{-1}$)

$p_{l,t}$ = Sannolikhet för läckage på trycksatt tank (0,01)

p_{gg} = Sannolikhet för transport av giftig gas (0,012)

p_{lu} = Sannolikhet för litet utsläpp [0,625]

Detta ger en förväntad frekvens på $8,98 \cdot 10^{-8}$.

A.2.2.4 Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för läckage givet att olycka sker antas därför till 0,3 [7].

Utbredningen och därmed konsekvensen av en pölbrand styrs till stor del av om antändning sker direkt eller fördröjt. Vid direkt antändning har utbredningen inte hunnit bli så stor och konsekvenserna blir därmed mindre.

För att beräkna sannolikheten för utsläpp och antändning av brandfarlig vätska behöver sannolikheten för läckage givet olycka, antändning givet läckage och pölbrand givet antändning bedömas. Vidare behöver sannolikheten för direkt alternativt fördröjd antändning bedömas, vilket påverkar pölens utbredning. Givet att läckage sker antas sannolikheten för antändning vara 0,06, vilket är baserat på en statistisk analys genomförd i England [10]. Det antas att sannolikheten för direkt antändning är lika stor som för fördröjd, vilket är ett konservativt antagande då direkt antändning statistiskt sett är mer vanligt förekommande än fördröjd. Detta antagande ger en sannolikhet för fördröjd respektive direkt antändning på 0,03.

Sannolikheten för pölbrand givet antändning ansätts till 1, då det är det scenariot som kan ge upphov till konsekvenser utanför olyckans närområde.

Givet dessa antaganden kan den årliga frekvensen för pölbrand med direkt respektive fördröjd antändning beräknas genom:

$$f_{pb} = f_{olycka} \cdot p_{bv} \cdot p_{l,a} \cdot p_{ant} \cdot p_{pöl}$$

$$f_{pb} = \text{Frekvens för pölbrand (direkt/fördröjd antändning)} \text{ [år}^{-1}\text{]}$$

$$f_{olycka} = \text{Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området (2,08 \cdot 10^{-3} \text{ år}^{-1})}$$

$$p_{bv} = \text{Sannolikhet för transport av brandfarlig vätska (0,4294)}$$

$$p_{l,a} = \text{Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)}$$

$$p_{ant} = \text{Sannolikhet för direkt alternativt fördröjd antändning (0,03)}$$

$$p_{pöl} = \text{Sannolikhet för pölbrand (1,0)}$$

Vilket ger en förväntad frekvens för pölbrand med direkt respektive fördröjd antändning på $8,04 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$ vardera.

A.2.2.5 Utsläpp av giftiga vätskor

För utsläpp av giftiga vätskor behöver både olyckor med klass 3 och 6 beaktas, då ämnen i klass 3 (brandfarlig vätska) även kan vara toxiska.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Antagandet görs att 1 % av de brandfarliga vätskorna även är toxiska. Den förväntade frekvensen för utsläpp av ämnen i klass 3 med toxiska egenskaper kan därmed beräknas genom:

$$f_{gv(klass\ 3)} = f_{olycka} \cdot p_{bv} \cdot p_{tox} \cdot p_{l,a}$$

$$f_{gv(klass\ 3)} = \text{Frekvens för utsläpp av giftiga vätskor (klass 3) [år}^{-1}\text{]}$$

$$f_{olycka} = \text{Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området (2,08 \cdot 10^{-3} \text{ år}^{-1})}$$

$$p_{bv} = \text{Sannolikhet för transport av brandfarlig vätska (0,4294)}$$

$$p_{tox} = \text{Sannolikhet för att ämnen i klass 3 har toxiska egenskaper (0,01)}$$

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

Vilket ger en förväntad frekvens på $2,68 \cdot 10^{-6}$ år⁻¹.

Klass 6: Gifftiga vätskor

Gifftiga vätskor transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för läckage givet att olycka sker ansätts därmed till 0,3 [7]. Det konservativa antagandet görs att alla transporter av giftiga ämnen och smittförande ämnen utgörs av giftiga vätskor. Då olycksfrekvensen för området är beräknad och andelen transporter med giftiga vätskor är bedömd kan den förväntade frekvensen beräknas genom:

$$f_{gv}(\text{klass 6}) = f_{olycka} \cdot p_{gv} \cdot p_{l,a}$$

$f_{gv}(\text{klass 6})$ = Frekvens för utsläpp av giftiga vätskor (klass 6) [år⁻¹]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($2,08 \cdot 10^{-3}$ år⁻¹)

p_{gv} = Sannolikhet för transport av giftiga vätskor (0,0076)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

Den förväntade frekvensen för utsläpp av giftiga vätskor blir $4,72 \cdot 10^{-6}$ år⁻¹.

A.2.2.6 Utsläpp av frätande vätska

Den förväntade frekvensen för utsläpp av frätande vätska beräknas på samma sätt som för utsläpp av giftiga vätskor. Frekvensen för utsläpp av frätande vätska blir därigenom $3,5 \cdot 10^{-5}$ år⁻¹.

A.2.2.7 Sammanställning av de förväntade olycksfrekvenserna

I Tabell 21 presenteras en sammanställning av de beräknade frekvenserna för respektive olycksscenario.

Tabell 22. Beräknade olycksfrekvenser för respektive scenario.

Olycksscenario	Frekvens [år ⁻¹]
Explosion (klass 1.1)	6,30E-8
Explosion (klass 5.1)	1,34E-08
Jetflamma	1,35E-06
BLEVE	7,12E-08
UVCE	3,56E-06
Utsläpp av giftig gas	8,98E-08
Pölbrand (direkt antändning)	8,04E-06
Pölbrand (fördröjd antändning)	8,04E-06
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	2,68E-06

Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	4,72E-06
Utsläpp av frätande vätska	3,49E-05

A.2.3 Norge/Vänerbanan

A.2.3.1 Explosion till följd av olycka med massexplosiva och oxiderande ämnen

Klass 1.1: Massexplosiva ämnen

Då data enligt avsnitt 3.2.3 visar att inga transporter av massexplosiva ämnen (klass 1.1) kan förväntas på Norge/Vänerbanan avskrivs detta scenario.

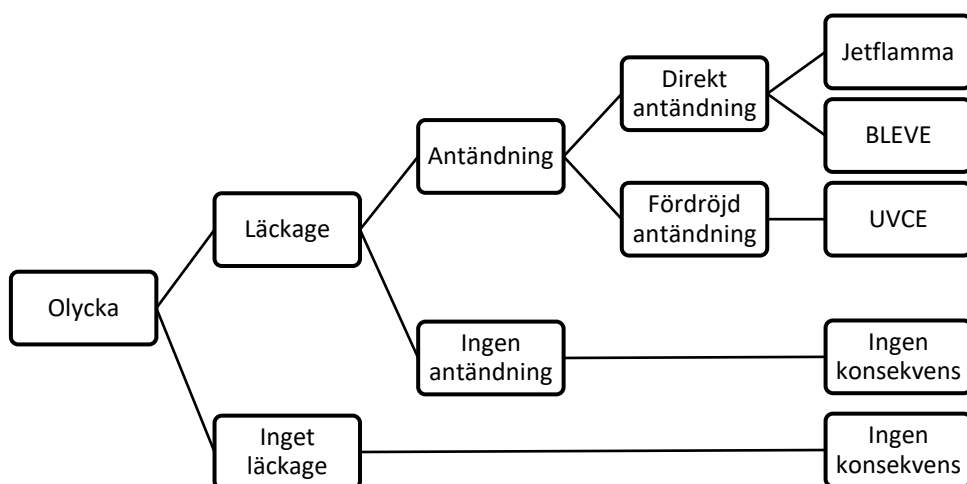
Klass 5.1: Oxiderande ämnen

I Göteborgs kommuns översiktsplan [9] anges en sannolikhet för explosion med oxiderande ämnen på $2,0 \cdot 10^{-11}$ per år och vagn med klass 5 för en typbebyggelse på 2 km. Denna sannolikhet nyttjas även i Hallands länsstyrelses riktlinjer [7]. Då den studerade sträckan är 0,5 km medför det en faktor på 0,25. Andelen transporter med oxiderande ämnen är 12,12 % och antalet godstransporter 15 340.

Detta ger en förväntad frekvens på $9,30 \cdot 10^{-9}$.

A.2.3.2 Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas

Ett utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas kan leda till ett flertal olika konsekvenser: jetflamma, BLEVE, UVCE, vilket Figur 21. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas. Åskådliggör. De faktorer som har störst påverkan på konsekvensen är om läckage sker eller inte, om antändning sker eller inte och om antändningen sker direkt eller fördröjt.



Figur 23. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas.

Länsstyrelsen i Hallands län har tagit fram ett bedömningsunderlag för sannolikhet för läckage [7], baserat på en utredning genomförd av Räddningsverket. Där anges att sannolikheten för läckage givet olycka kan antas till 0,3 generellt. För att ta hänsyn till den brännbara gasen transporteras under tryck i tjockväggiga tankar rekommenderar dem att

en reduceringsfaktor på 30 ansätts till den generella sannolikheten. Sannolikheten för läckage givet olycka med kondenserad brännbar gas blir genom denna bedömning 0,01.

I nämnda riktlinjer [7] har även en bedömning av fördelningen mellan konsekvenserna givet läckage gjorts, baserat på holländska riktlinjer för farligt gods och en utredning som genomfördes i samband med bebyggelseplanering i anslutning till farligt godsled i Helsingborg. Där anges följande sannolikheter givet läckage:

- Ingen antändning, 30 %
- Jetflamma, 19 %
- BLEVE, 1 %
- UVCE, 50 %

Beräkningsgången för den förväntade frekvensen av de olika konsekvenserna blir enligt följande:

$$f_k = f_{olycka} \cdot p_{l,t} \cdot p_{bg} \cdot p_k$$

f_k = Frekvens för undersökt konsekvens [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($8,99 \cdot 10^{-4}$)

$p_{l,t}$ = Sannolikhet för läckage på trycksatt tank (0,01)

p_{bg} = Sannolikhet för transport av brandfarlig gas (0,1113)

p_k = Sannolikhet för konsekvens (0,19 / 0,01 / 0,5)

Frekvenserna blir genom denna beräkningsgång:

Jetflamma: $1,90 \cdot 10^{-7} \text{ år}^{-1}$

BLEVE: $1,00 \cdot 10^{-8} \text{ år}^{-1}$

UVCE: $5,00 \cdot 10^{-7} \text{ år}^{-1}$

A.2.3.3 Utsläpp av kondenserad giftig gas

Vid olycka med kondenserad giftig gas behöver storleken på utsläppet tas i beaktning. Följande indelning av läckagestorlek görs i beräkningarna:

- Litet utsläpp (packningsläckage)
- Medelstort utsläpp (rörbrott)
- Stort utsläpp (punktering av tank)

Med stöd i länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer [7] görs antagandet om att ett litet utsläpp av kondenserad giftig gas inte kan ge upphov till dödsfall, varför dessa scenarier avskrivs från beräkningarna. Givet att läckage sker antas att litet utsläpp uppstår i 62,5 % av fallen vid järnvägstransport [1] [4].

Då den kondenserade giftiga gasen på samma sätt som den brandfarliga gasen transporteras i tjockväggiga tankar antas en sannolikhet för läckage på 1 %.

$$f_{gg} = f_{olycka} \cdot p_{l,t} \cdot p_{gg} \cdot (1 - p_{lu})$$

f_{gg} = Frekvens för utsläpp av giftig gas [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($8,99 \cdot 10^{-4} \text{ år}^{-1}$)

$p_{l,t}$ = Sannolikhet för läckage på trycksatt tank (0,01)

p_{gg} = Sannolikhet för transport av giftig gas (0,0372)

p_{lu} = Sannolikhet för litet utsläpp [0,625]

Detta ger en förväntad frekvens på $1,25 \cdot 10^{-7}$.

A.2.3.4 Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för läckage givet att olycka sker antas därför till 0,3 [7].

Utbredningen och därmed konsekvensen av en pölbrand styrs till stor del av om antändning sker direkt eller fördröjt. Vid direkt antändning har utbredningen inte hunnit bli så stor och konsekvenserna blir därmed mindre.

För att beräkna sannolikheten för utsläpp och antändning av brandfarlig vätska behöver sannolikheten för läckage givet olycka, antändning givet läckage och pölbrand givet antändning bedömas. Vidare behöver sannolikheten för direkt alternativt fördröjd antändning bedömas, vilket påverkar pölens utbredning. Givet att läckage sker antas sannolikheten för antändning vara 0,06, vilket är baserat på en statistisk analys genomförd i England [10]. Det antas att sannolikheten för direkt antändning är lika stor som för fördröjd, vilket är ett konservativt antagande då direkt antändning statistiskt sett är mer vanligt förekommande än fördröjd. Detta antagande ger en sannolikhet för fördröjd respektive direkt antändning på 0,03.

Sannolikheten för pölbrand givet antändning ansätts till 1, då det är det scenariot som kan ge upphov till konsekvenser utanför olyckans närområde.

Givet dessa antaganden kan den årliga frekvensen för pölbrand med direkt respektive fördröjd antändning beräknas genom:

$$f_{pb} = f_{olycka} \cdot p_{bv} \cdot p_{l,a} \cdot p_{ant} \cdot p_{pöl}$$

f_{pb} = Frekvens för pölbrand (direkt/fördröjd antändning) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($8,99 \cdot 10^{-4} \text{år}^{-1}$)

p_{bv} = Sannolikhet för transport av brandfarlig vätska (0,5394)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

p_{ant} = Sannolikhet för direkt alternativt fördröjd antändning (0,03)

$p_{pöl}$ = Sannolikhet för pölbrand (1,0)

Vilket ger en förväntad frekvens för pölbrand med direkt respektive fördröjd antändning på $4,36 \cdot 10^{-6} \text{år}^{-1}$ vardera.

A.2.3.5 Utsläpp av giftiga vätskor

För utsläpp av giftiga vätskor behöver både olyckor med klass 3 och 6 beaktas, då ämnen i klass 3 (brandfarlig vätska) även kan vara toxiska.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Antagandet görs att 1 % av de brandfarliga vätskorna även är toxiska. Den förväntade frekvensen för utsläpp av ämnen i klass 3 med toxiska egenskaper kan därmed beräknas genom:

$$f_{gv(klass\ 3)} = f_{olycka} \cdot p_{bv} \cdot p_{tox} \cdot p_{l,a}$$

$f_{gv(klass\ 3)}$ = Frekvens för utsläpp av giftiga vätskor (klass 3) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($8,99 \cdot 10^{-4} \text{ år}^{-1}$)

p_{bv} = Sannolikhet för transport av brandfarlig vätska (0,5394)

p_{tox} = Sannolikhet för att ämnen i klass 3 har toxiska egenskaper (0,01)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

Vilket ger en förväntad frekvens på $1,45 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$.

Klass 6: Gifftiga vätskor

Gifftiga vätskor transporteras i tunnväggiga tankar och sannolikheten för läckage givet att olycka sker ansätts därmed till 0,3 [7]. Det konservativa antagandet görs att alla transporter av giftiga ämnen och smittförande ämnen utgörs av giftiga vätskor. Då olycksfrekvensen för området är beräknad och andelen transporter med giftiga vätskor är bedömd kan den förväntade frekvensen beräknas genom:

$$f_{gv}(\text{klass 6}) = f_{olycka} \cdot p_{gv} \cdot p_{l,a}$$

$f_{gv}(\text{klass 6})$ = Frekvens för utsläpp av giftiga vätskor (klass 6) [år^{-1}]

f_{olycka} = Olycksfrekvens med farligt gods i anslutning till området ($8,99 \cdot 10^{-4} \text{ år}^{-1}$)

p_{gv} = Sannolikhet för transport av giftiga vätskor (0,0131)

$p_{l,a}$ = Sannolikhet för läckage vid atmosfäriska tankar (0,3)

Den förväntade frekvensen för utsläpp av giftiga vätskor blir $3,53 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}$.

A.2.3.6 Utsläpp av frätande vätska

Den förväntade frekvensen för utsläpp av frätande vätska beräknas på samma sätt som för utsläpp av giftiga vätskor. Frekvensen för utsläpp av frätande vätska blir därigenom $2,72 \cdot 10^{-5} \text{ år}^{-1}$.

A.2.3.7 Sammanställning av de förväntade olycksfrekvenserna

I Tabell 21 presenteras en sammanställning av de beräknade frekvenserna för respektive olycksscenario.

Tabell 23. Beräknade olycksfrekvenser för respektive scenario.

Olycksscenario	Frekvens [år^{-1}]
Explosion (klass 1.1)	-
Explosion (klass 5.1)	9,30E-09
Jetflamma	1,90E-07
BLEVE	1,00E-08
UVCE	5,00E-07
Utsläpp av giftig gas	1,25E-07
Pölbrand (direkt antändning)	4,36E-06

Pölbrand (fördröjd antändning)	4,36E-06
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,45E-06
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	3,53E-06
Utsläpp av frätande vätska	2,72E-05

A.3 Beräkning av individrisk

Då olycksfrekvenserna har beräknats för respektive scenario kan individrisken beräknas genom ekvationen (se även avsnitt 0):

$$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v} \cdot \frac{15}{360}$$

f är den beräknade olycksfrekvensen [år^{-1}] för respektive scenario, vilket redovisas i Tabell 21.

r är riskavståndet [m] för respektive scenario, vilket redovisas i Tabell 8. Dimensionerande riskavstånd för respektive olycksscenario.

a är det undersökta avståndet från olyckan [m]. Beräkningar görs per tio meter, från 0 meter upp till 150 meter.

s_v är vägsträckan som har använts för beräkning av olycksfrekvensen [m]. 500 meter enligt avsnitt 2.1.

Kvoten $\frac{15}{360}$ används för att ta hänsyn till olyckans spridningsriktning, där spridningszonen delas upp i delar om 15° . Vid explosion, BLEVE och pölbrand sker påverkan i samtliga riktningar och formeln som används vid beräkandet av individrisken i de fallen blir därmed:

$$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{s_v}$$

Individrisken för varje scenario beräknas först och sedan summeras risken till en total individrisk, se Tabell 24. Beräknad individrisk på olika avstånd från E20. De olika scenarierna numreras i tabellen enligt följande:

1. Explosion (klass 1.1)
2. Explosion (klass 5.1)
3. Jetflamma
4. BLEVE
5. UVCE
6. Utsläpp av giftig gas
7. Pölbrand (direkt antändning)
8. Pölbrand (fördröjd antändning)
9. Utsläpp av giftig vätska (klass 3)
10. Utsläpp av giftig vätska (klass 6)
11. Utsläpp av frätande vätska

Vid beräkning av individrisk tas inte hänsyn till det skydd som byggnader m.m. kan ge.

Tabell 24. Beräknad individrisk på olika avstånd från E20.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	5,83E-08	2,45E-07	2,26E-09	3,54E-08	5,95E-09	1,86E-10	3,77E-06	9,42E-06	2,75E-07	7,30E-08	1,38E-06	1,53E-05
10	5,80E-08	2,44E-07	2,07E-09	3,54E-08	5,45E-09	1,86E-10	3,26E-06	9,23E-06	2,74E-07	7,07E-08	1,03E-06	1,42E-05
20	5,72E-08	2,40E-07	1,36E-09	3,53E-08	3,57E-09	1,84E-10	0	8,64E-06	2,70E-07	6,32E-08	0	9,31E-06
30	5,59E-08	2,35E-07	0	3,52E-08	0	1,82E-10	0	7,54E-06	2,63E-07	4,83E-08	0	8,18E-06
40	5,39E-08	2,26E-07	0	3,51E-08	0	1,79E-10	0	5,65E-06	2,54E-07	0	0	6,22E-06
50	5,13E-08	2,15E-07	0	3,50E-08	0	1,75E-10	0	0	2,42E-07	0	0	5,43E-07
60	4,79E-08	2,01E-07	0	3,47E-08	0	1,71E-10	0	0	2,26E-07	0	0	5,09E-07
70	4,35E-08	1,83E-07	0	3,45E-08	0	1,65E-10	0	0	2,05E-07	0	0	4,66E-07
80	3,78E-08	1,59E-07	0	3,42E-08	0	1,57E-10	0	0	1,78E-07	0	0	4,09E-07
90	3,00E-08	1,26E-07	0	3,39E-08	0	1,49E-10	0	0	1,42E-07	0	0	3,32E-07
100	1,78E-08	7,47E-08	0	3,35E-08	0	1,39E-10	0	0	8,38E-08	0	0	2,10E-07
110	0	0	0	3,31E-08	0	1,27E-10	0	0	0	0	0	3,32E-08
120	0	0	0	3,27E-08	0	1,12E-10	0	0	0	0	0	3,28E-08
130	0	0	0	3,22E-08	0	9,29E-11	0	0	0	0	0	3,22E-08
140	0	0	0	3,16E-08	0	6,68E-11	0	0	0	0	0	3,17E-08
150	0	0	0	3,10E-08	0	0	0	0	0	0	0	3,10E-08

Tabell 25. Beräknad individrisk på olika avstånd från Västra stambanan.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	2,65E-08	5,64E-09	5,64E-09	8,83E-08	1,48E-08	2,25E-09	6,43E-07	1,61E-06	4,69E-08	3,15E-08	8,73E-08	2,56E-06
10	2,63E-08	5,61E-09	5,16E-09	8,82E-08	1,36E-08	2,24E-09	5,57E-07	1,58E-06	4,67E-08	3,05E-08	6,50E-08	2,42E-06
20	2,60E-08	5,54E-09	3,38E-09	8,81E-08	8,90E-09	2,23E-09	0	1,47E-06	4,60E-08	2,73E-08	0	1,68E-06
30	2,54E-08	5,40E-09	0	8,78E-08	0	2,20E-09	0	1,29E-06	4,49E-08	2,08E-08	0	1,47E-06
40	2,45E-08	5,21E-09	0	8,75E-08	0	2,16E-09	0	9,65E-07	4,34E-08	0	0	1,13E-06
50	2,33E-08	4,96E-09	0	8,71E-08	0	2,12E-09	0	0	4,12E-08	0	0	1,59E-07
60	2,17E-08	4,63E-09	0	8,66E-08	0	2,06E-09	0	0	3,85E-08	0	0	1,53E-07
70	1,97E-08	4,20E-09	0	8,60E-08	0	1,99E-09	0	0	3,50E-08	0	0	1,47E-07

80	1,71E-08	3,65E-09	0	8,53E-08	0	1,90E-09	0	0	3,04E-08	0	0	1,38E-07
90	1,36E-08	2,90E-09	0	8,45E-08	0	1,80E-09	0	0	2,42E-08	0	0	1,27E-07
100	8,07E-09	1,72E-09	0	8,35E-08	0	1,67E-09	0	0	1,43E-08	0	0	1,09E-07
110	0	0	0	8,25E-08	0	1,53E-09	0	0	0	0	0	8,40E-08
120	0	0	0	8,14E-08	0	1,35E-09	0	0	0	0	0	8,27E-08
130	0	0	0	8,01E-08	0	1,12E-09	0	0	0	0	0	8,12E-08
140	0	0	0	7,87E-08	0	8,06E-10	0	0	0	0	0	7,96E-08
150	0	0	0	7,72E-08	0	0	0	0	0	0	0	7,72E-08

Tabell 26. Beräknad individrisk på olika avstånd från Norge/Vänerbanan.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	0	3,90E-09	7,92E-10	1,24E-08	2,08E-09	3,14E-09	3,49E-07	8,73E-07	2,55E-08	2,36E-08	6,79E-08	1,36E-06
10	0	3,89E-09	7,26E-10	1,24E-08	1,91E-09	3,13E-09	3,02E-07	8,55E-07	2,53E-08	2,28E-08	5,06E-08	1,28E-06
20	0	3,83E-09	4,75E-10	1,24E-08	1,25E-09	3,11E-09	0	8,00E-07	2,50E-08	2,04E-08	0	8,66E-07
30	0	3,74E-09	0	1,23E-08	0	3,07E-09	0	6,98E-07	2,44E-08	1,56E-08	0	7,57E-07
40	0	3,61E-09	0	1,23E-08	0	3,02E-09	0	5,24E-07	2,35E-08	0	0	5,66E-07
50	0	3,43E-09	0	1,22E-08	0	2,96E-09	0	0	2,24E-08	0	0	4,10E-08
60	0	3,20E-09	0	1,22E-08	0	2,87E-09	0	0	2,09E-08	0	0	3,91E-08
70	0	2,91E-09	0	1,21E-08	0	2,77E-09	0	0	1,90E-08	0	0	3,67E-08
80	0	2,53E-09	0	1,20E-08	0	2,65E-09	0	0	1,65E-08	0	0	3,37E-08
90	0	2,01E-09	0	1,19E-08	0	2,51E-09	0	0	1,31E-08	0	0	2,95E-08
100	0	1,19E-09	0	1,17E-08	0	2,34E-09	0	0	7,76E-09	0	0	2,30E-08
110	0	0	0	1,16E-08	0	2,13E-09	0	0	0	0	0	1,37E-08
120	0	0	0	1,14E-08	0	1,88E-09	0	0	0	0	0	1,33E-08
130	0	0	0	1,13E-08	0	1,56E-09	0	0	0	0	0	1,28E-08
140	0	0	0	1,11E-08	0	1,13E-09	0	0	0	0	0	1,22E-08
150	0	0	0	1,09E-08	0	0	0	0	0	0	0	1,09E-08

Tabell 27. Beräknad ackumulerad individrisk för samtliga riskkällor på olika avstånd från E20.

s [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	IR _{tot}
0	8,00E-08	2,52E-07	2,26E-09	1,34E-07	5,95E-09	4,75E-09	3,77E-06	9,42E-06	3,26E-07	7,30E-08	1,38E-06	1,55E-05
10	5,80E-08	2,49E-07	2,07E-09	1,33E-07	5,45E-09	4,51E-09	3,26E-06	9,23E-06	2,81E-07	7,07E-08	1,03E-06	1,43E-05
20	7,44E-08	2,44E-07	1,36E-09	1,32E-07	3,57E-09	4,22E-09	0	8,64E-06	3,00E-07	6,32E-08	0	9,46E-06
30	5,59E-08	2,38E-07	0	1,31E-07	0	3,86E-09	0	7,54E-06	2,63E-07	4,83E-08	0	8,28E-06
40	6,20E-08	2,28E-07	0	1,30E-07	0	3,42E-09	0	5,65E-06	2,68E-07	0	0	6,35E-06
50	5,13E-08	2,15E-07	0	1,29E-07	0	2,83E-09	0	0	2,42E-07	0	0	6,40E-07
60	4,79E-08	2,01E-07	0	1,27E-07	0	1,52E-09	0	0	2,26E-07	0	0	6,03E-07
70	4,35E-08	1,83E-07	0	1,15E-07	0	1,28E-09	0	0	2,05E-07	0	0	5,47E-07
80	3,78E-08	1,59E-07	0	1,13E-07	0	9,64E-10	0	0	1,78E-07	0	0	4,88E-07
90	3,00E-08	1,26E-07	0	1,11E-07	0	1,49E-10	0	0	1,42E-07	0	0	4,09E-07
100	1,78E-08	7,47E-08	0	3,35E-08	0	1,39E-10	0	0	8,38E-08	0	0	2,10E-07
110	0	0	0	3,31E-08	0	1,27E-10	0	0	0	0	0	3,32E-08
120	0	0	0	3,27E-08	0	1,12E-10	0	0	0	0	0	3,28E-08
130	0	0	0	3,22E-08	0	9,29E-11	0	0	0	0	0	3,22E-08
140	0	0	0	3,16E-08	0	6,68E-11	0	0	0	0	0	3,17E-08
150	0	0	0	3,10E-08	0	0	0	0	0	0	0	3,10E-08

BILAGA B - BERÄKNING AV GRUPPRISKEN

Till grund för beräkning av grupprisken ligger olycksfrekvensen för respektive olycksscenario samt ett förväntat antal döda. I denna bilaga presenteras de beräkningarna som har gjorts för att ta fram förväntat antal döda för respektive scenario.

B.1 Förväntat antal döda

För att bedöma det förväntade antalet dödsfall vid de olika scenarierna används riktlinjerna från Länsstyrelsen i Hallands län [7] och Skånes län [6] samt handberäkningsuttryck angivna i FOA-handboken [8].

I riktlinjerna utgivna av Hallands länsstyrelse har sannolikheten för att omkomma inomhus och utomhus beräknats till följd av explosion, jetflamma, BLEVE och UVCE vilket kan utläsas i Tabell 28. De bedömda sannolikheterna är baserade på beräkningar utförda med väletablerade handberäkningsmetoder och simuleringsprogram, där hänsyn har tagits till varierande förhållanden.

De värden som inte finns i riktlinjerna för Hallands län baseras på ett viktat värde taget från riskavståndet vilket baseras på avståndet där 50 % av populationen kan förväntas omkomma.

Tabell 28. Sannolikhet för att omkomma vid olika avstånd från olycksplatsen (utomhus/inomhus)⁵

Olycksscenario	0-20 m	20-50 m	50-100 m	100-150 m
Explosion (massexplosiva ämnen)	1/0,3	1/0,3	0,5/0,15	0/0
Explosion (oxiderande ämnen)	1/0,15	1/0,05	0/0,01	0/0
Jetflamma	1/1	0,2/0,2	0/0	0/0
BLEVE	1/1	1/1	1/1	1/0,5
UVCE	1/1	0,5/0,5	0,1/0,1	0
Utsläpp av giftig gas (medelstort utsläpp)	1/1	1/0,75	0,6/0,02	0,01/0
Utsläpp av giftig gas (stort utsläpp)	1/1	1/1	1/0,85	1/0,1
Utsläpp av brandfarlig vätska (liten pölbrand)	0,1/0,02	0/0	0/0	0/0
Utsläpp av brandfarlig vätska (stor pölbrand)	0,7/0,6	0,15/0,03	0/0	0/0
Utsläpp av giftig vätska (klass 3 och 6)	0,45/0,2	0,35/0,15	0/0	0/0
Frätande vätska	0,315/0	0/0	0/0	0/0

Då det förväntade antalet döda ska tas fram för jetflamma och UVCE behöver hänsyn tas till olyckans spridningsriktning. För att ta hänsyn till spridningens riktning delas spridningszonen upp i delar om 15°.

I beräkningarna tas hänsyn till personfördelning inom de olika avståndsspannen i Tabell 28. Personfördelningen ansätts utefter lokalyta och våningsantal.

B.1.1 Explosion med massexplosiva ämnen

Det förväntade antalet döda vid explosion med massexplosiva ämnen beräknas genom följande ekvation:

$$n_{död} = N(p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u})$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (160 respektive 205)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,98)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (enligt Tabell 28)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,02)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (enligt Tabell 28)

Det förväntade antalet döda vid explosion blir genom denna beräkningsgång:

Befintlig bebyggelse

E20 – 21,60 st

Västra stambanan – 6,78 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 32,51 st

Västra stambanan – 14,48 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

B.1.2 Explosion med oxiderande ämnen

Det förväntade antalet döda vid explosion med oxiderande ämnen beräknas genom följande ekvation:

$$n_{död} = N(p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u})$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (160 respektive 205)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,98)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (enligt Tabell 28)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,02)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (enligt Tabell 28)

Det förväntade antalet döda vid explosion blir genom denna beräkningsgång:

Befintlig bebyggelse

E20 – 3,87 st

Västra stambanan – 0,82 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 7,88 st

Västra stambanan – 2,22 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

B.1.3 Jetflamma

Då det förväntade antalet döda till följd av en jetflamma ska beräknas behöver hänsyn tas till flammans riktning, vilket görs med kvoten $\frac{15}{360}$.

$$n_{död} = N(p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u}) \cdot \frac{15}{360}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (160 respektive 205)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,98)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (enligt Tabell 28)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,02)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (enligt Tabell 28)

Det förväntade antalet döda vid en jetflamma blir genom denna beräkningsgång:

Befintlig bebyggelse

E20 – 0,56 st

Västra stambanan – 0,07 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 1,44 st

Västra stambanan – 0,22 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

B.1.4 BLEVE

En BLEVE uppstår till följd av att en trycksatt tank utsätts för extern strålning tills trycket blir så högt i tanken så att höljet brister. Detta förlopp medför en fördröjning från att olyckan sker tills att konsekvensen uppstår, vilket kan dröja uppemot 20 minuter. Under denna tidsperiod antas de flesta personer ha hunnit evakuera, dock kan ett antal intresserade åskådare antas omkomma. För att ta höjd för dessa personer samt ett eventuellt snabbare tidsförlopp antas 50 % av personerna befinna sig på området då en BLEVE uppkommer. Med sannolikheten för att omkomma vid en BLEVE enligt Tabell 28 blir det förväntade antalet döda enligt nedan.

Befintlig bebyggelse

E20 – 65,89 st

Västra stambanan – 49,42 st

Norge/Vänerbanan – 8,98 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 86,93 st

Västra stambanan – 68,35 st

Norge/Vänerbanan – 16,73 st

B.1.5 UVCE

Det förväntade antalet döda till följd av en UVCE beräknas på samma sätt som för jetflamma fast med justerad sannolikhet för att omkomma enligt Tabell 28.

Det förväntade antalet döda vid en UVCE blir därigenom:

Befintlig bebyggelse

E20 – 1,18 st

Västra stambanan – 0,28 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 2,24 st

Västra stambanan – 0,72 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

B.1.6 Utsläpp av giftig gas

Då sannolikheten för att omkomma till följd av utsläpp av giftig gas behöver hänsyn tas till utsläppets storlek. Enligt länsstyrelsen i Skånes riktlinjer [6] kan sannolikheten för litet utsläpp (packningsläckage) ansättas till 0,375, medelstort utsläpp (rörbrott) ansättas till 0,25 och stort utsläpp (punktering av tank) ansättas till 0,375 för olycka på väg.

Vid frekvensberäkningen för utsläpp av giftig gas har litet utsläpp redan avskrivits och fördelningen som används för beräkningen av det förväntade antalet döda blir därigenom 0,4 för medelstort utsläpp och 0,6 för stort utsläpp. På samma sätt som för UVCE behöver dessutom hänsyn tas till spridningsriktning.

Beräkningsgången blir därigenom följande:

$$n_{död} = N(p_m(p_{inne} \cdot p_{död,i,m} + p_{ute} \cdot p_{död,u,m}) + p_s(p_{inne} \cdot p_{död,i,s} + p_{ute} \cdot p_{död,u,s})) \cdot \frac{15}{360}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (160 respektive 205)

p_m = Sannolikhet för medelstort utsläpp (0,4)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,98)

$p_{död,i,m}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus vid medelstort utsläpp (enligt Tabell 28)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,02)

$p_{död,u,m}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus vid medelstort utsläpp (enligt

Tabell 28)

p_s = Sannolikhet för stort utsläpp (0,6)

$p_{död,i,s}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus vid stort utsläpp (enligt Tabell 28)

$p_{död,u,s}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus vid stort utsläpp (enligt Tabell 28)

Det förväntade antalet döda vid utsläpp av giftig gas blir:

Befintlig bebyggelse

E20 – 2,99 st

Västra stambanan – 1,26 st

Norge/Vänerbanan – 0,10 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 4,42 st

Västra stambanan – 2,26 st

Norge/Vänerbanan – 0,19 st

B.1.7 Pölbrand direkt antändning

Det förväntade antalet döda vid pölbrand med direkt antändning beräknas genom följande ekvation:

$$n_{död} = N \cdot p_{litet} (p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u})$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (160 respektive 205)

p_{litet} = Sannolikheten för litet utsläpp (0,5)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,98)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (enligt Tabell 28)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,02)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (enligt Tabell 28)

Det förväntade antalet döda vid explosion blir genom denna beräkningsgång:

Befintlig bebyggelse

E20 – 0,09 st

Västra stambanan – 0,00 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 0,29 st

Västra stambanan – 0,00 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

B.1.8 Pölbrand fördröjd antändning

Det förväntade antalet döda vid pölbrand med fördröjd antändning beräknas genom följande ekvation:

$$n_{död} = N \cdot p_{stort} (p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u})$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (160 respektive 205)

p_{stort} = Sannolikheten för stort utsläpp (0,5)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,98)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (enligt Tabell 28)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,02)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (enligt Tabell 28)

Det förväntade antalet döda vid explosion blir genom denna beräkningsgång:

Befintlig bebyggelse

E20 – 2,85 st

Västra stambanan – 0,13 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 8,65 st

Västra stambanan – 0,38 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

B.1.9 Utsläpp av giftig vätska (klass 3)

För giftig vätska behöver hänsyn tas till utsläppets och spridningens riktning, vilket görs med kvoten $\frac{15}{360}$. 50 % av de som befinner sig på området antas ha hunnit evakuera utanför effektzonen då ett gasmoln har bildats som kan nå byggnaderna och dess närhet. Förväntat antal döda kan därmed beräknas enligt:

$$n_{död} = N \cdot p_{ej\ evak} \cdot (p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u}) \cdot \frac{15}{360}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (160 respektive 205)

$p_{ej\ evak}$ = Sannolikhet för att personer på platsen inte har hunnit evakuera (0,5)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,98)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (enligt Tabell 28)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,02)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (enligt Tabell 28)

Det förväntade antalet döda blir därigenom:

Befintlig bebyggelse

E20 – 0,12 st

Västra stambanan – 0,03 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 0,24 st

Västra stambanan – 0,09 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

B.1.10 Utsläpp av giftig vätska (klass 6)

Det förväntade antalet döda vid utsläpp av giftig vätska i ADR-klass 6 beräknas på samma sätt som för utsläpp av ADR-klass 3.

$$n_{död} = N \cdot p_{ej\ evak} \cdot (p_{inne} \cdot p_{död,i} + p_{ute} \cdot p_{död,u}) \cdot \frac{15}{360}$$

$n_{död}$ = Förväntat antal döda

N = Personantal (160 respektive 205)

$p_{ej\ evak}$ = Sannolikhet för att personer på platsen inte har hunnit evakuera (0,5)

p_{inne} = Sannolikhet för att befinna sig inomhus (0,9)

$p_{död,i}$ = Sannolikhet för att omkomma inomhus (enligt Tabell 28)

p_{ute} = Sannolikhet för att befinna sig utomhus (0,1)

$p_{död,u}$ = Sannolikhet för att omkomma utomhus (enligt Tabell 28)

Det förväntade antalet döda blir därigenom:

Befintlig bebyggelse

E20 – 0,12 st

Västra stambanan – 0,03 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

E20 – 0,24 st

Västra stambanan – 0,09 st

Norge/Vänerbanan – 0,00 st

B.2 Sammanställning av förväntat antal döda

Befintlig bebyggelse

I tabell 10-12 presenteras frekvensen och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna, vilka ligger till grund för beräkning av grupprisken.

Tabell 29. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för E20.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,39E-07	21,60
Explosion med oxiderande ämnen	5,83E-07	3,87
Jetflamma	5,43E-07	0,56
BLEVE	2,86E-08	65,89
UVCE	1,43E-06	1,18
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09	2,99
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05	0,09
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05	2,85
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05	0,12
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05	0,12

Tabell 30. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för Västra stambanan.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	6,30E-08	6,78
Explosion med oxiderande ämnen	1,34E-08	0,82
Jetflamma	1,35E-06	0,07
BLEVE	7,12E-08	49,42
UVCE	3,56E-06	0,28
Utsläpp av giftig gas	8,98E-08	1,26
Pölbrand (direkt antändning)	8,04E-06	0,00
Pölbrand (fördröjd antändning)	8,04E-06	0,13
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	2,68E-06	0,03
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	4,72E-06	0,03

Tabell 31. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för Norge/Vänerbanan.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,39E-07	0,00
Explosion med oxiderande ämnen	5,83E-07	0,00
Jetflamma	5,43E-07	0,000
BLEVE	2,86E-08	8,98
UVCE	1,43E-06	0,00
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09	0,10
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05	0,000
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05	0,000
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05	0,000
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05	0,000

Befintlig samt tillkommande bebyggelse

I tabell 13-15 presenteras frekvensen och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna, vilka ligger till grund för beräkning av grupprisken.

Tabell 32. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för E20.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,39E-07	32,51
Explosion med oxiderande ämnen	5,83E-07	7,88
Jetflamma	5,43E-07	1,44
BLEVE	2,86E-08	86,93
UVCE	1,43E-06	2,24
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09	4,42
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05	0,29
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05	8,65
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05	0,24
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05	0,24

Tabell 33. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för Västra stambanan.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	6,30E-08	14,48
Explosion med oxiderande ämnen	1,34E-08	2,22
Jetflamma	1,35E-06	0,22
BLEVE	7,12E-08	68,35
UVCE	3,56E-06	0,72
Utsläpp av giftig gas	8,98E-08	2,26
Pölbrand (direkt antändning)	8,04E-06	0,00
Pölbrand (fördröjd antändning)	8,04E-06	0,38
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	2,68E-06	0,09
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	4,72E-06	0,09

Tabell 34. Frekvens och förväntat antal döda för de olika konsekvensscenarierna för Norge/Vänerbanan.

Konsekvensscenario	Frekvens [år ⁻¹]	Förväntat antal döda [-]
Explosion med massexplosiva ämnen	1,39E-07	0,00
Explosion med oxiderande ämnen	5,83E-07	0,00
Jetflamma	5,43E-07	0,00
BLEVE	2,86E-08	16,73
UVCE	1,43E-06	0,00
Utsläpp av giftig gas	7,45E-09	0,19
Pölbrand (direkt antändning)	4,71E-05	0,00
Pölbrand (fördröjd antändning)	4,71E-05	0,00
Utsläpp av giftig vätska (klass 3)	1,57E-05	0,00
Utsläpp av giftig vätska (klass 6)	1,09E-05	0,00