

FEBRUARI 2019
OXGAS AB

Kvantitativ riskanalys (QRA) –

LNG TERMINAL I OXELÖSUNDS HAMN

OXELÖSUND, SÖDERMANLAND

FEBRUARI 2019
OXGAS AB

Kvantitativ riskanalys (QRA)

LNG TERMINAL I OXELÖSUNDS HAMN

OXELÖSUND, SÖDERMANLAND

PROJEKTNR. DOKUMENTNR.
A101729 A101729-4-2 QRA

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
3	2019-02-04		Tomislav Susic Jan Boier Pedersen	Magnus Karlsson	Anna E Wilhelmsson

INNEHÅLL

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	7
1.3	Omfattning och avgränsningar	7
1.4	Förkortningar och definitioner	8
2	Systembeskrivning och viktiga antaganden	10
2.1	LNG-terminalens placering och närliggande omgivning	10
2.2	Layout och översiktlig processbeskrivning	12
2.3	Omsättning och genomströmning per aktivitet	14
2.4	Population, antändningskällor och väder	17
3	Risکاناليس	22
3.1	Övergripande metodik	22
3.2	Val av scenarier	23
3.3	Konsekvensanalys	26
3.4	Analys av olycksfrekvenser och beräkning av risk	35
3.5	Riskacceptanskriterier och riskvärdering	37
4	Dominoeffekter och eskaleringspotential	39
5	Resultat	41
5.1	Individrisk	41
5.2	Samhällsrisk	43
5.3	Dominoeffekter, eskalering och worst case scenario	44
6	Diskussion av resultat och slutsats	48
7	Osäkerheter, känslighet och robusthet	50
7.1	Osäkerheter	50

8 Referenser

54

Bilaga 1, Layout och processflödesdiagram

Bilaga 2, Konsekvensresultat

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Denna QRA har upprättats för tillståndsansökan för att anlägga och driva en LNG terminal i Oxelösunds Hamn ABs industriområde i Oxelösund. En tidigare QRA ingavs i tillståndsansökan 9 februari 2018. QRA är nu uppdaterad och anpassad med hänsyn till en ny layout. Ändring av layouten har genomförts efter det att tillståndsansökan lämnades in i februari och har primärt anpassats för att ytterligare förbättra riskbilden för 3:e person, dvs individrisk för boende samt mer detaljerade tekniska utredningar.

Behovet av LNG vid SSAB i Oxelösund samt inom sjöfarten förväntas öka. OxGas AB planerar därför att anlägga en LNG-terminal inom industriområdet i Oxelösunds hamn i Oxelösund. Tanken är att terminalen ska kunna försörja SSAB i Oxelösund med LNG i gasform via gasledning, och även SSAB i Borlänge genom järnvägs eller lastbilsleveranser av LNG samt möjliggöra bunkring av LNG-drivna fartyg och att fungera som en framtida "hubb" för övriga kunder i östra och mellersta Sverige.

Som en del av det kontinuerliga riskanalyserbetet och som delunderlag till ansökan om tillstånd till anläggande och drift av LNG-terminalen har COWI, på uppdrag av OxGas, utfört en kvantitativ riskanalys (QRA) för den aktuella anläggningen.

1.2 Syfte

I föreliggande kvantitativa riskanalys analyseras relevanta identifierade risker som den planerade LNG-terminalen medför. Riskerna kvantifieras och vägs samman med målet att ta fram en riskbild som värderas mot i projektet uppsatta riskacceptanskriterier för individ- och samhällsrisk. Det övergripande syftet är att utreda huruvida riskbilden kan ses som tolerabel för i första hand allmänheten (3:e person) samt närliggande verksamheter (2:a part).

1.3 Omfattning och avgränsningar

Föreliggande kvantitativa riskanalys omfattar en fullt utbyggd LNG-terminal enligt nedanstående generella anläggningsdelar:

- Total lagringskapacitet på 15 000 ton (33 000 m³)
- En större "full containment" atmosfärisk lagringstank (med total lagringskapacitet på ca. 15 000 ton)
- In-/utlastning från-/till fartyg
- In-/utlastning från-/till lastbilar
- Utlastning till järnvägsvagnar
- Förångning och distribution av naturgas till SSAB via gasledning

Indata och antaganden baseras på, vid tillfället, aktuell information och detaljeringsgrad i projektet. De antagna värdena är vid det aktuella tillfället en bästa maximal uppskattning för respektive aktivitet. Fördelningen av lagringsvolym och värden är konservativt valda sett till i första hand 3:e person och kan därför skilja sig från mer realistiska värden som beskrivs i den tekniska beskrivningen (Ref. 4).

Incidenter i samband med insegling utreds i en separat analys och inkluderas inte i den kvantitativa riskanalysen. Sett till fartyg, inkluderas enbart scenarion då LNG-fartyget är förtöjt vid kaj 11. På landsidan begränsas riskanalysen av LNG-terminalens inhägnad för lagrings- och processdelar samt ledningar mellan lagring och järnvägsutlastning/kaj 11 som är inom Oxelösund Hamns inhägnad. För fordon inkluderas scenarion då LNG-lastbil eller järnvägsvagn befinner sig vid last-/lossningsplatsen innanför anläggningens gräns. Transporter utanför anläggningens område analyseras inte.

Incidenter vid den planerade LNG-anläggningen som skulle kunna påverka föremål utanför anläggningen kvantifieras. För externa händelser som skulle kunna påverka utrustning på anläggningen förs ett kvalitativt resonemang avseende möjlig påverkan på anläggningen.

Interna dominoeffekter analyseras inte då anläggningen utformas enligt standarden SS-EN 1473 som föreskriver lämplig utformning baserat på dimensionerande scenarion.

1.4 Förkortningar och definitioner

ALARP As Low As Reasonably Practicable

ESD Emergency Shut Down (nödavstängning)

HAZID Hazard identification (kvalitativ analysmetod)

HSE Health & Safety Executive (Brittisk myndighet med tillsyn för arbetsmiljö)

LBG Flytande biogas (Liquified Bio Gas)

LNG Flytande naturgas (Liquefied Natural Gas)

NG Naturgas (Natural Gas)

QRA Kvantitativ riskanalys (Quantitative Risk Assessment)

Definitioner:

2:a person: Arbetande personer på intilliggande industrier, kontor etc. utanför anläggningen (Ref. 2).

3:e person: Allmänheten utanför anläggningen, exempelvis boende (Ref. 2).

ALARP: Ett riskintervall där risker kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risk tolereras endast om riskreduktion ej är praktiskt genomförbar eller kostnader är helt oproportionerliga d.v.s. om kostnader för riskreduktion överstiger nyttan (Ref. 1).

gague: barg eller bar (g), där g står för gauge avser övertryck d.v.s. 0 barg är atmosfärstryck.

Kvalitativ riskanalys (Ref. 1): Övergripande form av riskanalys som baseras på erfarenhetsbaserade bedömningar. Frekvens och konsekvens uttrycks här ofta i relativa termer som hög-låg-mycket låg, etc.

Kvantitativ riskanalys (Ref. 1): I den kvantitativa analysen beräknas frekvenser för identifierade olycks-händelser och konsekvenser av dessa. Frekvenser och konsekvenser uttrycks i tal, t.ex. förväntat antal händelser och förväntat antal skadade personer under en viss tidsperiod.

Platsspecifik individrisk: Risk att omkomma för en hypotetisk person som antas befinna sig kontinuerligt oskyddad på en specifik plats, t. ex. på ett specifikt avstånd från en industri eller transportled (Ref. 2).

Personspecifik individrisk: Risk att omkomma med hänsyn tagen till att individen ifråga inte befinner sig på samma (exponerade) plats hela tiden (Ref. 3). För en arbetare reduceras normalt den platsspecifika individrisken med en faktor 4 (Ref. 3).

2 Systembeskrivning och viktiga antaganden

I föreliggande kapitel presenteras den planerade LNG-terminalens tänkta geografiska placering, en översiktlig beskrivning av närliggande verksamheter och omgivning samt en generell processbeskrivning. För en mer detaljerad redogörelse av den planerade tekniska utformningen refereras till projektets tekniska beskrivning (Ref. 4) av LNG-terminalen.

I slutet av kapitlet visas en sammanställning med antaganden avseende omsättning och genomströmning som använts för den kvantitativa riskanalysen.

2.1 LNG-terminalens placering och närliggande omgivning

LNG-terminalen är planerad att anläggas vid östra delen av Oxelösunds hamn, nedanför Gamla Oxelösundsvägen. I

Figur 2-1 presenteras LNG-terminalens ungefärliga placering samt närliggande allmänhet (3:e part) som eventuellt skulle kunna beröras av de tillkommande riskerna. Oxelösunds centrum finns beläget ungefär 1,3 km i nordvästlig riktning från terminalen sett, ungefär 1,2 km västerut finns en gäst- och småbåtshamn, 950 m i sydvästlig riktning finns en fiske- och småbåtshamn, 150 m öster om terminalen finns en småbåtshamn och ungefär 300 m österut finns bostadsområdet Gamla Oxelösund.



Figur 2-1 Placering av planerad LNG-terminal i Oxelösunds hamn

I Figur 2-2 presenteras en översikt av verksamheterna inom Oxelösunds hamn (2:a part). De närmaste två verksamheterna är Sjöfartsverket som ligger söderut och Svenska Foder AB som finns sydväst om den planerade LNG-terminalen. Biltransporter förekommer norr om terminalen på Gamla Oxelösundsvägen samt på terminalens östra sida. De närliggande lagerytorna A-E väster om terminalen trafikeras med hjullastare. Närmast norr om terminalen finns ett lagertält med förekomst av hjullastare. Längs terminalens södra och östra sida förekommer det dieseldriven godstransport på järnvägsspår. Diverse fartygstrafik anlöper förekommer till och från de olika kajerna 1-11 samt lotsbåtstrafik till och från Sjöfartsverket.

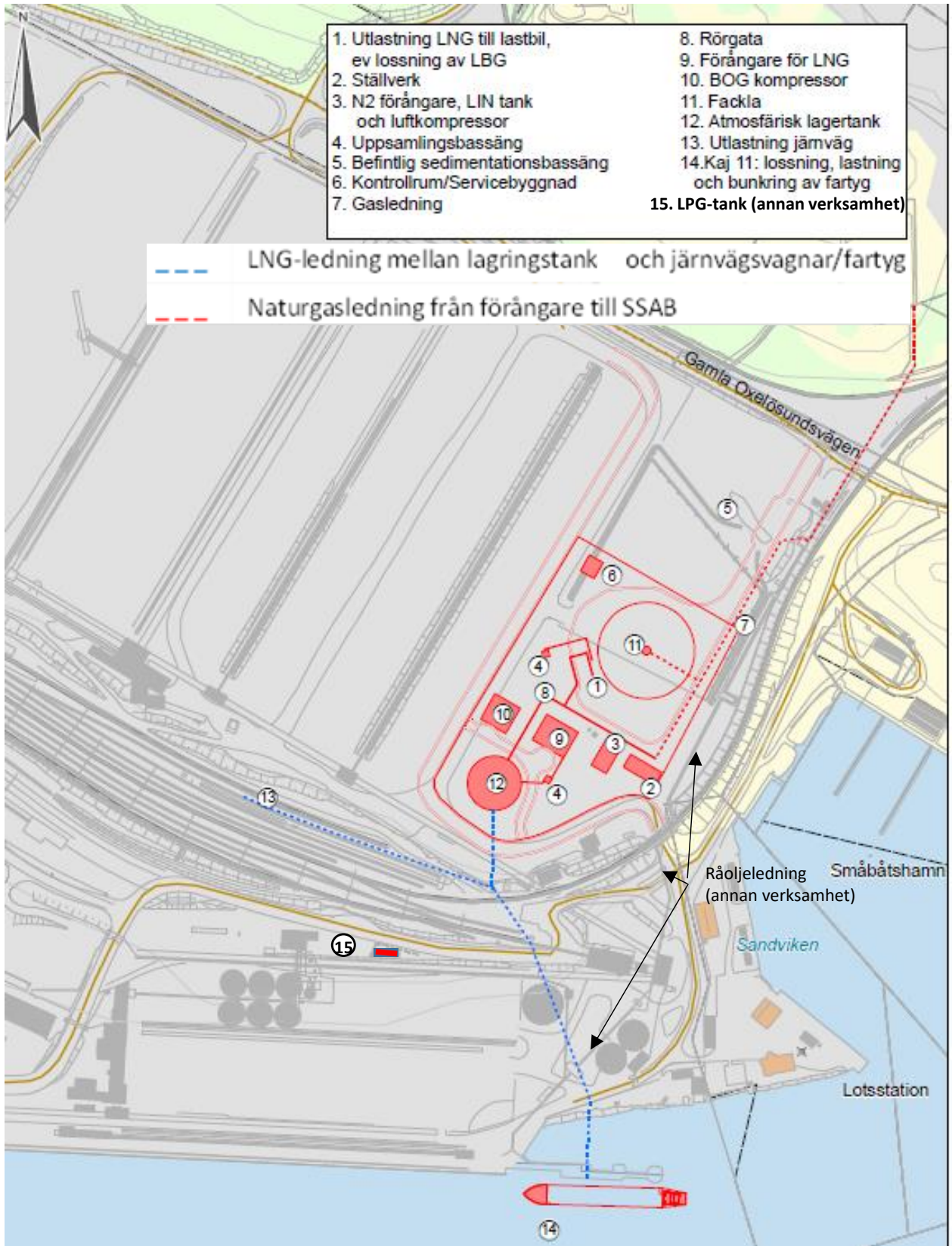


Figur 2-2 Översikt av verksamheter inom Oxelösunds hamn

2.2 Layout och översiktlig processbeskrivning

I Figur 2-3 presenteras den tänkta placeringen av LNG-terminalens huvuddelar vid fullt utbyggd anläggning. LBG och LNG kommer att importeras med lastbil samt fartyg vid kaj 11 och pumpas till LNG-terminalens lagringstank. En fullt utbyggd terminal kommer att ha en sammanlagd maximal lagringskapacitet om 15 000 ton (ca 33 000 m³) LNG. Från lagringstanken kommer LNG att kunna exporteras till lastbilar, järnvägsvagnar samt fartyg. Det kommer vara möjligt att förånga LNG och exportera naturgas via en gasledning till SSAB.

I Bilaga 1 presenteras en mer detaljerad layout samt processflödesritning som använts som underlag för indata och antaganden i den kvantitativa riskanalysen. Den kvantitativa riskanalysen baseras på en utformning där 15 000 ton (ca 33 000 m³) lagras i en atmosfärisk tank. Som en bästa konservativ uppskattning baseras således den kvantitativa riskanalysen på processflödesritningen "LNG Terminal Oxelösund Harbour" som återfinns i Bilaga 1. Processparametrar så som temperatur, tryck, flöden och komponentdimensioner baseras till största delen på information i processflödesritningen "LNG Terminal Oxelösund Harbour", den tekniska beskrivningen (Ref. 4) samt information från projektet.



Figur 2-3 LNG-terminalens placering inklusive anläggningens huvuddelar

2.2.1 Relevant utrustning från annan verksamhet

Förutom den planerade LNG-terminalens anläggningsdelar, presenteras i Figur 2-3 även placeringen av en befintlig LPG-tank (punkt 15). Det finns dessutom en råoljeledning (grå linje) som går från kaj 11 längs den planerade LNG-terminalens östra sida på befintlig rörgata. LPG-tanken och råoljeledningen hanteras av extern part men beaktas i den kvantitativa riskanalysen då de eventuellt kan ge påverkan på LNG-terminalen alternativt påverkas av LNG-terminalen.

2.3 Omsättning och genomströmning per aktivitet

I Tabell 2-1 presenteras antaganden avseende omsättning och genomströmning av LNG per anläggningsaktivitet. De antagna värdena är vid det aktuella tillfället en bästa maximal uppskattning för respektive aktivitet. Värdena är konservativt valda och kan därför skilja sig från mer realistiska värden som beskrivs i den tekniska beskrivningen (Ref. 4).

Tabell 2-1 Omsättning/genomströmning som använts i den kvantitativa riskanalysen (Ref. 5)

Aktivitet	Parameter	Värde
Import		
- Import av LNG via fartyg	Antal fartyg/lossningar	100 per år
	Volym LNG per fartyg	7 500 m ³ /fartyg
	Lossningsflöde	1 400 m ³ /h
	Lossningstid	5,36 h/lossning
	Uppstart och avstängning av pumpning	1 h/lossning
	Sammanlagd lossningstid	636 h/år
	Sammanlagd lossad volym	750 000 m ³
- Import av LBG via lastbil	Antal lastbilar/lossningar	1 095 per år
	Mängd LNG per lastbil	30 ton/lastbilstank
	Volym LNG per lastbil	66,67 m ³ /lastbilstank
	Lossningsflöde	100 m ³ /h
	Lossningstid	0,67 h/utlastning

Aktivitet	Parameter	Värde
	Uppstart och avstängning av pumpning	1 h/utlastning
	Sammanlagd lossningstid	1825 h/år
	Sammanlagd lossad volym	73 000 m ³ /år
Export		
- Utlastning av LNG till lastbil	Antal lastbilar/utlastningar	600 per år
	Mängd LNG per lastbil	30 ton/lastbilstank
	Volym LNG per lastbil	66,67 m ³ /lastbilstank
	Utlastningsflöde	400 m ³ /h
	Utlastningstid	0,67 h/utlastning
	Uppstart och avstängning av pumpning	0,20 h/utlastning
	Sammanlagd utlastningstid	220 h/år
	Sammanlagd utlastad volym	40 000 m ³ /år
- Utlastning av LNG till järnvägsvagnar	Antal järnvägsvagnar/utlastningar	3 800 vagnar/år
	Volym LNG per vagn	100 m ³ /vagn
	Utlastningsflöde	100 m ³ /h
	Utlastningstid	1 h/utlastning
	Uppstart och avstängning av pumpning	0,2 h/utlastning
	Sammanlagd utlastningstid	4 560 h/år
	Sammanlagd utlastad volym	380 000 m ³ /år
- Utlastning av LNG till fartyg	Antal fartyg/utlastningar	129 utlastningar/år (97 med lastarm)

Aktivitet	Parameter	Värde
		(32 med slang)
	Volym LNG per fartyg	3 000 m ³ /fartyg (med lastarm) 600 m ³ /fartyg (med slang)
	Utlastningsflöde	700 m ³ /h (med lastarm) 200 m ³ /h (med slang)
	Utlastningstid	4,29 h/utlastning (med lastarm) 3 h/utlastning (med slang)
	Uppstart och avstängning av pumpning	1 h/utlastning
	Sammanlagd utlastningstid	511 h/år (med lastarm) 129 h/år (med slang)
	Sammanlagd utlastad volym	309 000 m ³ /år
- Transport av LNG till SSAB	Energiförbrukning	900 GWh/år
	Energiförbrukning	3 240 000 GJ/år
	Antaget värmevärde för LNG	50 MJ/kg
	Förbrukning av LNG	64 800 000 kg/år
	Antagen densitet för LNG	450 kg/m ³
	Förbrukning av LNG	144 000 m ³ /år

I Tabell 2-2 listas generella pumpflöden per aktivitet som använts som underlag för konsekvensanalysen. Angivna pumpflöden baseras på processflödesscheman som finns i Bilaga 1.

Tabell 2-2 Pumpflöden som använts i den kvantitativa riskanalysen

Aktivitet	Pumpflöden	Enhet
Från fartyg	1 400	m ³ /h
	175	kg/s
Från tankbil	100	m ³ /h
	12,5	kg/s
Till tankbil	400	m ³ /h
	50	kg/s
Till järnvägsvagn	100	m ³ /h
	12,5	kg/s
Till fartyg - lastarm	700	m ³ /h
	87,5	kg/s
Till fartyg - slang	200	m ³ /h
	25	kg/s
Till SSAB	33 000	kg/h
	9,17	kg/s
Till förångare	50	m ³ /h
	6,25	kg/s

2.4 Population, antändningskällor och väder

Nedan presenteras uppskattad personnärvaro inom relevant område för den kvantitativa riskanalysen samt identifierade antändningskällor.

2.4.1 Population

I projektet har en uppskattning gjorts avseende närvarande personer inom en radie på 1 km från den planerade LNG-anläggningen. För den kvantitativa riskanalysen tas utgångspunkt i de värden som presenteras i Tabell 2-3 avseende personnärvaro. Respektive område presenteras i Figur 2-4. Andelen personer inomhus är enligt standardvärde 0,9 för de flesta områdena. För område 1 och 4 antas samtliga personer befinna sig utomhus och för område 2 ansätts att andelen personer inomhus är 0,3.

Tabell 2-3 Personnärvaro inom 1 km från planerad LNG-terminal

Områdesreferens till Figur 2-4	Närvaro (personer)	Närvaro (personer)	Närvaro (personer)
	07:00 – 16:00	06:00 – 22:00	dygnet runt
1	1		4
2		25	5
3	14-24 (beroende på årstid)	10	10
4	1		1
5	15 (+ 20 hantverkare 2 h/dygn)	1	1
6		1	
7	50	20	
8	Lågsäsong 30 – 100 lunch Helger 50	Restaurang Sailor: 350 personer/dygn (Lunch + kväll) vid hög- säsong (juni, juli, aug + 13-21 december)	
9	70		10
10		7	
11	2		
12	30		
13	300 totalt på sommaren (inklusive boende)		Ca. 50 bostäder (anta- get i snitt 3 perso- ner/bostad = 150 per- soner totalt)



Figur 2-4 Områden inom 1 km från den planerade LNG-terminalen med personnärvaro

2.4.2 Antändningskällor

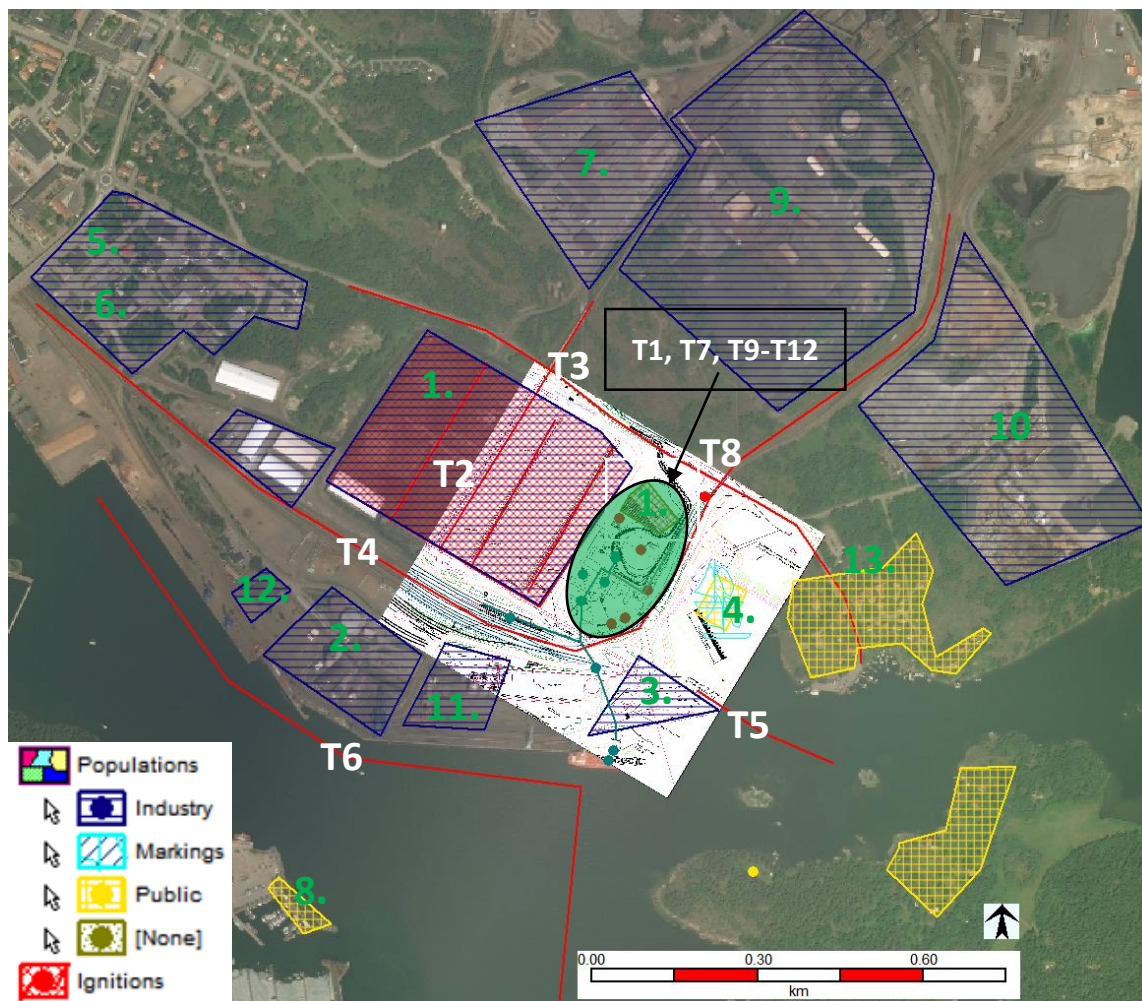
I Tabell 2-4 listas identifierade antändningskällor som anses vara relevanta för den kvantitativa riskanalysen. Antändningskällan T2 antas representera ett genomsnitt av de diverse antändningskällor som finns inom område 1 (eventuellt glöd, transportband och tung trafik).

Tabell 2-4 Antändningskällor (Ref. 9)

Antändningskälla	Antändnings-sannolikhet (andel)	Inom tidsintervall (s)	Närvaro av antändningskälla	Medelhastighet (m/s)	Antändningskällans typ (form)
T1. Fackla	1	1	100% av tiden	-	Punkt
T2. Kolglöd	0,23	60	100% av tiden	-	Polygon (område)
T3. Gamla Oxelösundsvägen	0,4	60	8,333 per h	19,4	Linje

Antändningskälla	Antändnings-sannolikhet (andel)	Inom tidsintervall (s)	Närvaro av antändningskälla	Medelhastighet (m/s)	Antändningskällans typ (form)
T4. Järnväg	0,8	60	0,083 per h	2,8	Linje
T5. Lotsbåtar	0,4	60	0,333 per h	3,3	Linje
T6. Fartyg	0,2	10	0,167 per h	3,3	Linje
T7. Nödgenerator	0,5	60	0,00228% av tiden	-	Punkt
T8. Gasrening-enhet	1	10	1	-	Punkt
T9. LNG-Chaufförer	0,01	60	12% av tiden	-	Punkt
T10. LNG-verkstad	0,02	60	8% av tiden	-	Punkt
T11. Parkering	0,01	60	4% av tiden	-	Punkt
T12. Hjullastare	0,5	60	30% av tiden	-	Polygon (område)

I Figur 2-5 ges en översikt av antändningskällor som definierats för den kvantitativa riskanalysen. Förutom antändningskällorna som listas i Tabell 2-4 bidrar även den definierade populationen till antändnings-sannolikheten. Således fungerar personer också som antändningskällor.



Figur 2-5 Översikt av definierade antändningskällor och områden med population

2.4.3 Väder

Väderdata som använts för den kvantitativa riskanalysen presenteras i Tabell 2-5 och baseras på granskade mätvärden från SMHI mellan 1995-2017, från väderstationen Landsort A nära Oxelösund (Ref. 6). Vindstatistiken fördelas på 16 vindriktningar och de två väderfallen (1,5F och 5D) som valts för studien. Val av väderfall förklaras i avsnitt 3.3.5.

Tabell 2-5 Vinddata som använts i den kvantitativa riskanalysen

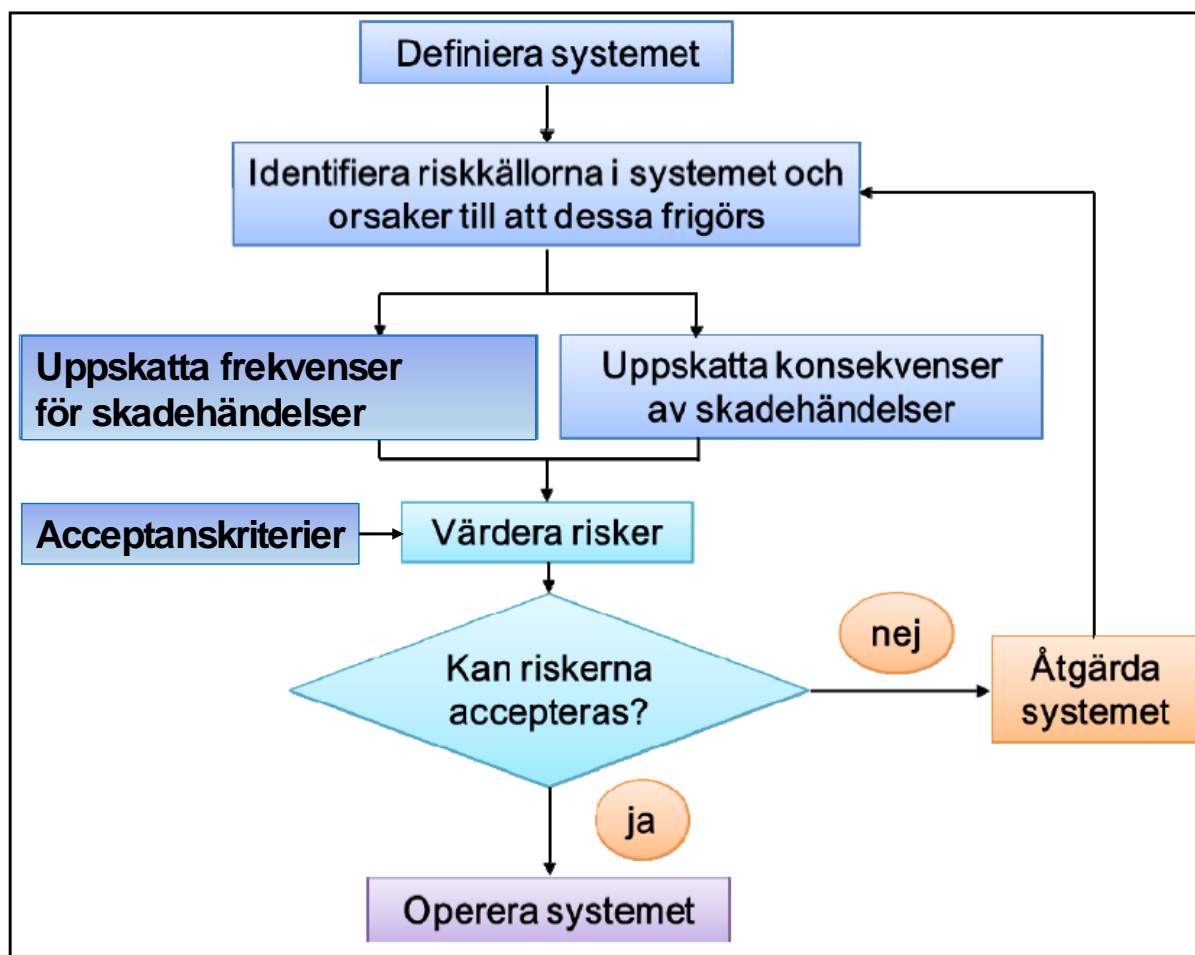
	(riktning)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Väder	fördelning (%)	4,8%	3,8%	5,1%	4,8%	4,6%	3,8%	4,4%	4,0%	5,5%	9,2%	12,7%	11,0%	8,6%	5,9%	5,8%	5,7%
1,5F	<2m/s (%)	7,1%	6,0%	5,3%	5,8%	6,7%	7,2%	7,5%	9,0%	5,3%	2,6%	2,3%	3,2%	4,0%	5,3%	6,0%	4,5%
5D	>2m/s (%)	92,9%	94,0%	94,7%	94,2%	93,3%	92,8%	92,5%	91,0%	94,7%	97,4%	97,7%	96,8%	96,0%	94,7%	94,0%	95,5%

3 Riskanalys

3.1 Övergripande metodik

I Figur 3-1 presenteras en vedertagen generell metodik för utförande av riskanalys. Första steget är att definiera och avgränsa det system som ska analyseras (i föreliggande fall den planerade LNG-terminalen). Därefter inleds normalt riskanalysen med en systematisk kvalitativ genomgång av tänkbara oönskade händelser. För den planerade LNG-terminalen har en faroidentifiering utförts med HAZID-metodik (Ref. 8). Faroidentifieringen resulterar oftast i ett antal scenarion som inte kan bedömas kvalitativt och som behöver kvantifieras och analyseras i mer detalj, varpå det utförs konsekvensberäkningar och frekvensberäkningar för respektive relevant scenario. Scenarion som valts att kvantifieras i föreliggande kvantitativa riskanalys presenteras i Tabell 3-1. Resultaten från frekvens- och konsekvensberäkningarna kombineras till en riskbild (individriskkonturer och FN-kurva). Riskerna värderas mot i projektet definierade riskacceptanskriterier för att se huruvida en tolerabel risknivå erhålls. Vid behov föreslås riskreducerande barriärer.

Den kvantitativa riskanalysens olika delsteg presenteras i avsnitt 3.2 - 3.5.



Figur 3-1 Generell metodik för utförande av riskanalys (Ref. 7)

3.2 Val av scenarier

En inledande kvalitativ riskanalys (Ref. 8) av den planerade LNG-terminalen utfördes i oktober 2017. Under HAZID-analysen utfördes en systematisk genomgång av anläggningsdelar och närliggande omgivning där oönskade händelser och nödvändiga barriärer identifierades. Bland de oönskade händelserna är det ett antal oönskade händelser (scenarion) som har valts ut för vidare analys i en kvantitativ riskanalys. Sådana scenarion som kan medföra konsekvenser som beskrivs i avsnitt 3.3 (scenarion som kan tänkas medföra skada på omgivningen) inkluderas i den kvantitativa riskanalysen. Scenarion som valts ut för kvantifiering från HAZID-analysen definieras i mer detalj och kompletteras med ytterligare scenarion baserat på en QRA-manual (Ref. 9) som vanligen används för kvantitativa riskanalyser. I och med detta inkluderas både scenarion med höga frekvenser och begränsade konsekvenser (exempelvis mindre läckage) samt scenarion med låga frekvenser och potentiellt allvarigare konsekvenser (exempelvis rörbrott). Scenarion som analyseras i den kvantitativa riskanalysen presenteras i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Scenarion som analyserats i den kvantitativa riskanalysen

Nod från HAZID	Processutrustning	Scenario
2 - Lagringstankar	2.3 – Atmosfärisk tank	2.3.1 - Momentant utsläpp
3 – Distribution och förångning	3.1.1 – Rörledning DN350 - Import	3.1.1.1 - Rörbrott
		3.1.1.2 – Läckage 35 mm hål
		3.1.1.3 – Rörbrott vid vägkorsning
	3.1.2 – Recirkulation till fartyg (DN350)	3.1.2.1 - Rörbrott
		3.1.2.2 - Läckage 35 mm hål
		3.1.2.3 - Rörbrott vid vägkorsning
	3.2.1 – Rörledning DN350 till fartyg	3.2.1.1 - Rörbrott
		3.2.1.2 - Läckage 35 mm hål
		3.2.2 – DN250 till/från lastbilstation
3.2.2.2 - Läckage 25 mm hål - import		
(recirkulation till lastbil)	3.2.2.3 - Rörbrott	

Nod från HAZID	Processutrustning	Scenario
	(recirkulation till lastbil)	3.2.2.4 - Läckage 25 mm hål
		3.2.2.5 – Rörbrott - export
		3.2.2.6 - Läckage 25 mm hål - export
	3.2.3 – DN250 till järnvägsstation	3.2.3.1 - Rörbrott
		3.2.3.2 - Läckage 25 mm hål
	3.3 - Förångare	3.3.1 – Brott 10 tuber 30 minuter
		3.3.2 - Brott 1 tub 30 minuter
		3.3.3 – Läckage 10% av 1 tub i 30 minuter
	3.4 - Naturgasledning DN450	3.4.1 – Rörbrott
		3.4.2 – Läckage 45 mm hål
	3.6 – Gaskompressor	3.6.1 – Rörbrott DN200
		3.6.2 – Läckage 20 mm hål
	3.7 - Rörledning DN80	3.7.1a – Rörbrott i 30 minuter
		3.7.1b – Rörbrott i 120 sekunder
		3.7.2 – Läckage 8 mm hål
4 - Lastbilar	4.1 - Lastbil	4.1.1 – Momentant utsläpp
		4.1.2 – Utsläpp från största ledning DN50
	4.2 – Slang lastbil (lossning från lastbil)	4.2.1a - Slangbrott
		4.2.1b - Slangbrott

Nod från HAZID	Processutrustning	Scenario
		4.2.2 – Slangläckage 5 mm
	4.3 – Slang lastbil (fyllning av lastbil)	4.3.1a - Slangbrott
		4.3.1b - Slangbrott
		4.3.2 – Slangläckage 5 mm
5 - Järnvägsvagnar	5.1 - Järnvägsvagn	5.1.1 – Momentant utsläpp
		5.1.2 – Utsläpp från största ledning DN50
	5.2 – Slang järnvägsvagn	5.2.1a – Slangbrott DN50
		5.2.1b – Slangbrott DN50
		5.2.2 – Slangläckage 5 mm
6 - Lossning från fartyg	6.1 - Lastarm	6.1.1a – Lastarmsbrott DN200
		6.1.1b - Lastarmsbrott DN200
		6.1.2 – Läckage lastarm 20 mm hål
	6.2.1 - Fartygstank	6.2.1 – Utsläpp 126 m ³ 1800 sekunder
		6.2.2 – Utsläpp 32 m ³ 1800 sekunder
8 - Utlastning till fartyg	8.1 - Slang	8.1.1a – Slangbrott DN150
		8.1.1b – Slangbrott DN150
		8.1.2 – Slangläckage 15 mm
	8.2 - Lastarm	8.1.1a – Slangbrott DN200
		8.2.1b – Slangbrott DN200
		8.2.2 – Slangläckage 20 mm

3.3 Konsekvensanalys

Konsekvensberäkningar har utförts för respektive händelse i Tabell 3-1 med mjukvaran Phast 8.11 som är ett validerat och välrenommerat verktyg, framtaget av DNV-GL, för konsekvensmodellering. Verktyget används i stor utsträckning inom den landbaserade processindustrin.

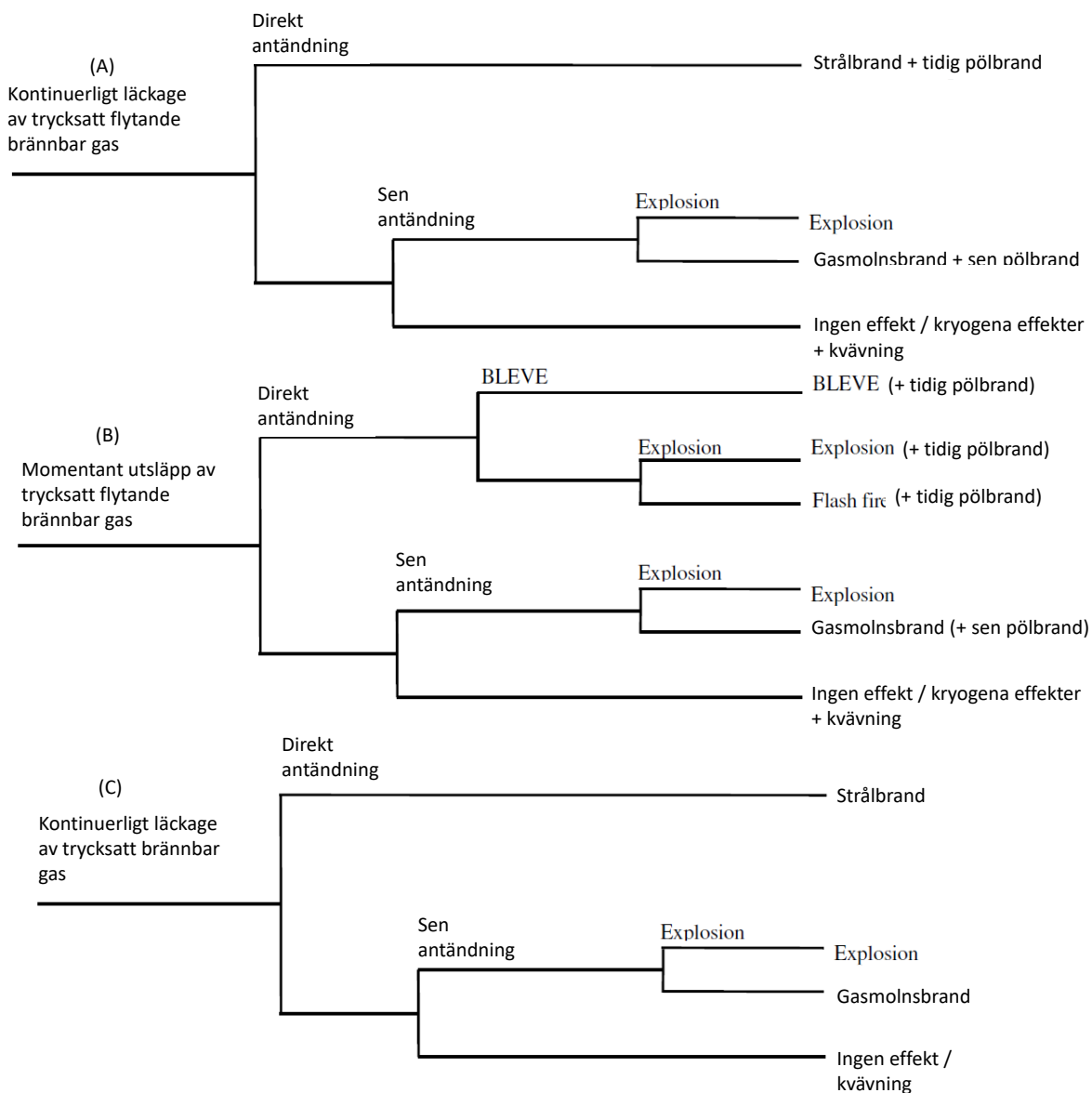
Påföljande avsnitt beskriver de grundläggande egenskaperna hos flytande naturgas (LNG), generella konsekvenser som kan uppstå vid ett eventuellt utsläpp samt övergripande indata och antaganden som använts för konsekvensberäkningarna. För relevanta resultatfigurer från konsekvensberäkningarna hänvisas till Bilaga 2.

3.3.1 Flytande naturgas (LNG)

LNG är naturgas som kyls till väldigt låg temperatur, omkring $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naturgas består till största delen av metan (CH_4) och är antändbar vid en volymsinblandning i luft inom det ungefärliga intervallet 5-15 %. Vid koncentrationer över den så kallade övre brännbarhetsgränsen (ca. 15 %) finns det inte tillräckligt med syre för att antända blandningen. Under den lägre brännbarhetsgränsen (ca. 5%) råder för låg koncentration av naturgas för att antändning ska kunna ske.

3.3.2 Händelseutveckling vid LNG-utsläpp

I Figur 3-2 presenteras de generella konsekvenserna som kan uppstå till följd av utsläpp av flytande trycksatt naturgas (LNG, A och B i figuren) och trycksatt naturgas (NG, C i figuren). I den påföljande texten efter figuren ges en sammanfattande beskrivning av respektive konsekvens.



Figur 3-2 Översikt av generella konsekvenser vid ett LNG- och NG-utsläpp (Ref. 10)

Vid ett eventuellt utsläpp av LNG kyls den omgivande luften samtidigt som den flytande naturgasen förgasas och bildar ett vitaktigt gasmoln som sprids i rådande vindriktning. Vid mindre utsläpp förångas den flytande naturgasen momentant utan att nå marken i vätskeform. Vid mer omfattande utsläpp sker både momentan förångning samtidigt som en LNG-pöl bildas på marken varpå förångning sker från pölen.

Ett gasmoln som sprids och når en antändningskälla kan antändas och brinner då tillbaka till utsläppskällan. Vanligtvis antas att samtliga personer som befinner sig inom gasmolnsbranden omkommer.

Om ett gasmoln sprids och antänds inom ett helt eller delvis inneslutet och tätt utrymme kan utfallet bli en gasmolnsexplosion. Det täta utrymmet kan bidra till en acceleration av flamfronten som är tillräcklig för att skapa signifikanta övertryck (gasmolnsexplosion). Storleken av övertryck avtar exponentiellt med avståndet från explosionens centrum. Om personer, byggnader och/eller utrustning befinner sig inom ett område där tillräckligt stora övertryck skapas kan detta resultera i skada av olika allvarlighets-

grad beroende på övertryckets magnitud. Baserat på tidigare erfarenhet och studier är det konstaterat att metan brinner relativt långsamt. En kombination av långsam förbränning av metan och ett utsläpp utomhus där gasen inte anses vara innesluten anses normalt en gasmolnsexplosion inte vara ett troligt scenario.

Vid större utsläpp av LNG kan, som nämnt tidigare, en LNG-pöl bildas. Om naturgasångor når en antändningskälla i närheten av LNG-pölen eller om en gasmolnsbrand brinner tillbaka till LNG-pölen kan en pölbrand uppstå. Flamman från pölbranden kan avge signifikant värmestrålning med lokal påverkan på personer, byggnader och/eller utrustning av olika allvarlighetsgrad beroende på storleken och varaktigheten av värmestrålningen.

Vid händelse av extern skada av utrustning som innehåller LNG kan orsaken till ett utsläpp och användningskällan vara den samma. Ett exempel kan vara att ett fordon kör på en LNG-ledning och orsakar både ett hål i ledningen och samtidigt antänder den utströmmande gasen. Den troligaste konsekvensen vid ett sådant scenario är en så kallad strålbrand (jet fire). Strålbranden kan liksom pölbranden avge signifikant värmestrålning med lokal påverkan på personer, byggnader och/eller utrustning av olika allvarlighetsgrad beroende på storleken och varaktigheten av värmestrålningen.

Om utsläpp av LNG sker på vatten kan en så kallad Rapid phase transition (RPT) ske. RPT är en snabb fysisk fasövergång av LNG till metangas. Det kan i vissa fall utvecklas tillräckliga energier som skapar en tryckvåg som följd av att partier av LNG avdunstar momentant då kall LNG når det relativt varma vattnet och snabb uppvärmning sker. Det bedöms som osannolikt att konsekvenserna av en RPT skulle kunna skada ett fartygs struktur. Inga specifika konsekvensmodeller är framtagna för RPT, då fenomenet inte anses förvärra konsekvenserna vid ett omfattande utsläpp.

Om ett tryckkärl med flytande komprimerad gas så som en LNG-lagringstank utsätts för extern värmestrålning från exempelvis en pölbrand eller strålbrand intill eller under lagringstanken kan en så kallad Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) ske. Förloppet är sådant att värme från den närliggande branden tillförs lagringstanken som ökar temperaturen och trycket på insidan samtidigt som tankens integritet försvagas av värmestrålningen, vilket leder till att lagringstanken kollapsar. Konsekvenserna av en BLEVE kan vara flygande projektiler från exempelvis lagringstanken samt explosionsövertryck och kraftig värmestrålning då gasen släpps ut med extrem hastighet och turbulens och en eldfront sprids mycket snabbt genom hela den antändliga volymen (eldklot).

LNG anses varken som karcinogent eller toxiskt. Vid utsläpp av större mängder kan gasen däremot minska den syrehaltiga atmosfären och vid tillräckligt lång exponering leda till kvävning för personer i den direkta närheten och särskilt i instängda utrymmen. Då en koncentration av naturgas som kan medföra risk för kvävning är signifikant högre än den nedre brännbarhetsgränsen granskas normalt inte denna konsekvens vid en QRA. Brandrisken är den dimensionerande faktorn.

De kryogena (kylande) effekterna vid utsläpp av LNG kan skada personer i form av köldskador samt försvaga utrustning och strukturer. Då den planerade LNG-terminalen byggs enligt gällande standarder och beprövad teknik antas det att relevanta skydd kommer finnas mot kryogena effekter. Konsekvenser och risker till följd av LNGs kryogena egenskaper antas ha behandlats i HAZID-analysen och inkluderas inte i denna QRA.

3.3.3 Skadekriterier

Beroende på den resulterande konsekvensen av ett scenario kan personer komma till skada. Skadefallet är beroende på vilka nivåer av värmestrålning och övertryck som en person exponeras för. I de

flesta fall är exponeringsgraden direkt kopplat till på vilket avstånd en person befinner sig i samband med att det oönskade scenariot sker.

Följande skadekriterier har använts i den kvantitativa riskanalysen:

För skada på människa orsakat av värmestrålning används skadekriterier enligt Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Skadekriterier – sannolikhet att omkomma vid exponering för värmestrålning (Ref. 9)

Beskrivning (exponering)	Platsspecifik individrisk	Samhällsrisk inomhus	Samhällsrisk utomhus
Innanför en flamma (exempelvis innanför en gasmolnsbrand) Notering: Flammans zon för en gasmolnsbrand definieras av den nedre brännbarhetsgränsen (LFL). Utanför flammen antas att sannolikheten att omkomma är 0.	1	1	1
Värmestrålning	P_{lethal}	0	$0,14 \times P_{lethal}$

Sannolikheten att omkomma P_{lethal} till följd av värmestrålning från pölbrand, strålbrand, gasmolnsbrand ges av probit-sambandet enligt nedan:

$$Pr = -36,38 + 2,56 \times \ln([Q^{4/3} dt]) \text{ (Ref. 9)}$$

Pr – probitvärde som via en probittabell (Tabell 3-3) översätts till sannolikheten att omkomma (P_{lethal}) [-]

Q – värmestrålning under en viss tid t [W/m^2]

t – exponeringstid [s]

Tabell 3-3 Omvandlingstabell mellan probitvärde och sannolikhet Ref. 11)

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
–	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09

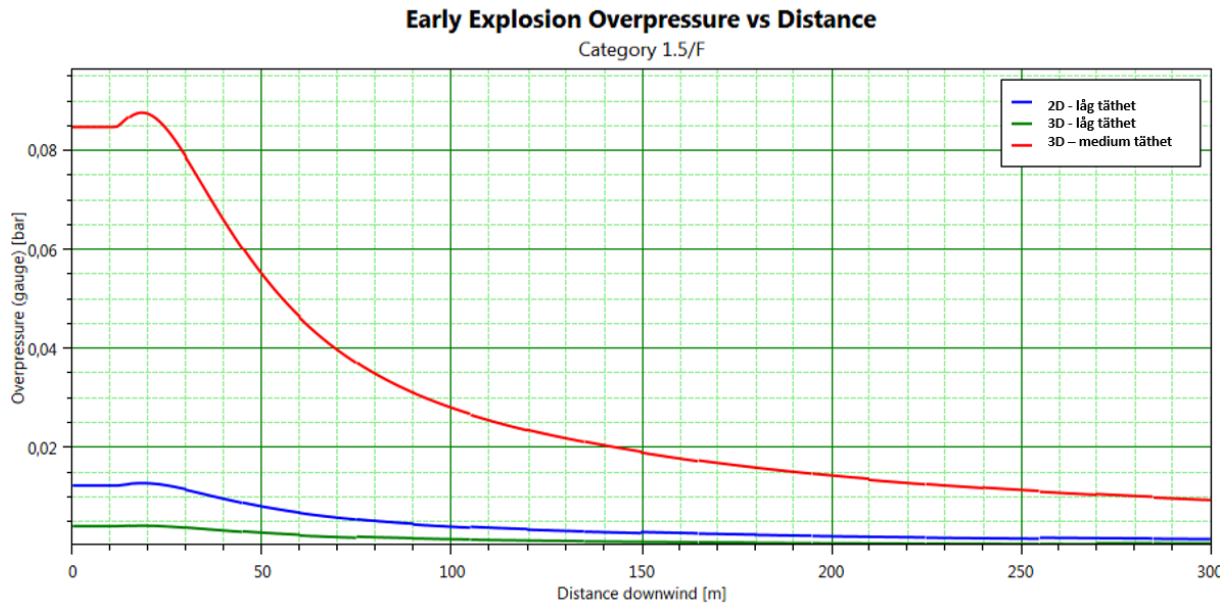
För skada på människa orsakat av övertryck används skadekriterier enligt Tabell 3-4. Värdet 0,3 bar motsvarar tröskeln för trumhinneruptur (Ref. 12).

Tabell 3-4 Skadekriterier – sannolikhet att omkomma vid exponering för övertryck (Ref. 9)

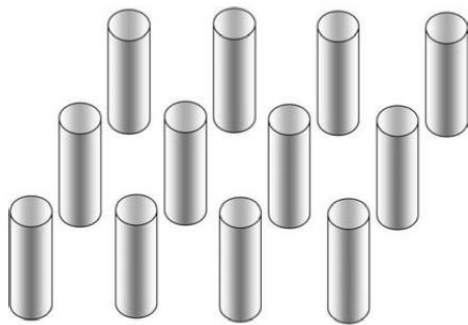
Övertrycksnivå	Platsspecifik individrisk	Samhällsrisk inomhus	Samhällsrisk utomhus
Övertryck \geq 0,3 bar	1	1	1
0,3 bar > övertryck \geq 0,1 bar	0	0,025	0
Övertryck < 0,1 bar	0	0	0

För utsläpp av LNG utomhus med relativt öppen omgivning brukar det antas att flamhastigheten i ett antänt gasmoln med naturgas utomhus blir relativt låg. Därmed genereras också relativt låga övertryck. I den kvantitativa riskanalysen som primärt återger risken för människor inkluderas därför inte slutkonsekvenserna av övertryck då det antas att skadliga övertryck inte når signifikanta avstånd som skulle bidra till riskbilden.

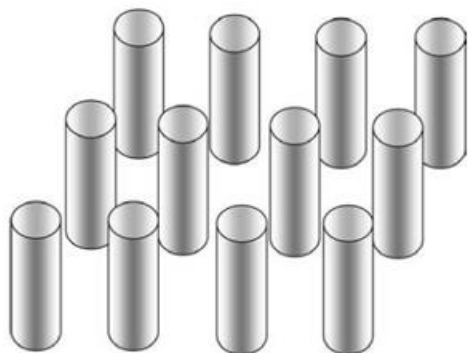
Innan den kvantitativa riskanalysen har en explosionsberäkning utförts med 500 kg LNG som stöd för ovanstående antagande. De övertryck som skapas är beroende av den omgivande tätheten och inneslutningen där scenariot sker. Resultaten från explosionsberäkningen visas i Figur 3-3 med övertryck på vertikalaxeln och motsvarande avstånd på den horisontella axeln. I Figur 3-4 - Figur 3-7 visas tolkning av täthet och inneslutning. Det antas att den planerade LNG-terminalen varken kommer ha inneslutningar eller någon större täthet jämfört med andra större processanläggningar som visas i figurerna nedan. Betingelserna vid den planerade LNG-terminalen skulle därför kunna beskrivas av inneslutningen 3D med låg täthet som medför resultat enligt den gröna linjen i Figur 3-3. Resultaten visar att samtliga värden är under 0,3 bar.



Figur 3-3 Explosionsövertryck genererat från 500 kg LNG



Figur 3-4 Exempel på låg täthet (Ref. 13)



Figur 3-5 Exempel på medium täthet (Ref. 13)



Figur 3-6 Exempel på inneslutning 2D (Ref. 13)



Figur 3-7 Exempel på inneslutning 3D (Ref. 13)

3.3.4 Indata

Scenariospecifika processparametrar som använts för konsekvensberäkningarna presenteras i Tabell 3-5. Parametrar så som kvävtider/varaktigheter, instängda volymer etc. baseras på kombinerad information från processflödesscheman (Bilaga 1), teknisk beskrivning (Ref. 4) av systemet samt bästa uppskattningar i projektet avseende parametrar som ännu inte definierats.

Tabell 3-5 Generell indata per scenario för konsekvensberäkningar

Processutrustning	Scenario	Ämne	Inventarie (massa)	Inventarie (volym)	Temperatur	Tryck (gauge)	Rör- / håldiameter	Rörlängd	Varaktighet för tidsbegränsat utsläpp / stängningstid ventill för utsläpp från lång rörledning	Pumpat inflöde	Konstant flöde
		-	kg	m ³	degC	bar	mm	m	s	kg/s	kg/s
2.3 - Atmosfärisk tank	2.3.1 - Momentant utsläpp	LNG	13 322 900	30 000	-161	0,001					
3.1.1 - Rörledning DN350 - Import	3.1.1.1 - Rörbrott	LNG			-160	6	350			120	156
	3.1.1.2 - Läckage 35 mm hål	LNG			-160	6	35			120	156
	3.1.1.3 - Rörbrott vid vägkorsning	LNG			-160	6	350			120	156
3.1.2 - Recirculation till fartyg (DN350)	3.1.2.1 - Rörbrott	LNG			-160	0,129790665	350			120	1,1
	3.1.2.2 - Läckage 35 mm hål	LNG			-160	0,129790665	35			120	1,1
	3.1.2.3 - Rörbrott vid vägkorsning	LNG			-160	0,129790665	350			120	1,1
3.2.1 - DN350 till fartyg	3.2.1.1 - Rörbrott	LNG			-160	6	350			120	87,5
	3.2.1.2 - Läckage 35 mm hål	LNG			-160	6	350			120	87,5
3.2.2 - DN250 till lastbil	3.2.2.1 - Rörbrott	LNG			-160	6	250			120	12,5
	3.2.2.2 - Läckage 25 mm hål	LNG			-160	6	25			120	12,5
	3.2.2.3 - Rörbrott - recirkulation	LNG			-160	6	250			120	1,1
	3.2.2.4 - Läckage 25 mm hål - recirkulation	LNG			-160	6	25			120	1,1
	3.2.2.5 - Rörbrott	LNG			-160	6	250			120	49
3.2.2.6 - Läckage 25 mm hål	LNG			-160	6	25			120	49	
3.2.3 - DN250 till järnvägsvagn	3.2.3.1 - Rörbrott	LNG			-160	6	250			120	61
	3.2.3.2 - Läckage 25 mm hål	LNG			-160	6	250			120	61
3.3 - Förångare	3.3.1 - Brott 10 tuber 30 minuter	LNG	1 000 000	2 259	-160	10	20	10		1800	
	3.3.2 - Brott 1 tub 30 minuter	LNG	1 000 000	2 259	-160	10	20	10		1800	
	3.3.3 - Läckage 10% av 1 tub i 30 minuter	LNG	1 000 000	2 259	-160	10	2			1800	
3.4 - Naturgasledning DN450	3.4.1 - Rörbrott	NG	1 250	373	10	3,5	450	10			9,16
	3.4.2 - Läckage 45 mm hål	NG	1 250	373	10	3,5	45				
3.6 - Gaskompressor	3.6.1 - Rörbrott DN200	NG	100 000	21 807	-40	4	200	1			2,5
	3.6.2 - Läckage 20 mm hål	NG	100 000	21 807	-40	4	20				
3.7 - Rörledning DN80	3.7.1a - Rörbrott i 30 minuter	LNG	442 610	1 000	-160	8	80	10		1800	6,25
	3.7.1b - Rörbrott i 120 sekunder	LNG	442 610	1 000	-160	8	80	10		120	6,25
	3.7.2 - Läckage 8 mm hål	LNG	442 610	1 000	-160	8	8				
4.1 - Lastbil	4.1.1 - Momentant utsläpp	LNG	28 770	65	-160	6					
	4.1.2 - Utsläpp från största ledning DN50	LNG	28 770	65	-160	6	50	2			
4.2 - Slang lastbil (lossning från lastbil)	4.2.1a - Slangbrott DN50	LNG	28 770	65	-160	6	50	10			12,5
	4.2.1b - Slangbrott DN50	LNG	28 770	65	-160	6	50	10		120	12,5
	4.2.2 - Slangläckage 5 mm	LNG	28 770	65	-160	6	5				
4.3 - Slang lastbil (fyllning av lastbil)	4.3.1a - Slangbrott DN50	LNG	28 770	65	-160	6	50	10			49
	4.3.1b - Slangbrott DN50	LNG	28 770	65	-160	6	50	10		120	49
	4.3.2 - Slangläckage 5 mm	LNG	28 770	65	-160	6	5				
5.1 - Järnvägsvagn	5.1.1 - Momentant utsläpp	LNG	44 261	100	-160	6					
	5.1.2 - Utsläpp från största ledning DN50	LNG	44 261	100	-160	6	50	2			
5.2 - Slang järnvägsvagn	5.2.1a - Slangbrott DN50	LNG	44 261	100	-160	6	50	10			12,5
	5.2.1b - Slangbrott DN50	LNG	44 261	100	-160	6	50	10		120	12,5
	5.2.2 - Slangläckage 5 mm	LNG	44 261	100	-160	6	5				
6.1 - Lastarm	6.1.1a - Lastarmsbrott DN200	LNG	3 319 573	7 500	-160	4	200	10			175
	6.1.1b - Lastarmsbrott DN200	LNG	3 319 573	7 500	-160	4	200	10		120	175
	6.1.2 - Läckage lastarm 20 mm hål	LNG	3 319 573	7 500	-160	4	20				
6.2.1 - Fartygstank 126 m ³	6.2.1 - Utsläpp 126 m ³ 1800 sekunder	LNG	62 898	126	-160	0,038435202				1800	
6.2.2 - Fartygstank 32 m ³	6.2.2 - Utsläpp 32 m ³ 1800 sekunder	LNG	15 974	32	-160	0,038435202				1800	
8.1 - Slang fartyg	8.1.1a - Slangbrott DN150	LNG	663 915	1 500	-160	4	150	10			25
	8.1.1b - Slangbrott DN150	LNG	663 915	1 500	-160	4	150	10		120	25
	8.1.2 - Slangläckage 15 mm	LNG	663 915	1 500	-160	4	15				
8.2 - Lastarm fartyg	8.2.1a - Lastarmsbrott DN200	LNG	663 915	1 500	-160	4	200	10			87,5
	8.2.1b - Lastarmsbrott DN200	LNG	663 915	1 500	-160	4	200	10		120	87,5
	8.2.2 - Läckage lastarm 20 mm hål	LNG	663 915	1 500	-160	4	20				

3.3.5 Väderfall

Konsekvenser har beräknats för två olika väderfall. Väder med Pasquill stabilitetsklass D och en vindhastighet på 5 m/s har valts för att representera ett mer troligt (normalt) väderförhållande. Väderfallet med Pasquill stabilitetsklass F och en vindhastighet på 1,5 m/s representerar i analysen ett vindstilla förhållande som är mindre troligt och anses ogynnsamt vid gasmolnsspridning.

Tabell 3-6 Väderfall använts i den kvantitativa riskanalysen

Väder		
Normalt väder		
Pasquill stabilitetsklass	D	neutralt - lite sol höga vindar/blåsigt natt
Vindhastighet	5	m/s
Ogynnsamt väder		
Pasquill stabilitetsklass	F	neutralt - lite sol höga vindar/blåsigt natt
Vindhastighet	1,5	m/s

3.4 Analys av olycksfrekvenser och beräkning av risk

Scenarion som presenteras i Tabell 3-1 resulterar samtliga i att inneslutningen fallerar och att naturgas eller LNG läcker ut. Respektive scenario i Tabell 3-1 tilldelas en startfrekvens som anger hur ofta det initiala scenariot förväntas ske. Grundfrekvenserna baseras på en QRA-manual (Ref. 9) som vanligtvis följs vid kvantitativa riskanalyser.

Beroende på processtillståndet och läckagepunkten där scenariot uppstår och en kombination av lokala omgivande faktorer kan scenariot resultera i en rad olika konsekvenser enligt Figur 3-2 som i sin tur kan leda till olika skadefall. Konsekvenserna som utvecklas och det slutliga skadefallet påverkas av diverse faktorer längs händelseutvecklingen så som möjligheter till nödavstängning, förekomst av antändningskällor, fysisk omgivning (terräng/topografi), transporter i området, väderförhållanden, förekomst av personer och annan utrustning inom det drabbade området samt en del andra parametrar.

Normalt följer händelseutvecklingen en enkel logik där en viss konsekvens (som i sin tur kan ha olika följdkonsekvenser) antingen inträffar eller också inträffar den inte utan händelseförloppet avbryts (se Figur 3-2). Ett exempel relaterat till föreliggande studie kan vara att ett fordon kör på en LNG-ledning som antingen enbart lätt skadas och förblir intakt utan läckage som följd eller penetreras så att läckage uppstår via det skapade hålet. Om LNG-ledningen förblir intakt avbryts händelseförloppet (ingen konsekvens eller skada på omgivning sker) och vidare händelseutveckling analyseras inte. Om läckage uppstår analyseras händelseutvecklingen vidare.

Baserat på antagna förhållanden anges indata för varje relevant steg (parameter) i händelseutvecklingen som i den använda mjukvaran omvandlas till en sannolikhet och multipliceras med startfrekvensen för att resultera i en slutfrekvens för respektive slutkonsekvens/skadefall. Slutkonsekvenserna/skadefallen och tillhörande beräknade slutfrekvenser kombineras till en riskbild.

Mjukvaran som använts för beräkning av frekvenser och riskbild är Safeti 8.0 utvecklat av DNV-GL. Safeti utför en komplex dynamisk beräkning där startfrekvenser och indata för samtliga relevanta parametrar i händelseutvecklingen kombineras tillsammans med slutkonsekvenser/skadefall för att ge en komplett riskbild för individrisk (individriskkonturer) och samhällsrisk (FN-kurvor).

I Tabell 3-7 presenteras indata som använts för beräkning av frekvenser för slutkonsekvenser och riskbild. Samtliga grundfrekvenser baseras på QRA-manualen (Ref. 9) förutom för påkörning av ledning med fordon (scenarion 3.1.1.3 och 3.1.2.3 "Rörbrott vid vägkorsning") uppskattats baserat på antal passager och generella sannolikheter för mänskligt felhandlande. Som grund för frekvensfördelningen användes tillgänglig projekteringsinformation och information om förhållanden vid det aktuella området. I de fall underlag saknats har kvalificerade antaganden gjorts.

Tabell 3-7 Generell indata per scenario för frekvens- och riskberäkningar

Processutrustning	Scenario	Grundfrekven/Enhet	Enhet	Antal Enhet	Användning	Enhet	Sannolikhet för avstängning	Andel rörbrottbrott /läckage
2.3 - Atmosfärisk tank	2.3.1 - Momentant utsläpp	1,00E-08	per tank och år	1 tank	1	andel av året		
3.1.1 - Rörledning DN350 - Import	3.1.1.1 - Rörbrott	1,00E-07	per m och år	300 m		0,07	andel av året	0,999
	3.1.1.2 - Läckage 35 mm hål	5,00E-07	per m och år	300 m		0,07	andel av året	0,83
	3.1.1.3 - Rörbrott vid vägkorsning	1,00E-05	per år	1,00 andel av grundfrekvensen		0,15	andel av året	0,999
3.1.2 - Recirculation till fartyg (DN350)	3.1.2.1 - Rörbrott	1,00E-07	per m och år	300 m		0,93	andel av året	0,999
	3.1.2.2 - Läckage 35 mm hål	5,00E-07	per m och år	300 m		0,93	andel av året	0,83
	3.1.2.3 - Rörbrott vid vägkorsning	1,00E-05	per år	1,00 andel av grundfrekvensen		0,85	andel av året	0,999
3.2.1 - DN350 till fartyg	3.2.1.1 - Rörbrott	1,00E-07	per m och år	300 m		0,07	andel av året	0,999
	3.2.1.2 - Läckage 35 mm hål	5,00E-07	per m och år	300 m		0,07	andel av året	0,87
3.2.2 - DN250 till lastbil	3.2.2.1 - Rörbrott	1,00E-07	per m och år	150 m		0,21	andel av året	0,999
	3.2.2.2 - Läckage 25 mm hål	5,00E-07	per m och år	150 m		0,21	andel av året	0,83
	3.2.2.3 - Rörbrott - recirkulation	1,00E-07	per m och år	300 m		0,77	andel av året	0,999
	3.2.2.4 - Läckage 25 mm hål - recirkulation	5,00E-07	per m och år	300 m		0,77	andel av året	0,83
	3.2.2.5 - Rörbrott - export	1,00E-07	per m och år	150 m		0,03	andel av året	0,999
	3.2.2.6 - Läckage 25 mm hål - export	5,00E-07	per m och år	150 m		0,03	andel av året	0,83
3.2.3 - DN350 to train	3.2.3.1 - Rörbrott	1,00E-07	per m och år	300 m		0,10	andel av året	0,999
	3.2.3.2 - Läckage 35 mm hål	5,00E-07	per m och år	300 m		0,10	andel av året	0,87
3.3 - Förångare	3.3.1 - Brott 10 tuber 30 minuter	1,00E-05	per förångare och år	2 förångare		1	andel av året	
	3.3.2 - Brott 1 tub 30 minuter	1,00E-03	per förångare och år	2 förångare		1	andel av året	
	3.3.3 - Läckage 10% av 1 tub i 30 minuter	1,00E-02	per förångare och år	2 förångare		1	andel av året	
3.4 - Naturgasledning DN450	3.4.1 - Rörbrott	1,00E-07	per m och år	350 m		1	andel av året	0,17
	3.4.2 - Läckage 45 mm hål	5,00E-07	per m och år	350 m		1	andel av året	0,83
3.6 - Gaskompressor	3.6.1 - Rörbrott DN200	1,00E-04	per år	2 kompressorer		1,00	andel av året	
	3.6.2 - Läckage 20 mm hål	4,40E-03	per år	2 kompressorer		1,00	andel av året	
3.7 - Rörledning DN80	3.7.1a - Rörbrott i 30 minuter	3,00E-07	per m och år	110 m		1,00	andel av året	0,00013
	3.7.1b - Rörbrott i 120 sekunder	1,00E+00	per m och år	110 m		1,00	andel av året	0,12987
	3.7.2 - Läckage 8 mm hål	2,00E-06	per m och år	110 m		1,00	andel av året	0,87
4.1 - Lastbil	4.1.1 - Momentant utsläpp	5,00E-07	per år	1 pcs		0,23	andel av året	
	4.1.2 - Utsläpp från största ledning DN50	5,00E-07	per år	1 pcs		0,23	andel av året	
4.2 - Slang lastbil (lossning från lastbil)	4.2.1a - Slangbrott	4,00E-06	per timme	1 pcs		1825	timmar per år	0,001
	4.2.1b - Slangbrott 120 s	4,00E-06	per timme	1 pcs		1825	timmar per år	0,999
	4.2.2 - Slangläckage 5 mm	4,00E-05	per timme	1 pcs		1825	timmar per år	
4.3 - Slang lastbil (fyllning av lastbil)	4.3.1a - Slangbrott	4,00E-06	per timme	1 pcs		220	timmar per år	0,001
	4.3.1b - Slangbrott 120 s	4,00E-06	per timme	1 pcs		220	timmar per år	0,999
	4.3.2 - Slangläckage 5 mm	4,00E-05	per timme	1 pcs		220	timmar per år	
5.1 - Järnvägsvagn	5.1.1 - Momentant utsläpp	5,00E-07	per år	1 pcs		0,52	andel av året	
	5.1.2 - Utsläpp från största ledning DN50	5,00E-07	per år	1 pcs		0,52	andel av året	
5.2 - Slang järnvägsvagn	5.2.1a - Slangbrott DN50	4,00E-06	per timme	1 pcs		4560	timmar per år	0,001
	5.2.1b - Slangbrott DN50 120 s	4,00E-06	per timme	1 pcs		4560	timmar per år	0,999
	5.2.2 - Slangläckage 5 mm	4,00E-05	per timme	1 pcs		4560	timmar per år	
6.1 - Lastarm	6.1.1a - Lastarmsbrott DN200	3,00E-08	per timme	1 pcs		636	timmar per år	0,001
	6.1.1b - Lastarmsbrott DN200 120 s	3,00E-08	per timme	1 pcs		636	timmar per år	0,999
	6.1.2 - Läckage lastarm 20 mm hål	3,00E-07	per timme	1 pcs		636	timmar per år	
6.2.1 - Fartygstank 126 m ³	6.2.1 - Utsläpp 126 m ³ 1800 sekunder	8,04E-15	sannolikhet för kursavvikelse och läckage vid kollision	547 fartyg i farled per år		520	timmar per år	
6.2.2 - Fartygstank 32 m ³	6.2.2 - Utsläpp 32 m ³ 1800 sekunder	1,68E-12	sannolikhet för kursavvikelse och läckage vid kollision	547 fartyg i farled per år		520	timmar per år	
8.1 - Slang fartyg	8.1.1a - Slangbrott DN150	4,00E-06	per timme	1 pcs		129	timmar per år	0,1
	8.1.1b - Slangbrott DN150 120 s	4,00E-06	per timme	1 pcs		129	timmar per år	0,9
	8.1.2 - Slangläckage 15 mm	4,00E-05	per timme	1 pcs		129	timmar per år	
8.2 - Lastarm fartyg	8.2.1a - Lastarmsbrott DN200	3,00E-08	per timme	1 pcs		511	timmar per år	0,001
	8.2.1b - Lastarmsbrott DN200 120 s	3,00E-08	per timme	1 pcs		511	timmar per år	0,999
	8.2.2 - Lastarmsläckage 20 mm	3,00E-07	per timme	1 pcs		511	timmar per år	

3.4.1 Individrisk

Två olika riskbilder tas fram avseende individrisk. Platsspecifik individrisk definieras som risken att omkomma för en hypotetisk person som antas befinna sig kontinuerligt oskyddad på en specifik plats, t. ex. på ett specifikt avstånd från en industri eller transportled (Ref. 2). I kvantitativa riskanalyser används den platsspecifika individrisken för att visa riskbilden för allmänheten och närboende då det konservativt antas att de kontinuerligt befinner sig i sina hem. Den oskyddade allmänheten brukar i kvantitativa riskanalyser benämnas som 3:e personer.

Personspecifik individrisk definieras som risken att omkomma med hänsyn tagen till att individen ifråga inte befinner sig på samma (exponerade) plats hela tiden (Ref. 3). För att återge risken för en specifik arbetare reduceras normalt den platsspecifika individrisken med en faktor 4 (Ref. 3). Det antas att ingen arbetare är närvarande mer än 45 timmar per vecka och 48 veckor per år samt att arbetarna inte bor så nära anläggningen att de upplever risker när de inte är i tjänsten och att riskerna är jämnt fördelade över dygnet (Ref. 3). Personal på närliggande verksamheter brukar i kvantitativa riskanalyser benämnas som 2:a personer.

Individrisk presenteras vanligtvis som individriskkonturer på en karta. Individriskkonturerna är avstånd från en anläggning med en total beräknad risk för att omkomma per år. Risker att omkomma anges normalt som tiopotenser (10^{-4} per år, 10^{-5} per år, 10^{-6} per år, o.s.v.).

Den beräknade individrisken presenteras i avsnitt 5.1.

3.4.2 Samhällsrisk

Individrisken ger inget mått på hur stor risken är, ur samhällets synpunkt att någon (vem som helst) ska drabbas av en olycka. Individrisken ger heller ingen information om hur allvarliga de samlade konsekvenserna kan bli (d.v.s. hur många personer som kan omkomma i värsta fall). Begreppet samhällsrisk syftar till att belysa dessa frågor. Samhällsrisk kan uttryckas i form av FN¹-kurvor som visar sambandet mellan skadehändelsers frekvens och antal omkomna. Konsekvensen uttrycks som antal omkomna och frekvensen uttrycks som kumulativ frekvens för händelser med en eller flera omkomna per år. FN-kurvan presenteras i logaritmisk skala.

Beräknad samhällsrisk presenteras i avsnitt 5.2.

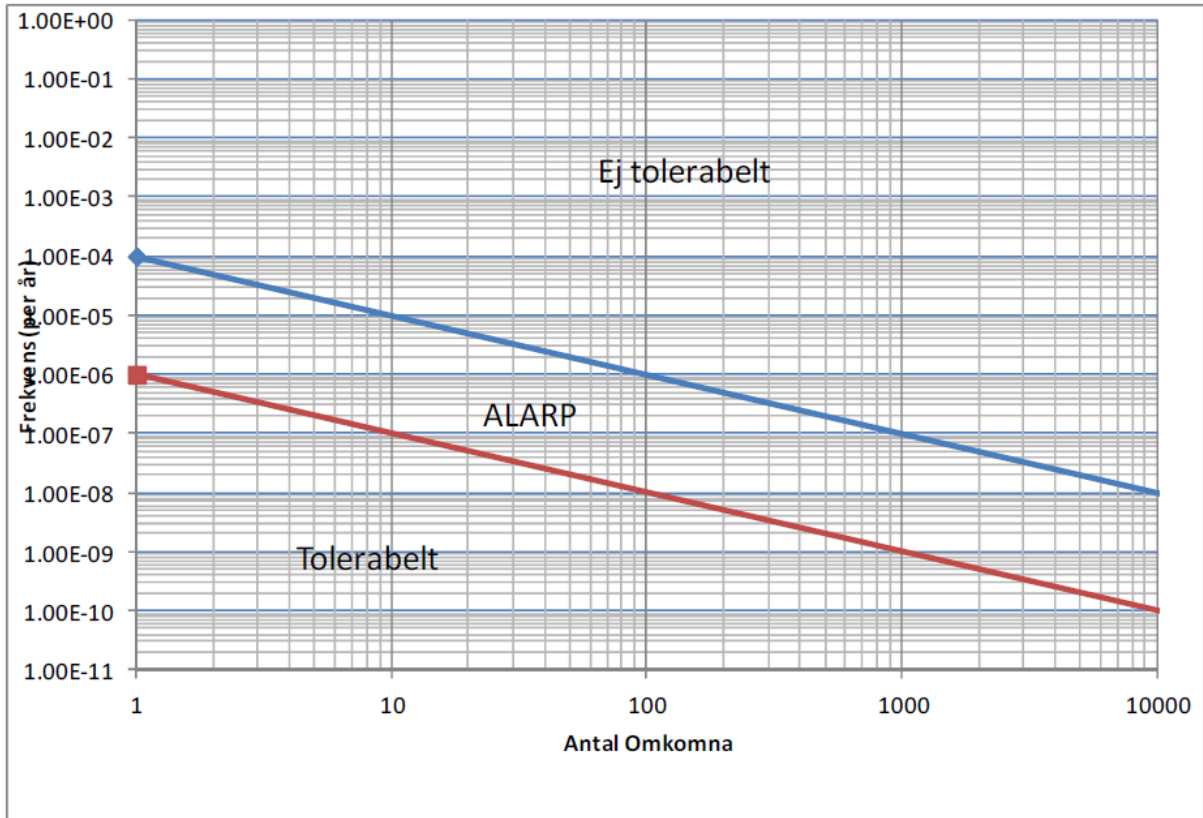
3.5 Riskacceptanskriterier och riskvärdering

Beräknad individ- och samhällsrisk jämförs mot i projektet valda riskacceptanskriterier. Riskacceptanskriterier som valt att användas baseras på förslag från Intresseföreningen för processsäkerhet (IPS).

För 3:e- och 2:a-personer avseende individrisk föreslår IPS att maximalt tolerabel risk för nyetablering ska vara 10^{-6} per år (Ref. 2). I tillägg föreslås att försumbar risk för nyetablering ska vara under 10^{-8} per år. I spannet mellan dessa två värden bör det värderas huruvida nödvändiga åtgärder för riskreduktion behövs.

Avseende samhällsrisk för nyetableringar föreslår IPS riskacceptanskriterier enligt Figur 3-8. Tolerabel samhällsrisk anges av en linje (blå linje i figuren) dragen genom punkterna 1 omkommen per 10 000 år samt 100 omkomna per 1 000 000 år (Ref. 2). Den röda linjen anger den undre ALARP-gränsen. I det så kallade ALARP-området bör det värderas huruvida nödvändiga åtgärder för riskreduktion behövs.

¹ F betecknar kumulativa frekvensen för olyckor som drabbar N personer eller fler.



Figur 3-8 Föreslagna riskacceptanskriterier för samhällsrisk (FN-kurva)

4 Dominoeffekter och eskaleringspotential

I tillägg till den framtagna riskbilden utreds huruvida scenarion från den planerade LNG-terminalen skulle kunna påverka extern utrustning i omgivningen som kan orsaka i dominoeffekter med katastrofala händelser.

Nedanstående tre typer av scenarion från den planerade LNG-terminalen skulle kunna medföra externa dominoeffekter:

- Explosioner med signifikant övertryck beroende på hur känsligt påverkat objekt är för övertryck
- Splitter till följd av katastrofal bristning av tryckutrustning (t.ex. BLEVE)
- Bränder med en kombination av signifikant värmestrålning och varaktighet (strål- och/eller pölbrand)

Kriterier i Tabell 4-1 används för bedömning av potentiell skada på extern utrustning.

Tabell 4-1 Känslighetskriterier för extern utrustning (Ref. 14, 15)

Känslighetskriterier för extern utrustning			
Kriterier för övertryck			Varaktighet
Tryckförvaring Kriterium för LPG-tank	0,45	bar	Momentant
Transportrörledningar ovan mark Kriterium för råoljeledning	0,45	bar	Momentant
Kriterier för värmestrålning			
Skada på processutrustning och strukturell skada inklusive lagringstankar Kriterium för både LPG-tank och råoljeledning	35	kW/m ²	Exponering över 30 minuter

Med hänvisning till avsnitt 3.3.3 och terminalens relativt öppna layout samt brist på inneslutna och täta platser anses en explosion med signifikant övertryck som kan orsaka katastrofal skada på objekt utanför anläggningen som osannolik. Antaget värstafallscenario genererar 0,45 bar övertryck på avståndet ca. 45 m. Det mest konservativa scenariot i Figur 3-3 genererar 0,09 bar som maximalt övertryck. Konsekvenser av övertryck på närliggande omgivning anses inte behöva vidare utredning.

Explosionsscenario (exempelvis BLEVE) kan, förutom övertryck, generera ett eldklot och splitter. Effekterna av ett eldklot är inkluderade som scenarion i riskbilden avseende påverkan på personer. Det anses inte relevant att utreda effekten av ett eventuellt eldklot på extern utrustning då varaktigheten inte anses som signifikant för att kunna orsaka dominoeffekter på utrustning utanför LNG-terminalen. Som vi redan har konstaterat betraktas dock frekvensen för en sådan händelse som för låg för att vara

ett relevant, "dominoframkallande" scenario utanför anläggningen. Eventuella sluteffekter av splitter och projektiler som får sporadisk spridning är svåra att bedöma i samband med ett explosionsscenario. Som nämnt tidigare anses det att sannolikheten är låg för explosionsscenario och efterföljande slutkonsekvenser.

En förutsättning för att en brand ska kunna orsaka katastrofal skada på annan utrustning är att branden har en relativt lång varaktighet (>30 minuter) och att brandens flamma avger en skadlig värmestrålning (>35 kW/m²). På liknande sätt som övertryck avtar värmestrålning relativt snabbt som funktion av avståndet från branden. Objekt som befinner sig på tillräckligt avstånd från en LNG-brand utsätts normalt för betydligt mindre värmestrålning än vad flammen maximalt avger.

LNG-pölbränder brinner vanligen inte särskilt länge till följd av pölens snabba avdunstning samt pågående förbränning. Varaktigheten beror på utsläppets omfattning och LNG-pölens storlek. Normalt begränsas utsläppets varaktighet och omfattning av nödavstängningssystem. En varaktig brand kan uppstå om en pölbrand fortsätter att matas med LNG (t.ex. vid ett utsläpp där skyddssystemen fallerar).

En strålbrand av LNG eller NG har normalt en begränsad tidslängd och omgivningseffekt, av följande orsaker:

- Snabb frånskiljning av anslutna system (t.ex. ESD-ventiler i ledningar eller monterade på fartyg) stoppar bränsleflödet till strålen. För beskrivning av tekniska säkerhetssystem för den planerade LNG-anläggningen hänvisas till den tekniska beskrivningen (Ref. 4).
- Det snabba tryckfallet i systemet uppströms från öppningen ger en svagare stråle.
- Strålbrandens flamlängd och tillhörande skadliga värmeutstrålning når sällan betydande avstånd utanför anläggningens område. För känsliga objekt eller anordningar med skadliga ämnen som finns nära anläggningsgränsen görs normalt en separat studie.

Som riskkriterium för kumulativ extern eskaleringsrisk används ofta grundfrekvensen för katastrofalt fel för det exponerade objektet. I liknande riskanalysstudier för LNG-terminaler i Sverige används resonerandet att grundfelfrekvensen för utrustningen i fråga bör vara en storleksordning högre jämfört med den beräknade kumulativa risken som påverkar samma utrustning. En ökning av grundfrekvensen för katastrofalt fel med mindre än 10 % anses normalt som tolerabelt.

Grundfrekvenser för katastrofalt fel är för en LPG-tank 5×10^{-7} per år och $1,3 \times 10^{-5}$ för ca. 130 meter råoljeledning längs LNG-terminalens östra sida (Ref. 9).

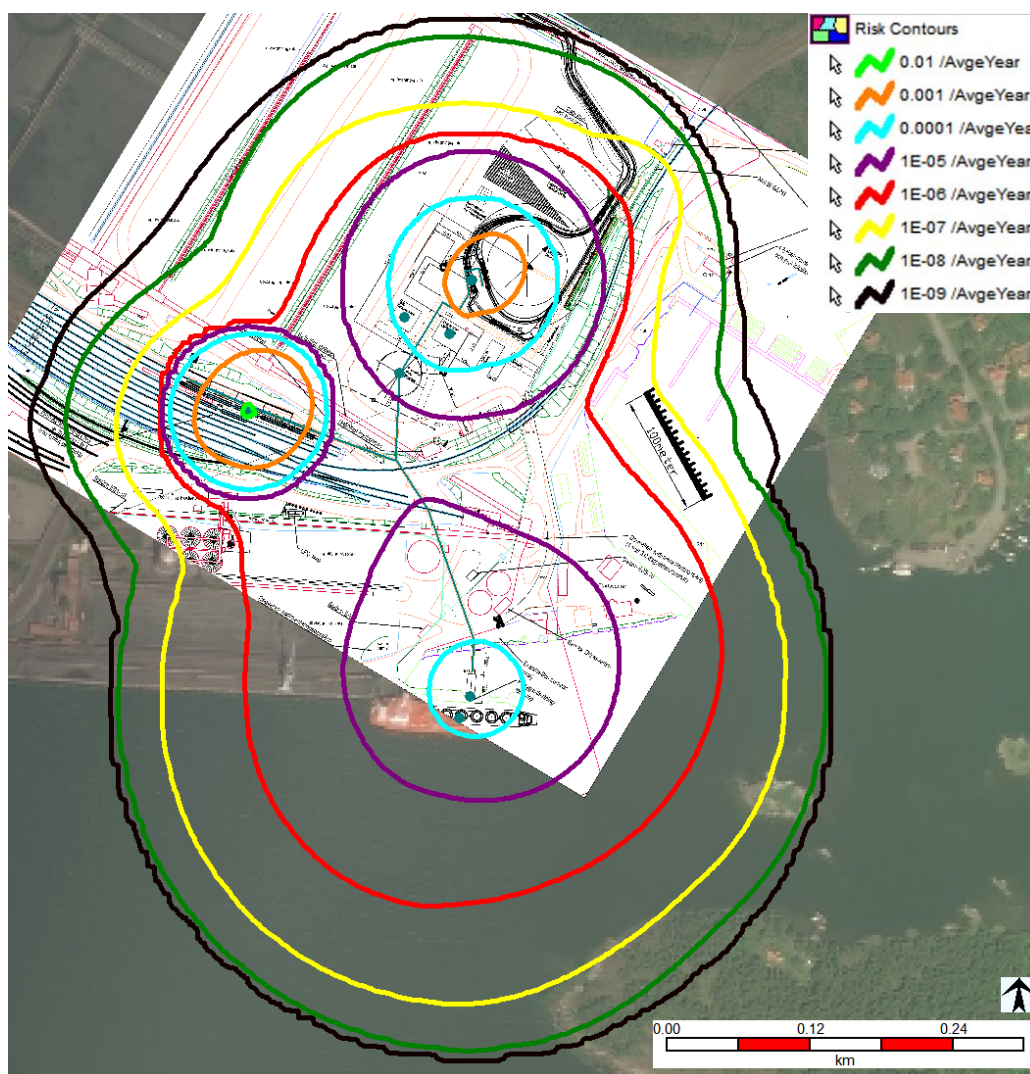
I Figur 5-4 presenteras beräknade kumulativa riskkonturer för strålningsnivån 35 kW/m² som följd av relevanta brandscenarion (med signifikant varaktighet) på LNG-anläggningen. Resultaten ger risken för dominoeffekter på närliggande LPG-tank och råoljeledning.

5 Resultat

I föreliggande kapitel sammanfattas erhållna resultat från den kvantitativa riskanalysen för den planerade LNG-terminalen i Oxelösunds hamn.

5.1 Individrisk

I Figur 5-1 presenteras den platsspecifika individrisken som den planerade LNG-terminalen medför. Den röda konturen i figuren motsvarar risknivån 10^{-6} . Individrisken för Gamla Oxelösund är signifikant lägre än 10^{-8} per år som är gränsen för försumbar risk. Således visar resultaten på en tolerabel risk för 3:e person d.v.s. eventuella permanent bosatta personer och övriga boende inom Gamla Oxelösund. Småbåtshamnen som ligger mellan den planerade LNG-terminalen och Gamla Oxelösund skulle utsättas för en platsspecifik individrisk i intervallet 10^{-9} - 10^{-7} per år. Förutsatt att det inte finns permanent bosatta personer inom småbåtshamnen är risken i själva verket betydligt mindre. Med antagandet att en viss person befinner sig inom småbåtshamnen 8 timmar varje dag under de tre sommarmånaderna (närvaro 8,22% av tiden) skulle risken för småbåtshamnen vara i intervallet $8,22 \cdot 10^{-11}$ - $8,22 \cdot 10^{-9}$ per år. Med detta resultat kan risken för hela småbåtshamnen ses som försumbar. I Tabell 5-1 presenteras största bidraget till risk för ansatt punkt i småbåtshamnen och i Tabell 5-2 motsvarande information för en godtycklig punkt vid gränsen till Gamla Oxelösund från terminalen sett.



Figur 5-1 Platsspecifik individrisk för fullt utbyggd LNG-terminal

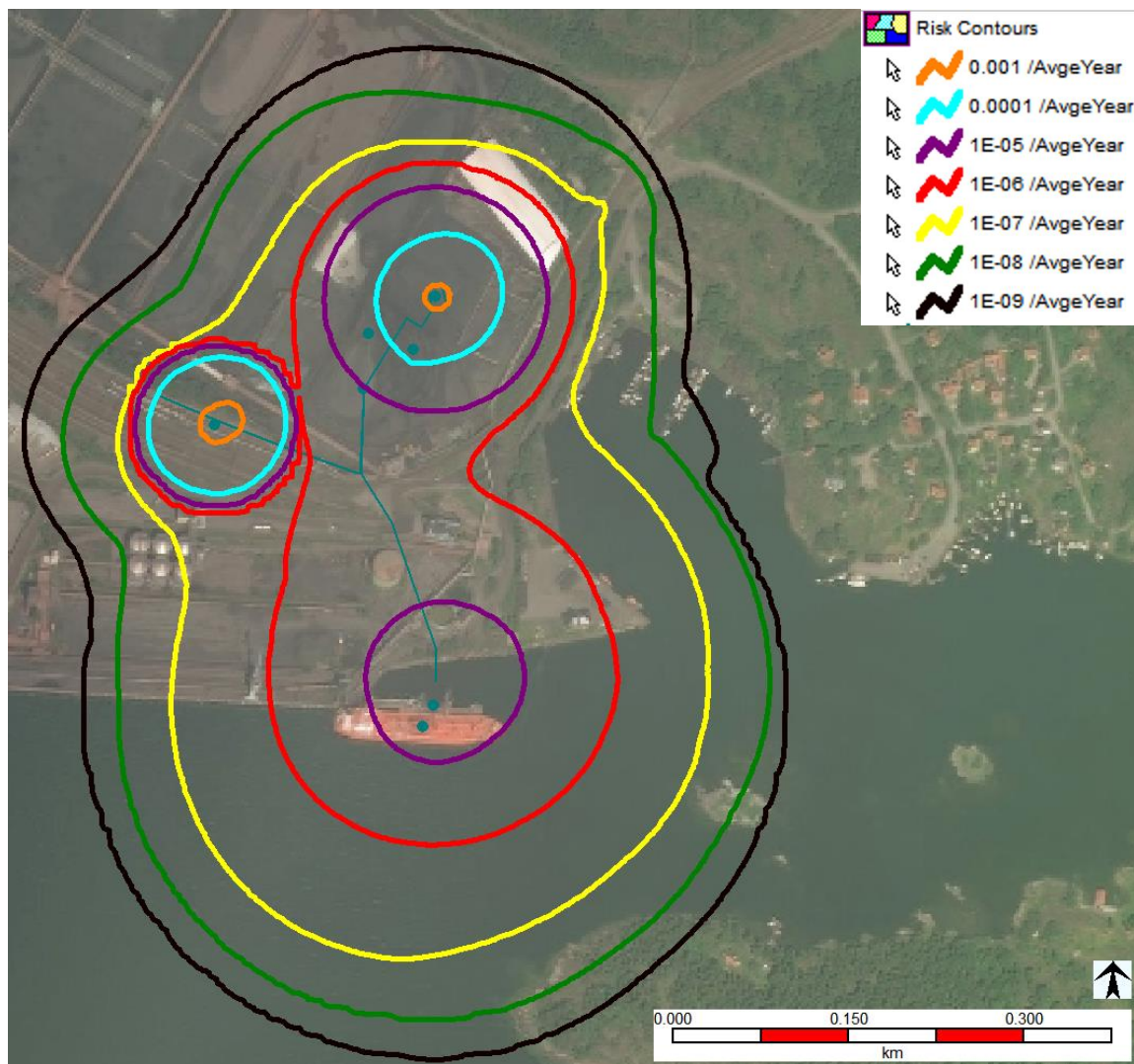
Tabell 5-1 Bidrag till platsspecifik (100% närvaro) utomhusrisk i Småbåtshamnen

Utrustning och scenario	Frekvensbidrag per år	Andel av total utomhusrisk i punkten
Platsspecifik risk vid Småbåtshamnen	6,97E-08 <i>(Med årlig närvaro på 8,22% blir risken vid samma godtyckliga punkt försumbar, 5,73E-09/år)</i>	100%
Fyllning av lastbil: 4.3.1b – Slangbrott DN50 (120 s)	3,16E-08	45,32%
Summerad andel från övriga scenarion	3,81E-08	54,68%

Tabell 5-2 Bidrag till platsspecifik (100% närvaro) risk vid gränsen till Gamla Oxelösund

Utrustning och scenario	Frekvensbidrag per år	Andel av total i punkten
Platsspecifik risk vid gräns till Gamla Oxelösund	9,46E-15 (försumbar risk ty $\ll 10^{-8}$/år)	100%
2.3 – Atmosfärisk tanka – Momentant utsläpp	9,46E-15 (försumbar risk ty $\ll 10^{-8}$ /år)	100%
Summerad andel från övriga scenarion	0	0%

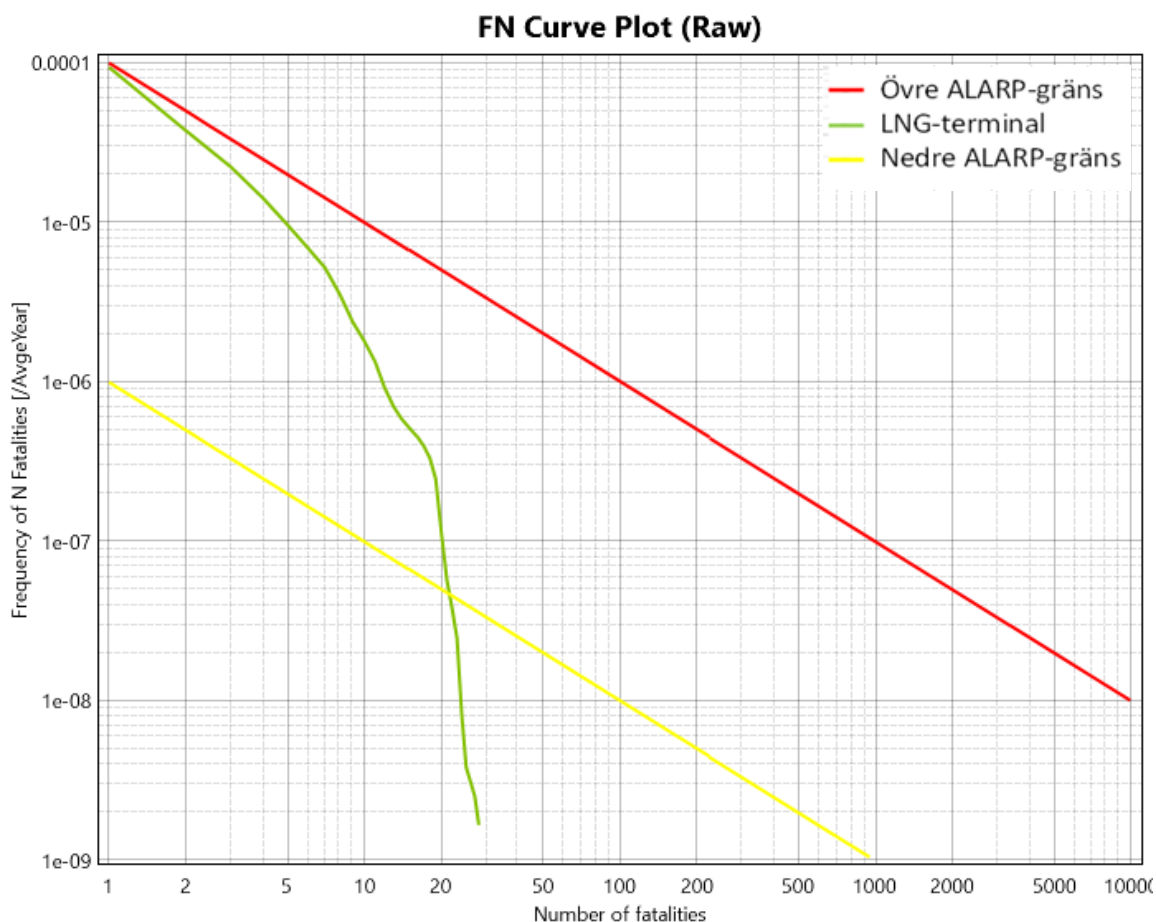
I Figur 5-2 visas den beräknade personspecifika individrisken (risk för 2:a person). I figuren motsvarar den röda konturen risknivån 10^{-6} per år. Område 3 (Sjöfartsverket) och ett hörn av område 11 (Svenska Foder AB) skulle utsättas för en risk i intervallet 10^{-6} – 10^{-5} per år och hamnar således över det av IPS föreslagna riskacceptanskriteriet. Delar av område 1 (Lageryta C Lagertältet norr om terminalen) utsätts för en risk i spannet mellan 10^{-4} och 10^{-6} per år.



Figur 5-2 Personspecifik individrisk för fullt utbyggd LNG-terminal

5.2 Samhällsrisk

I Figur 5-3 presenteras den beräknade samhällsrisk i form av en FN-kurva. Längs horisontalaxeln visas konsekvensen som antal omkomna. Den vertikala axeln anger den kumulativa frekvenser per år för händelser med en eller flera omkomna per år. Den beräknade FN-kurvan för den planerade LNG-terminalen hamnar under gränsen för tolerabel samhällsrisk (röd linje i figuren) enligt IPS. Då den större delen av FN-kurvan befinner sig inom det så kallade ALARP-området bör det värderas huruvida nödvändiga åtgärder för riskreduktion behövs.



Figur 5-3 FN-kurva - Samhällsrisk för fullt utbyggd LNG-terminal

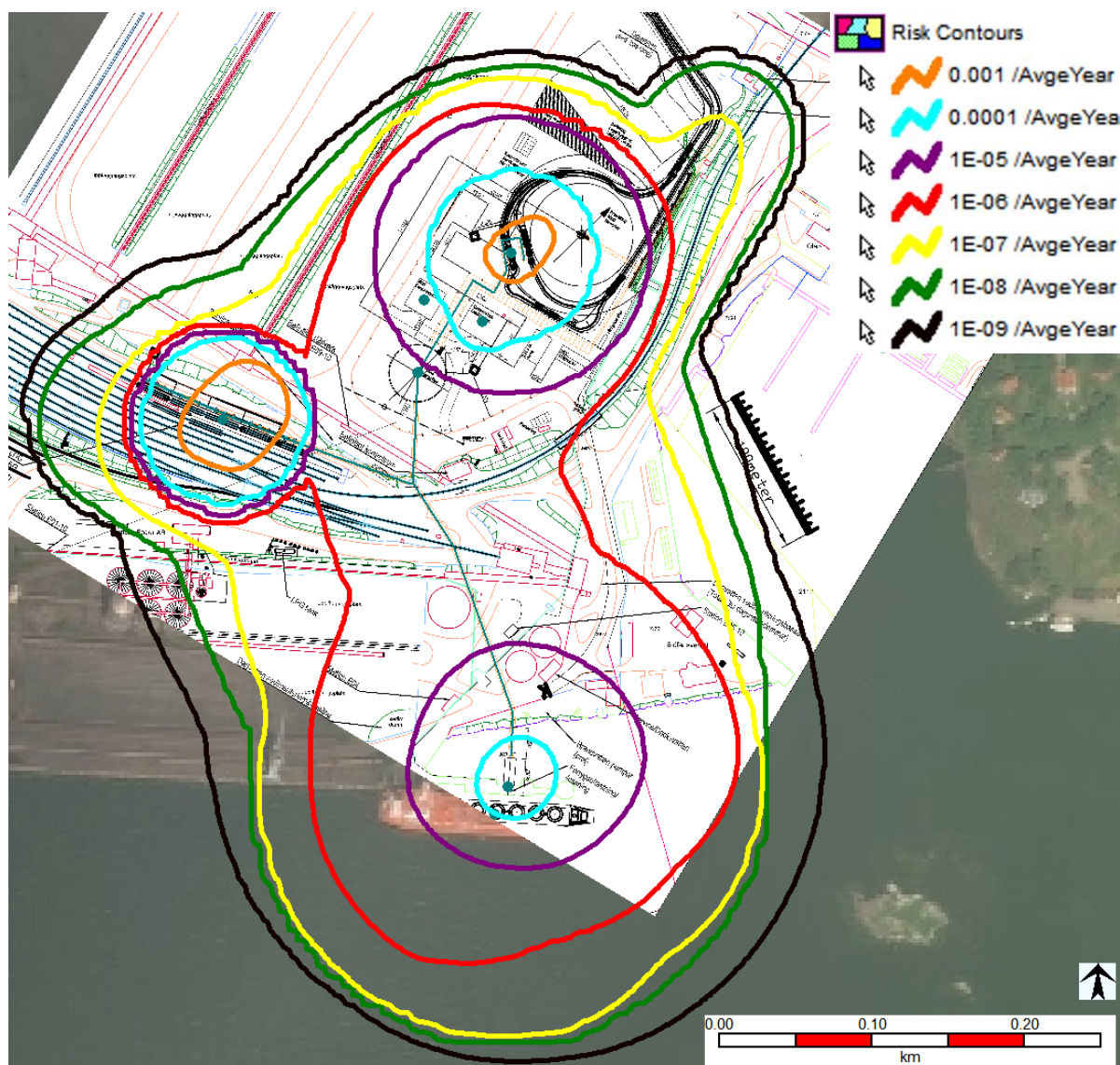
5.3 Dominoeffekter, eskalering och worst case scenario

I Figur 5-4 visas beräknad platsspecifik kumulativ risk för exponering mot strålningsnivån 35 kW/m². I Tabell 5-3 presenteras beräknad risk för att LPG-tanken och råoljeledningen påverkas av strålningsnivån 35 kW/m² med signifikant varaktighet.

Tabell 5-3 Kumulativ risk för påverkan på extern utrustning

Risk för påverkan på LPG-tank och råoljeledning med strålningen 35 kW/m ²		
Beräknad kumulativ risk	Kriterium för jämförelse	Resultat
LPG-tank: f1 = 4,89 x 10 ⁻⁷ per år	f1 ≤ 10 % x 5 x 10 ⁻⁷ per år	f1 > 10 % x 5 x 10 ⁻⁷ per år
Råoljeledning: f2 = 1,52 x 10 ⁻⁷ per år	f2 ≤ 10 % x 1,3 x 10 ⁻⁵ per år	f2 < 10 % x 1,3 x 10 ⁻⁵ per år

Resultaten indikerar att den kumulativa frekvensen är högre än 10 % av LPG-tankens grundfelfrekvens för katastrofalt fel. Resultaten indikerar att den kumulativa frekvensen är lägre än 10 % av råoljaledningens grundfelfrekvens för katastrofalt fel.



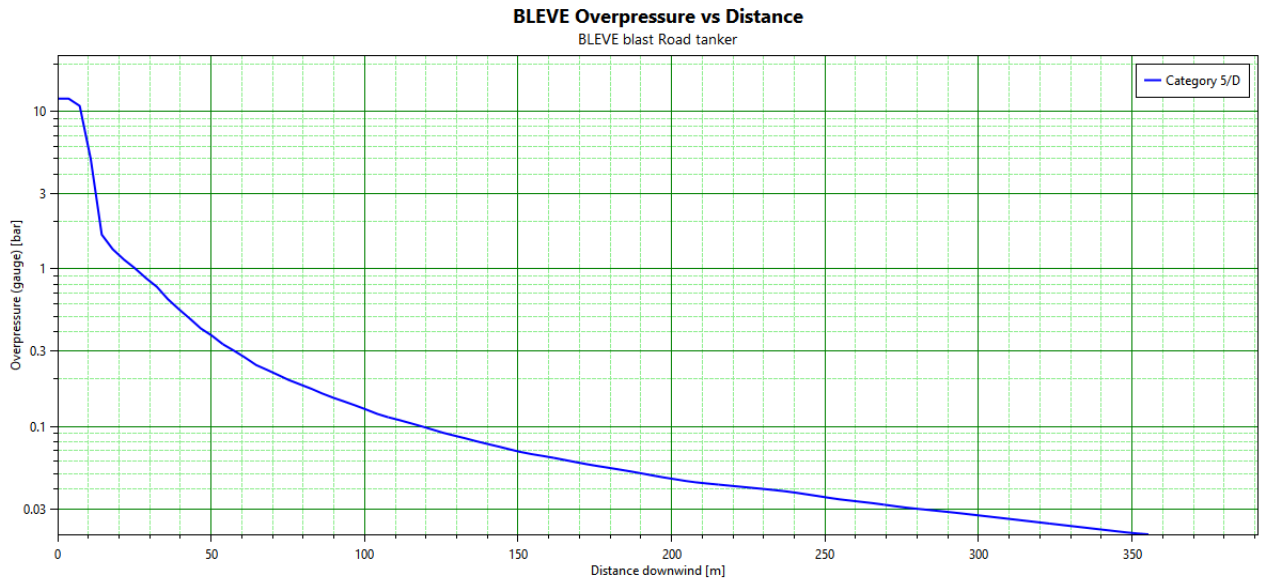
Figur 5-4 Kumulativ risk för påverkan från strålningsnivån 35 kW/m²

Den beräknade risken för påverkan på LPG-tanken består av kombinerat riskbidrag från flertalet scenarier från LNG-anläggningen.

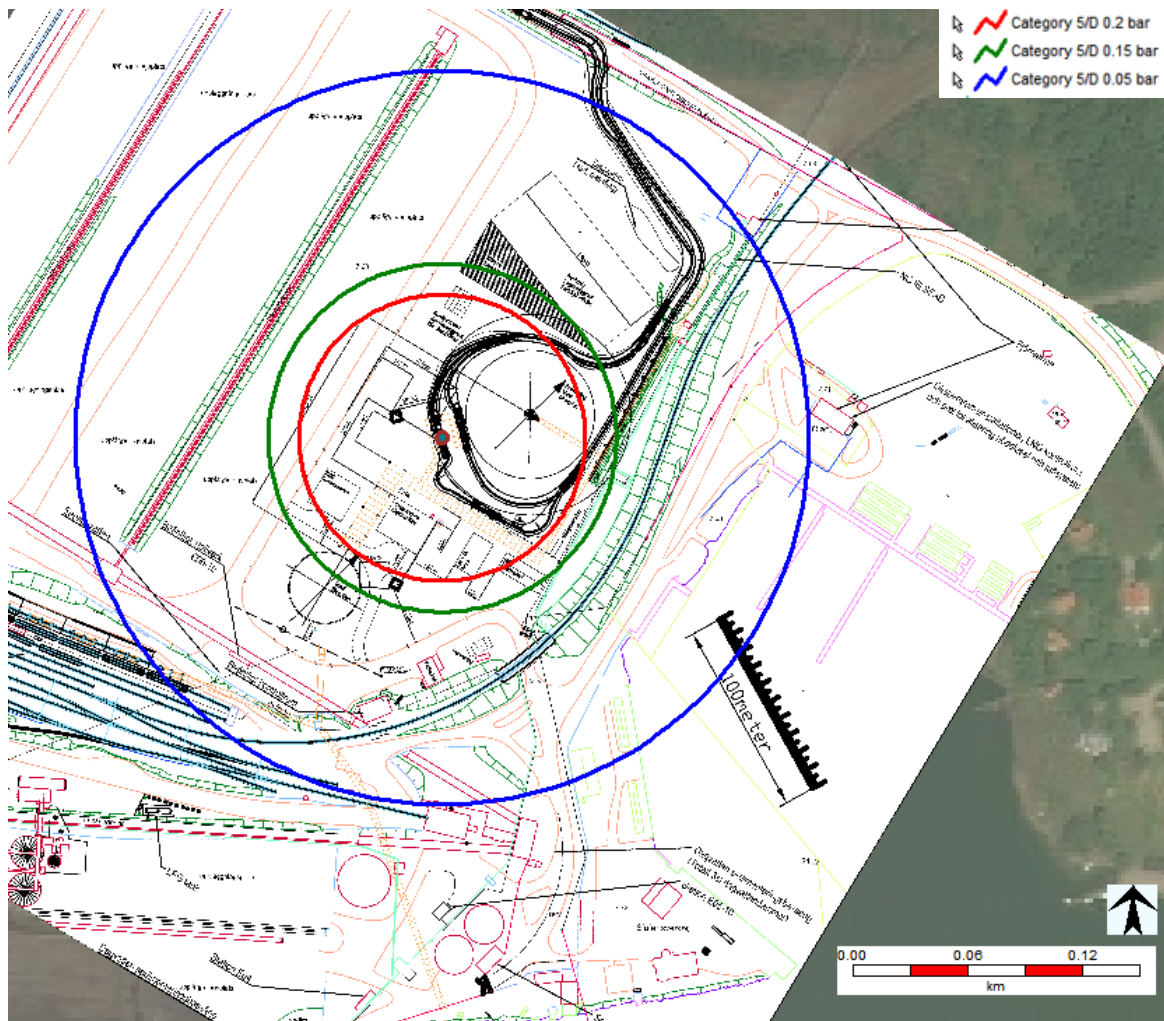
5.3.1 Worst case

Eftersom samtliga identifierade utsläppsscenarion förutom explosionsövertryck inkluderas i den kvantitativa riskanalysen görs valet att presentera övertryck från en BLEVE, som genereras från en trycksatt lastbilstank, som ett värstafallscenario. Beräkningarna baseras på designtrycket 12 bar(g) för en tank med längden 15 m och diametern 3 m. I Figur 5-5 presenteras erhållna övertryck på vertikalaxeln och

avstånd från tanken (scenariot) på den horisontella axeln. I Figur 5-6 visas avstånd till konturer som motsvarar övertrycksnivåerna 0,05 bar (blå linje), 0,15 (grön linje) och 0,20 bar (röd linje). Övertrycksnivåerna som presenteras är valda för att på en karta över området visa att övertrycksnivåerna avtar exponentiellt med avståndet. Resultaten indikerar att skadliga övertryck är begränsade till LNG-terminalens område.



Figur 5-5 Övertryck från BLEVE som en LNG-trycktank genererar



Figur 5-6 Övertryckskonturer från BLEVE som en LNG-trycktank genererar

BLEVE är oftast ett eskaleringsscenario som normalt föregås av ett initierande scenario som leder till en brand belägen under eller intill ett lagringskärl. Generellt är förutsättningen för en BLEVE att branden är av signifikant varaktighet och på ett sådant avstånd från tanken med en värmestrålningsnivå som medför förhöjd temperatur i tanken och som försvagar tankens integritet.

Det anses att en uppsamlingsbassäng under eller i direkt närhet till lagringstankar är kontraproduktiv då risken finns att tankar utsätts för en pölbrand (som kan leda till en BLEVE) i händelse av läckage. Normalt undviks ett sådant scenario genom att avleda ett läckage till säker plats på avstånd från lagringstankarna. Den planerade LNG-anläggningen utformas enligt aktuella normer, standarder (SS-EN 1473) och praxis för att minimera risken för läckage av LNG. Den inbyggda säkerheten kommer att vara ett primärt skydd mot brand i anläggningen samtidigt som fokus i händelse av brand kommer vara på kylning av utrustning för att minimera spridning av brand och eskalering så som en BLEVE.

6 Diskussion av resultat och slutsats

Nedanför sammanfattas erhållna resultat från den kvantitativa riskanalysen.

- Den beräknade platsspecifika individrisken för 3:e person (allmänheten) i Gamla Oxelösund är signifikant lägre än kriteriet 10^{-8} per år som är kriterium för försumbar risk. Detta innebär att risken för eventuella permanent bosatta personer och övriga boende inom Gamla Oxelösund från den planerade LNG-terminalen är försumbar.

- Småbåtshamnen som ligger mellan den planerade LNG-terminalen och Gamla Oxelösund utsätts enligt beräknade resultat för en platsspecifik individrisk (risk för 3:e person/allmänheten) i intervallet 10^{-9} - 10^{-7} per år. Enligt föreslagna riskacceptanskriterier är risken i hela småbåtshamnen under det tolerabla värdet 10^{-6} per år. Då småbåtshamnen är ett fritidsområde och den platsspecifika individrisken anger risken för en person som uppehåller sig kontinuerligt inom området (d.v.s. 100 % av tiden) anses den beräknade platsspecifika individrisken för småbåtshamnen vara en överskattning. Förutsatt att det inte finns permanent bosatta personer inom småbåtshamnen är risken i verkligheten signifikant lägre än den beräknade och kan således ses som försumbar.

- Den beräknade personspecifika individrisken som anger risken för 2:a person (arbetare) i omgivning- en indikerar att område 3 (Sjöfartsverket) och ett hörn av område 11 (Svenska Foder AB) skulle utsättas för en risk i intervallet 10^{-6} - 10^{-5} per år och hamnar således över det av IPS föreslagna riskacceptanskriteriet. Riskbilden visar att delar av område 1 (Lageryta C och Lagertältet norr om terminalen) utsätts för en risk i spannet mellan 10^{-4} och 10^{-6} per år. Om det för Lageryta C och Lagertältet inte är sannolikt att en arbetare under hela arbetspasset året runt befinner sig inom de delområdena med förhöjd risk är den verkliga risken i ett intervall lägre än 10^{-4} - 10^{-6} . Liknande resonemang går att föra för delar av Sjöfartsverkets område. För Svenska Foder AB omfattas delar av byggnad av en risk i intervallet 10^{-6} - 10^{-5} per år och inom en byggnad är det rimligt att anta att en person kan vistas på sin plats under hela sitt arbetspass.

- Den beräknade samhällsrisk för den planerade LNG-terminalen hamnar under gränsen för tolerabel samhällsrisk (röd linje i figuren) enligt IPS. Samhällsrisk är dock inom det så kallade ALARP-området där det bör värderas huruvida ytterligare åtgärder för riskreduktion behövs.

- Den utförda riskanalysen indikerar att extern utrustning inte skulle påverkas signifikant av övertryck eller kortvariga bränder (t.ex. gasmolnsbrand och eldklot) som orsakas av scenarion på LNG-anläggningen. Däremot skulle extern utrustning kunna utsättas för katastrofal skada som följd av exponering mot strålningsnivån 35 kW/m^2 från eventuell strålbrand och/eller pölbrand vid längre varaktighet (>30 minuter). Beräknad platsspecifik kumulativ risk för sådan exponering på LPG-tanken, som finns utanför den planerade LNG-anläggningen, ökar utrustningens befintliga (inneboende) felfrekvens för katastrofalt fel med mer än 10 % men inte för råoljeledningen. Således överskrider det satta kriteriet för möjlig katastrofal eskalering för LPG-tanken.

Baserat på ovanstående slutsatser föreslås följande rekommendationer och vidare utredning:

- Riskanalysen visar på en försumbar risknivå för småbåtshamnen men det är inte orimligt att okontrollerade fritidsaktiviteter i direkt anslutning till LNG-terminalen skulle kunna utgöra oförutsedda risker för LNG-terminalen. Det bör generellt övervägas huruvida det är lämpligt med en småbåtshamn på aktuellt avstånd från en LNG-anläggning.

- Eftersom samhällsrisken för den planerade LNG-terminalen är inom det så kallade ALARP-området bör det värderas huruvida alla rimliga åtgärder för riskreduktion, sett till praktisk genomförbarhet och proportionerlig kostnad, är vidtagna. Med ett systematiskt och iterativt riskanalysarbete bör samhällsrisken kunna hållas på beräknad eller lägre nivå.

- Det föreslås en mer detaljerad riskutredning för att identifiera specifika scenarion och konsekvenser som bidrar till risken för 2:a personer (arbetare) vid Sjöfartsverket. En detaljerad riskutredning som tar hänsyn till specifika lokala förhållanden (som exempelvis befintliga fysiska barriärer, utformning och orientering av byggnader och topografi etc.) skulle kunna resultera i konkreta riskreducerande åtgärder för riskreduktion till tolerabel nivå. Då ökat avstånd normalt medför starkt avtagande riskreduktion föreslås utredning avseende möjligheten till ökat avstånd mellan riskkällorna och de berörda närliggande verksamheterna, om möjligheterna till ökat avstånd är begränsade kan det finnas behov av att tillföra andra barriärer för att kompensera för detta.

- Då riskanalysen indikerar att det föreligger risk för eskalering på LPG-tanken, föreslås en närmare utredning avseende påverkan på den externa utrustningen från scenarion på LNG-anläggningen. Den kvantitativa riskanalysen tar inte till fulla hänsyn till topografin och eventuella befintliga fysiska barriärer. Därför föreslås en mer detaljerad riskutredning som tar hänsyn till specifika lokala förhållanden som eventuellt skulle kunna visa på en tolerabel nivå alternativt resultera i konkreta riskreducerande åtgärder för riskreduktion till tolerabel nivå.

- Baserat på slutsatsen att det föreligger ökad risk för eskalering på närliggande extern utrustning som följd av scenarion på LNG-anläggningen är det rimligt att föreslå en utredning avseende möjlig ökad risk för eskalering på LNG-terminalens relevanta anläggningsdelar från närliggande extern utrustning.

Några exempel på riskreducerande åtgärder som skulle kunna bli aktuella som följd av föreslagna utökade riskutredningar är; Ytterligare anpassning av layouten vid detaljprojektering, lämpliga aktiva (t. ex. säkerhetsventiler, automatiska brandskyddsfunktioner m. fl.) och passiva (brandisolering, materialval m. fl.) barriärer, avveckling av LPG-tank etc.

Baserat på en erfarenhetsmässig bedömning anses det att den generella uppdaterade riskbilden för den planerade LNG-terminalen i Oxelösunds hamn, inklusive slutsatser och rekommendationer, är snarlik motsvarande driftsatta och planerade LNG-anläggningar.

7 Osäkerheter, känslighet och robusthet

I föreliggande kapitel presenteras en diskussion kring osäkerheter i kvantitativa riskanalyser, generellt och i riskanalyser av LNG-anläggningar specifikt samt hur detta hanteras. Det förs ett kvalitativt resonemang avseende känsligheten av utvalda parametrar som har påverkan på den totala riskbilden. I slutet redovisas en bedömning av resultatens robusthet.

7.1 Osäkerheter

I påföljande avsnitt diskuteras vilka osäkerheter som finns i denna typ av analyser och hur detta hanteras.

7.1.1 Generellt om osäkerheter i kvantitativa riskanalyser

I en QRA kan resultaten beräknas med olika modeller med begränsad noggrannhet och därför är resultaten av QRA-beräkningen förknippade med osäkerheter. Uttrycket "osäkerhet" betecknar skillnaden mellan modellerade beräkningar och den faktiska situationen.

I en QRA-beräkning kan det finnas olika generella källor till osäkerhet; utgångspunkt/angreppssätt, modeller, parametervärden och användningen av den valda modellen. Nedan presenteras olika generella källor till osäkerhet inklusive typexempel som kan förekomma i en QRA.

Angreppssätt avseende vissa utgångspunkter

Innan en QRA-beräkning påbörjas behöver ett angreppssätt väljas. Ett konservativt angreppssätt skiljer sig jämfört med en bästa realistisk uppskattning. QRA-manualen (Ref. 9) har fastställt ett antal utgångspunkter (antaganden och val av parametrar) som minimerar osäkerheterna förknippade med denna generella källa till osäkerheter.

Modeller

Osäkerheter förknippade med modeller kan vara att:

- Vissa processer ignoreras i modellerna. Exempelvis kemiska reaktioner i gasmolnet vid gasmolnspridningen.
- Modellerna är inte fullt giltiga för den specifika lokala situationen. Exempelvis kanske dispersionsmodellerna inte till fullo tar hänsyn till rådande terräng, medan det kan förekomma hinder i och runt industriområden.
- Processer förenklas ofta i modeller. Till exempel används ibland en jämn vindhastighet där hänsyn inte tas till att vindhastighet varierar i höjddled.
- Naturlig variation förenklas. I vissa studier antas alla människor reagera på samma sätt vid exponering för giftiga ämnen. Äldre är dock förmodligen mer sårbara och utsätts därmed för högre risk.
- Modeller används ibland utanför tillämpningsområdet. Spridningsmodeller som validerats för en viss gas används ibland för att beräkna spridning av andra tyngre eller lättare gaser.
- Datorkoden innehåller numeriska approximationer. Om det numeriska steget i tiden och rum är för stort kan fel förekomma. Kodningsfel kan också förekomma i datorprogrammets källkod.

Det finns inga strikt fastställda modeller för användning i QRA-beräkningar. Olika modeller som varierar i komplexitet och noggrannhet kan användas.

Parametervärden

Innan en vald modell kan användas samlas parametervärden in från antingen litteratur eller experiment. Osäkerheter förknippade med parametervärden kan vara:

- Parametervärden är extrapoleringar av uppmätta data. Fysiska data, som exempelvis en fraktion som flashar, härrör från småskaliga experiment och behöver extrapoleras till storskaliga installationer.
- Generiska data används i avsaknad av platsspecifika data. Generiska data används ibland för ett rörs råhet eller felfrekvensen för en ledning om specifika data antingen inte är tillgängliga eller för svåra att erhålla.
- Data för att härleda parametervärden kan vara otillräckliga. Till exempel fås felfrekvenser för lagringstankar från historiska data. Eftersom sådana olyckor är sällsynta, får felfrekvenserna stor osäkerhet. Dessutom beskriver databaser historiska fel som eventuellt inte längre är giltiga för dagens modernare och förbättrade installationer.

Användning av vald modell

Olika användare kan få olika resultat med samma modell för samma installation p.g.a. exempelvis:

- Användaren kan feltolka modellens indata och utdata på grund av oerfarenhet.
- Användaren kan göra beräkningsfel, fel vid manuell kopiering av resultat och i rapporteringen av resultatet.
- Användaren kan göra förenklingar och färre beräkningar för att minska beräkningstiden.

Resultatet av en QRA-beräkning kan antingen överskatta eller underskatta den faktiska risknivån på grund av osäkerheter. Den beräknade risken bör därför vara en bästa uppskattning av den faktiska risknivån. Tillförlitligheten av riskberäkningen bör säkerställas i den utsträckning det går.

7.1.2 Osäkerheter vid kvantitativa riskanalyser av LNG-anläggningar

Alla kvantitativa riskanalyser bygger på ett stort antal förutsättningar, bedömningar och antaganden. Några av de viktigare områdena i riskanalyser av LNG-anläggningar är:

- Definition av studerade skadefall, t. ex. antal, lokalisering och dimension av läckagescenario. För att få ett rimligt analysarbete, är det nödvändigt att begränsa antalet scenarion som studeras.
- Grundfrekvenser för inledande skadehändelser (läckage), t. ex. rörbrott eller tankhaveri. LNG-industrin är inte tillräckligt stor för att ha egen felfrekvensstatistik. Det statistiska underlaget är till största delen baserat på incidenter från annan processindustri.
- Sannolikhet för olika händelseutvecklingar, t. ex. antändning.

- Population.
- Parametrar som sätts för konsekvensmodellering, t. ex. tryck, temperaturer, parametrar som beskriver omgivningen som t.ex. yråhået (terrång), våder och vindhastighet etc.
- Skadekriterier, nivåer som påverkar människa och utrustning.
- Modellering av konsekvens och risk. De modeller som används för att simulera konsekvensutvecklingen och beräkna risken är just "modeller" av verkligheten och inte en sann representation av denna.

Det som är viktigt vid bedömning av osäkerheter är egentligen inte storleken av dessa i sig utan om de slutsatser och rekommendationer som lämnas utifrån analysresultaten kan anses robusta med hänsyn taget till de osäkerheter som finns.

7.1.3 Robusthet av resultat

För att hantera osäkerheter har i denna studie ett antal olika metoder och ansatser använts:

- a) Bästa möjliga uppskattning utifrån anläggningsbeskrivning, processflödesscheman, tillgängligt statistiskt underlag, inträffade händelser, tidigare studier, mm
- b) Samtliga identifierade utsläppsscenario som skulle kunna påverka 3:e person inkluderas
- c) Kontinuerligt flöde (ingen automatisk avstängning) för realistiska läckagescenario (som inte är katastrofala brott)
- d) Konservativa antaganden (i vissa fall "worst case") avseende bl. a. utrustningsdimensioner, genomströmning, frekvenser och population.
- e) Val av relativt strikta riskacceptanskriterier
- f) Erfarenhetsmässig bedömning av resultat jämfört andra studier

Baserat på analysens genomförande och de metoder och ansatser som presenteras ovan bedöms det att den erhållna riskbilden är robust. Det bedöms baserat på detta också som rimligt att riskbilden för allmänheten skulle kunna förbättras, d.v.s. lägre individrisk och lägre samhällsrisk, med mer realistiska antaganden och indata som mer återspeglar verkliga förhållanden samt med implementering av relevanta barriärer efter detaljerad analys. Som exempel skulle enbart en reduktion av personantalet bidra till en betydande lägre samhällsrisk. Ytterligare argument för att acceptera resultatens robusthet är att de valda riskacceptanskriterierna i jämförelse med andra kriterier enligt exempelvis HSE (Ref. 2), IPS (Ref. 2) för befintliga anläggningar samt till en del även holländska kriterier (Ref. 3) får anses som ett strikt satt kriterium.

Som en del i hanteringen av osäkerheter för att kontrollera resultatens robusthet är det också vanligt att göra kvantitativa känslighetsanalyser. Detta innebär att man ändrar värden på utvalda parametrar för att se deras inverkan på resultaten. Parametervärden kan justeras till mer eller mindre konservativa värden jämfört med utgångsläget "basfallet". Om utgångsläget är realistiskt- eller icke-konservativt justeras aktuell parameter till ett mer konservativt ("sämre") värde och om värdet av en parameter i basfallet är konservativt eller "worst case" justeras denna parameter till ett mindre konservativt ("gynn-

sammare") värde. Då basfallet i denna studie är överskattat d.v.s. antaganden och parametrar är konservativt valda, skulle en kvantitativ känslighetsstudie innebära att antaganden och parametrar justeras till gynnsammare värden som i sin tur skulle visa lägre risknivåer.

8 Referenser

- 1 Räddningsverket, Handbok för riskanalys, 2003
- 2 IPS,Handledning om riskkriterier, 2012
- 3 Räddningsverket, Värdering av risk – FoU Rapport, 1997
- 4 LNG-terminal Oxelösunds Hamn, Teknisk beskrivning, Februari 2019
- 5 E-post från Lars Ove Olsson, Estimated LNG turn over, 2017-11-28
- 6 SMHI, websida (2017-12-01):
<https://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/?parameter=2>
- 7 Intresseföreningen för processäkerhet (IPS),Handledning för genomförande av riskanalyser inom processindustrin, G. Davidsson & M. Karlsson, 2012
- 8 Neste Jacobs, HAZID RAPPORT 10356-425001 - SSAB AB
OXELÖSUNDS HAMN Oxelösund - LNG-TERMINAL projektnummer 803190, 2017-11-27
- 9 National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Reference Manual Bevi Risk Assessments, Version 3.2, 2009
- 10 Energy Engineering and Environmental Protection, Institute for Energy Engineering, Technische Universität Berlin, Germany, Tatiana Morosuk, Stefanie Tesch and George Tsatsaronis, Concepts for Re-gasification of LNG in Industrial Parks, 2017
- 11 Lee's Loss Prevention in the Process Industries – Hazard Identification, Assessment and Control, Volume 1, Third edition, 2005
- 12 MSB, Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning - Del 1: Last av luftstöt-våg, 2012
- 13 FM Global Property Loss Prevention Data Sheets 7-42
- 14 Instrument domino effects, VROM, 2003
- 15 LaChance, J, Tchouvelev, A and Engebo, A, Development of uniform harm criteria for use in quantitative risk analysis of the hydrogen infrastructure, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 36 pp. (2011)

JANUARI 2019
OXGAS AB

Bilaga 1 – Processbeskrivning, layout och processflödesdiagram

LNG TERMINAL I OXELÖSUNDS HAMN

OXELÖSUND, SÖDERMANLAND

Karin Malmqvist

4 December 2017

Revision 1

PROCESSBESKRIVNING FÖR LNG-TERMINAL I OXELÖSUNDS HAMN

Revision	Datum	Beskrivning	Utfärdad	Kontrollerad	Godkänd
0	2017-10-25	För kommentarer	K Malmqvist	L-O Olsson	O Principe
1	2017-12-04	Uppdatering för 300 MW. För kommentarer	K Malmqvist	L-O Olsson	O Principe

Karin Malmqvist

4 December 2017

Revision 1

Innehållsförteckning

1 Inledning	3
2 Lokalisering och omgivning.....	3
2.1 Föreslagen plats för LNG-terminalen	3
2.2 Angränsande verksamheter inom hamnområdet.....	4
2.3 Omgivning utanför hamnområdet.....	5
3 Beskrivning av processen	5
3.1 Steg 1	5
3.2 Steg 2	6
3.2.1 Lossning av fartyg.....	6
3.2.2 Lastning av LNG	6
3.2.3 Förångningsgas (BOG).....	7
3.2.4 Förångning av LNG.....	7
3.2.5 Fackla	7
4 Hjälpssystem	8
4.1 Kvävgas	8
4.2 Instrumentluft	8
5 Brandskydd.....	8
6 Hantering av läckage	9
6.1 Ytvatten	9
7 Elmatning.....	9

Karin Malmqvist

4 December 2017

Revision 1

1 Inledning

En ny terminal för lagring och distribution av LNG planeras att uppföras i Oxelösunds hamn. Installationen är uppdelad i två steg:

Steg 1 - Försörjning av SSAB:s Oxelösundsanläggning med ett bränsleersättningsbehov motsvarande ca 15-20 MW bränsleeffekt. LNG försörjningen förväntas ske med hjälp av tankbil alternativt med hjälp av LNG-containers. Installationen i detta första skede inkluderar två lossningsplatser samt en mindre trycksatt lagringstank för distribution av LNG, via en mindre förgasningsanläggning och en naturgasledning, till SSAB i Oxelösund. Fyllning av tanken kommer att göras via lastbil.

Steg 2 - Försörjning av en större mängd LNG till SSAB Oxelösund, SSAB Borlänge samt fartyg och andra potentiella kunder. Installationen i steg 2 inkluderar trycksatta horisontella trycklagringstankar, installation av en atmosfärisk lagringstank eller installation av en kombination av dessa två alternativ. LNG tas in till lagringstankarna/tanken från fartyg och kan sedan distribueras vidare via lastbil eller tåg. Det ska även finnas möjlighet att bunkra båtar med LNG. En del av tankarnas/tankens innehåll kommer att förångas och distribueras som naturgas till SSAB i Oxelösund.

Processbeskrivningar och data som anges i detta dokument är preliminära och kan komma att ändras under kommande projektering.

2 Lokalisering och omgivning

2.1 Föreslagen plats för LNG-terminalen

Preliminär placering av LNG-terminalen är inom Oxelösunds hamns område inom främst den nordöstra delen av lageryta D. Terminalens bilutlastning kommer även att sträcka sig en bit nordost om och utanför lagerytan. Infart för lastbilar (ev. containers) för lossning/lastning av LNG kommer att finnas från Gamla Oxelösundsvägen i nordöstra kanten av terminalområdet. Se blå fyrkant på bilden nedan för ungefärlig utbredning av terminal inklusive bilutlastning.



2.2 Angränsande verksamheter inom hamnområdet

Granne med lageryta D ligger i nordväst lageryta C. Bortom denna finns sedan lageryta B, A och E. På dessa lagerytor förvaras torrbulk.

Öster om lageryta D går järnvägsspår på ett avstånd om ca 35 meter från tänkt placering av LNG-utrustning.

Ca 80 meter söder om tänkt LNG-lastningsplats för tågagnar finns en gasoltank som ägs och hanteras av [Svenska Foder](#).

Karin Malmqvist

4 December 2017

Revision 1

2.3 Omgivning utanför hamnområdet

Oxelösunds hamn är placerad på den sydöstra spetsen på den halvö där Oxelösund kommun är belägen. Stadskärnan med närmaste bostad, ca 1 km från hamnen, ligger nordväst och väst om hamnområdet.

Hamnens huvudområde gränsar i nordost mot SSAB, som är beläget Ca 800-1000 meter från hamnen. Närmsta grannen i öster, på ca 300 meters avstånd, är bostadsområdet Gamla Oxelösund. Närmaste bebyggelse ligger ca 200 meter från hamnens område. En småbåtshamn finns dock belägen ca 100 meter sydost om lageryta D.

Nordost om småbåtshamnen finns en bergrumsanläggning för lagring av tjockolja. Lagringen sker i bergrum under jord. Ovan jord finns ett kontrollrum som ligger ca 100 meter bort från lageryta D.

Gäst- och fiskehamnar finns sydväst om hamnens kajområde och skärgård med fritidsboende finns beläget i ost och syd. Det närmaste fritidsboendet är beläget ca 500 meter söder om hamnen.

3 Beskrivning av processen

3.1 Steg 1

I steg 1 installeras en trycksatt lagertank på ca 500 m³ med tillhörande pumpar för matning av LNG till förångare och vidare distribution av naturgas till SSAB. I steg 1 är maximala värmebehovet, från naturgasterminalen, hos SSAB ca 15/20MW. Detta motsvarar ett flöde av LNG på ca 3-3,5 m³/h.

LNG till tanken kommer att tas in via tankbilar eller containrar. I nuläget planeras det för två lossningsplatser. Lossningen kan ske antingen med tankbilens egen pump eller med terminalens lossningspumpar. I nästkommande steg 2 avses platsen nyttjas även för fyllning av tankbil och/eller lossning av LBG(Liquified Bio Gas). System som möjliggör återföring av förbränningsgaserna från tank/lastbil till lastbil/tank vid lossning/lastning kommer att installeras. Efter avslutad lossning kommer ledningarna att tömmas på LNG med hjälp av kvävgas.

Om LNG lossas från container så används terminalens pumpar. Det finns möjlighet att pumpa till lagringstanken eller direkt till förångarna om så önskas.

Lagringstanken är försedd med en tryckökningsenhet (s.k. PBU) för tryckreglering samt säkerhetsventiler som skydd mot högt tryck. Gaserna från ett utsläpp genom säkerhetsventilerna leds via en ventilationsskorsten (mast) till en säker utsläppspunkt uppe i luften ovanför anläggningen. Även ledningarna för förbränningsgas, som kan används vid lastning/lossning, samt säkerhetsventilerna på containrarna, har kopplingar till ventilationsskorstenen så att eventuella utsläpp härifrån leds ut i atmosfären på en säker höjd. I normalfallet innehåller ledningarna från "förbränningsgasanslutningarna" endast kvävgas.

Förångning av LNG kommer att göras antingen via luftförångare eller i system där fjärrvärmevatten används för förångning. I det senare alternativet förutses en sekundär glykolkrets att användas för värmeväxling så att LNG och fjärrvärme aldrig riskerar att stå i direkt kontakt med varandra. Innan naturgasen lämnar terminalområdet odöriseras den så att eventuella läckor nedströms terminalen blir lättare att upptäcka.

Karin Malmqvist

4 December 2017

Revision 1

Kontrollrumssystem för LNG terminalen förutses i nuläget att placeras i det befintliga kontrollrummet för bergrumsanläggningen.

Installationerna följer där så är tillämpligt SS EN 13645 och LNGA 2015 (spec. betr. lossningsstationer etc.) i övrigt se nedan.

3.2 Steg 2

Installationerna inom terminalen kommer att göras i enlighet med standarden SS EN 1473 - Installation och utrustning för flytande naturgas - Konstruktion av pålandsinstallationer. För delar av systemen nyttjas enligt ovan LNGA 2015 och SS EN 13645 där dessa är tillämpliga.

I steg två kommer antingen ett antal trycksatta tankar med sammanlagd maximal volym på 10 000 m³, en atmosfärisk tank med maximal volym på 30 000 m³ eller en kombination av dessa två alternativ (total max volym 30 000 m³) att installeras. Oavsett vilken tanklösning som väljs kommer nedanstående systeminstallationer/drifffall vara aktuella.

Kontrollrum för LNG terminalen förutses i nuläget att placeras i det befintliga kontrollrummet för bergrumsanläggningen.

3.2.1 Lossning av fartyg

Lagringstankarna/tanken kommer primärt att fyllas på via lossning av LNG från fartyg. den maximala lossningskapaciteten förutses vara 2 500 m³/h. Lossning görs via lastarmer vid kaj 11 (befintlig oljepir). Förträngningsgaserna från tanken vid lossning kan antingen återföras till fartyget via en separat lastarm eller sändas till förångningsgaskompressorn (s.k. Boil Off Gas (BOG) kompressor) för vidare transport till SSAB.

3.2.2 Lastning av LNG

Lastning av LNG från lagringstankarna/tanken kommer att kunna göras till lastbil, tåg eller bunkerbåt. Vid lastning från den atmosfäriska lagringstanken används dränkbara lastningspumpar och vid lastning från de trycksatta tankarna används preliminärt externa lastningspumpar. Båda installationerna består av två stycken (ev. fler) parallella pumpar med en kapacitet på 700 m³ /h vardera.

Lastningsplatsen för lastbil består av två lastplatser (motsvarande lossningsplatserna i steg 1) med en lastningskapacitet på 100 m³/h vardera. Ledningar för återföring av förträngningsgas från lastbilarna till tanken finns installerade.

Samtidig lastning av fem järnvägsvagnar via lastarmer/slangar kan genomföras. Det maximala flödet till vardera av järnvägsvagnarna är 100 m³/h. Även här finns möjlighet att återleda förträngningsgasen tillbaka till lagringstanken.

Den trycksatta lagringstanken på 500 m³ som installerades i steg 1 återanvänds i steg 2. Nu som mellanlagringstank för lossning till främst lastbil och tåg. Mellanlagringstanken fylls via lastningspumparna från/i lagringstankarna/tanken och en separat pump, som installeras i närheten av mellanlagringstanken, används för lastning av tankbil eller tåg. Vinsten med återanvändningen av mellanlagringstanken är att flexibiliteten i utlastningssystemet ökar.

Lastning av bunkerbåtar, via permanenta ledningssystem, kommer att ske med lastarm eller slang, vid kaj 11. Max lastningskapacitet till bunkerbåt är 700 m³/h. Återföring av förbränningsgaser från bunkerbåt till tankar/tank kommer att vara möjlig via ett gasåterföringssystem. Eventuellt kan bunkring av fartyg via tankbil/container komma att ske vid någon av övriga kajplatser, efter separerat riskanalys, om befintliga installationer tillåter sådan hantering.

3.2.3 Förångningsgas (BOG)

Vid lagring av LNG sker en kontinuerlig förgasning av vätskan på grund av värmeinläckage till tanken/tankarna. Vid lossning/lastning av LNG förångas även vätskan till följd av värmeinläckage i ledningar, värmeöverföring från pumpar, tryckskillnader i systemen m.m. Vid lagring i atmosfärisk tank ger även skillnader i atmosfärstryck upphov till att gasen i tanken ovanför vätskeytan ändrar volymitet. Den förångningsgas som bildas från tanken/tankarna kommer i första hand att ledas till förångningsgas(BOG)kompressorn. Denna är designad för att ta emot all den gas som bildas i normala driftfall. Efter kompressorn värms gasen ytterligare, vid behov, i en värmare innan den förs vidare till SSAB där den används som bränningsgas.

3.2.4 Förångning av LNG

I steg 2 är värmebehovet hos SSAB(Oxelösund) maximalt 300 MW vilket motsvarar ca 50 m³/h LNG. Förutom förångningsgaserna från tanken/tankarna så täcks bränningsgasbehovet hos SSAB främst av förångning av LNG från tanken/tankarna. Vid transferering från den atmosfäriska lagringstanken används dränkbara transfereringspumpar och vid transferering från de trycksatta tankarna används preliminärt externa transfereringspumpar. Båda installationerna består av två stycken parallella pumpar med en kapacitet på ca 50 m³/h vardera. Transferering av LNG för SSAB:s behov görs av separata pumpar (transfereringspumparna) via en separat transfereringsledning så att detta kan göras oberoende av andra lossnings/lastningsförfaranden inom terminalen. Vid behov kan även transfereringspumparna användas för cirkulation av LNG för nedkyllning av ledningar och system.

Vid förångning av LNG används fjärrvärmevatten som värmande medium. Fjärrvärme finns tillgänglig vid bergrumsanläggningen och matning till förångningssystemet förutses komma därifrån. Vid förångningen förutses en sekundär glykolkrets att användas så att LNG och fjärrvärme aldrig riskerar att stå i direkt kontakt med varandra. Efter förångaren förenas naturgasen med förångningsgasen från förångnings(BOG)kompressorn. Innan gasen lämnar terminalområdet odöriseras den för att eventuella läckage nedströms anläggningen lättare ska kunna upptäckas.

3.2.5 Fackla

Om förångningsgas(BOG)kompressorn skulle vara ut funktion eller om något annat onormalt scenario skulle inträffa finns en fackla installerad som förbränner bildad gas och förhindrar utsläpp av naturgas till omgivningen. Facklan används inte vid normala driftförhållanden eftersom bildad gas då istället används för att täcka delar av energibehovet hos SSAB.

För den atmosfäriska tanken finns säkerhetsventiler installerade på tanken, med utlopp till atmosfär, för att säkra tanken mot övertryck i händelse av "roll over". Detta är ett mycket osannolikt avsäkringsfall som ger stora mängder utsläpp och det är därför inte tillrådligt att designa facklan för detta flöde. Säkerhetsventilerna för "roll over" är de enda

Karin Malmqvist

4 December 2017

Revision 1

säkerhetsventilerna i anläggningen med utlopp till atmosfär. Alla andra, inklusive säkerhetsventilerna på de trycksatta tankarna, är kopplade mot facklan för att på så sätt minimera utsläpp av naturgas till atmosfär.

4 Hjälpsystem

4.1 Kvävgas

Kvävgas behövs på anläggningen för tömning och inertering av ledningar och system. Flytande kvävgas (LIN) levereras via tankbil och förvaras i en tank på terminalområdet. LIN förångas till kvävgas, i en dedikerad förångare, efter behov.

4.2 Instrumentluft

Försörjning av instrumentluft till terminalen förutses göras från det befintliga instrumentsluftsystemet vid bergrummet. Vissa modifikationer kan behöva göras på befintlig instrumentluftskompressor inkl. kringutrustning för att möta det ökade uttaget.

Akkumulatorer/bufferttankar kommer att installeras på terminalområdet för att säkerställa nödvändig tillgång av instrumentluft i händelse av instrumentluftbortfall.

All instrumentering inom terminalen, så långt det är möjligt, förutses vara av pneumatisk typ.

5 Brandskydd

Vid planering och installation av brandskyddssystemet kommer rekommendationer i SS EN 1473 att följas.

Preliminärt förutses installation av tre nya brandvattenpumpar, en dieseldriven för nöddrift med kapacitet på 1200 m³/h samt två elektriska med kapacitet på 600 m³/h vardera. Vattenförsörjning sker preliminärt från en ny tilltänkt pumpplacering norr om (innanför) befintlig oljepir (kaj 11). Vid behov förses systemet med tryckhållningspumpar (s.k. Jockeypumpar) beroende om krav på torrt eller vått(fyllt) rörsystem. Befintligt servicevattensystem kan också nyttjas vid behov. Brandvattenposter och kanoner kommer att installeras på terminalområdet med syfte att i första hand kunna kyla ned utrustning och rörgator vid händelse av brand.

Kontrollrum och MCC/ställverk/instrument-byggnad kommer vid behov utrustas med sprinkler, system för vattendimma, skyddsgassystem eller liknande för kyl och/eller släckningsändamål.

Mobila och handhållna pulversläckare för släckning av mindre bränder kommer att finnas i anläggningen.

Skumsystem utnyttjas normalt inte för LNG-system då skum högt vatteninnehåll kan förstärka förångningsförlopp. I vissa specifika fall kan lättskum, med lågt vatteninnehåll och ofarligt för naturen, nyttjas för minskad avdunstning/förångning av LNG.

Passivt brandskydd, t.ex. brandskyddsfärg eller motsvarande, alternativt vattenbegjutning kommer också att användas på kritiska ytor som riskeras kunna utsättas för brandexponering. Även skyddsmurar kan komma att bli aktuella om så krävs.

Anläggningen förses med gas, brand och läckagevarningssystem i kritiska positioner.

Karin Malmqvist

4 December 2017

Revision 1

6 Hantering av läckage

Spillkanaler för uppsamling av läckande LNG kommer att finnas under de trycksatta tankarna, vid bilutlastningen samt inom områdena med processutrustning. Spillkanalerna leder LNG till öppna spillgropar där vätskan kan förångas under kontrollerade former. System för kontroll av förångningen avses installeras i spillgroparna. Det kan t.ex. vara ett system för skumbeläggning (lättskum) av vätskeytan eller att förse spillgroparna med löst foamglasmaterial i botten som flyter upp ovanpå LNG:n och fördröjer förångningsprocessen.

Även lastningsplatsen för tåg kommer att föras med spillkanaler och spillgrop.

Spillkanaler och spillgropar förutses vara utrustade med följevärme för att förhindra frysning och igensättning vintertid. Spillgroparna utrustas med system som ser till att de töms på regnvatten.

Vid en eventuell brand inom LNG terminalen så utnyttjas främst pulverssystem för släckning. Vatten används normalt endast för kylning vid behov. LNG är en ren produkt som inte i sig bidrar till kontaminering av släckvatten. Behovet av uppsamling av släckvatten samt hantering av detsamma utreds närmare under projekteringsfasen.

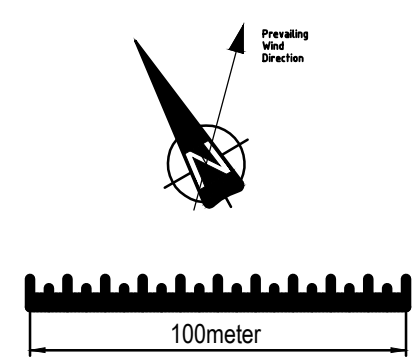
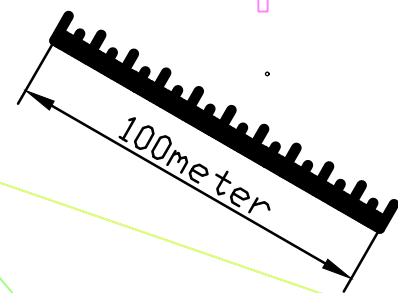
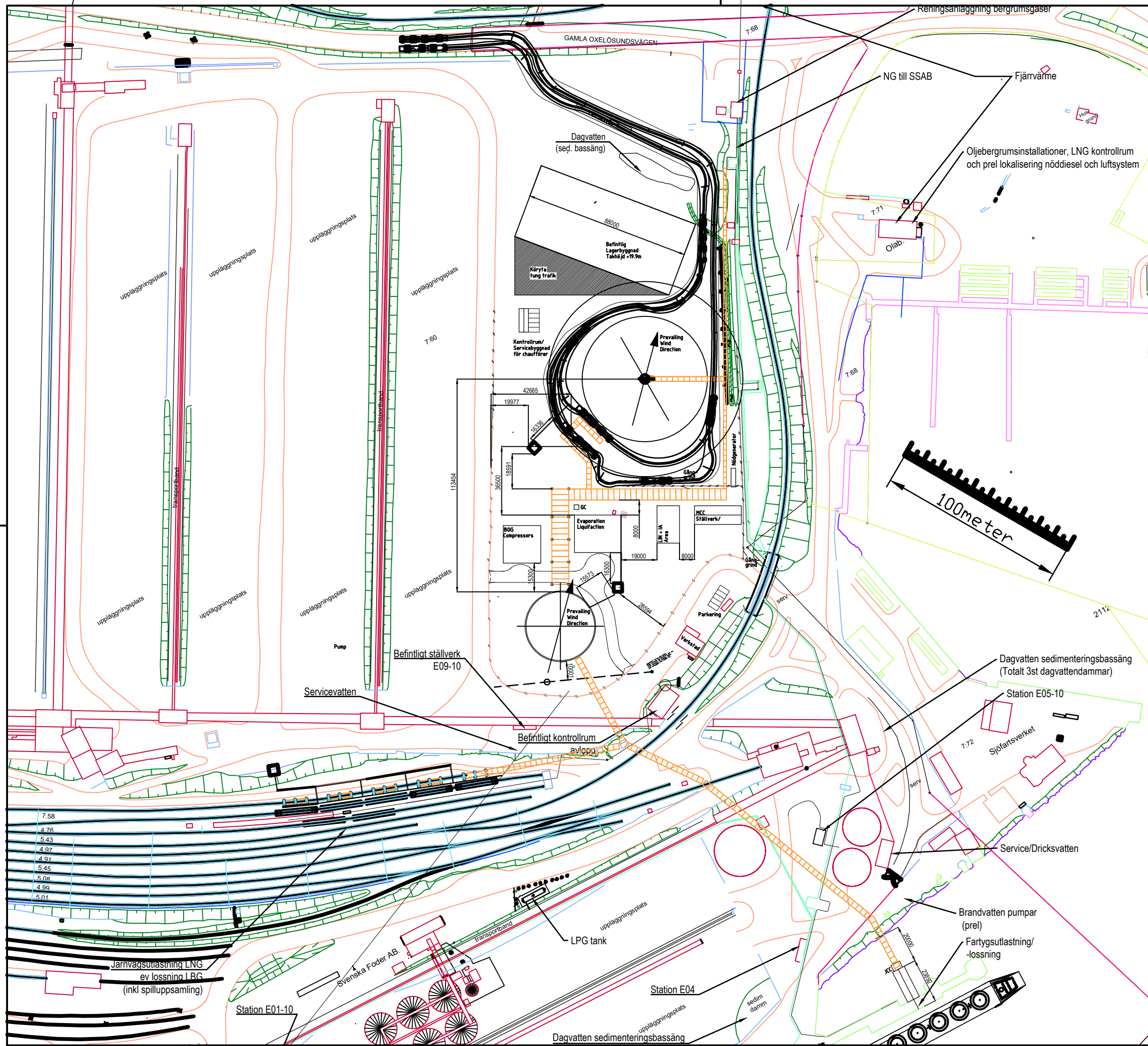
6.1 Ytvatten

Dagvatten från terminalens område avleds och samlas upp i en bassäng med oljeseparatorer innan det släpps vidare ut i havet. Om möjligt kommer hamnens befintliga system att användas.

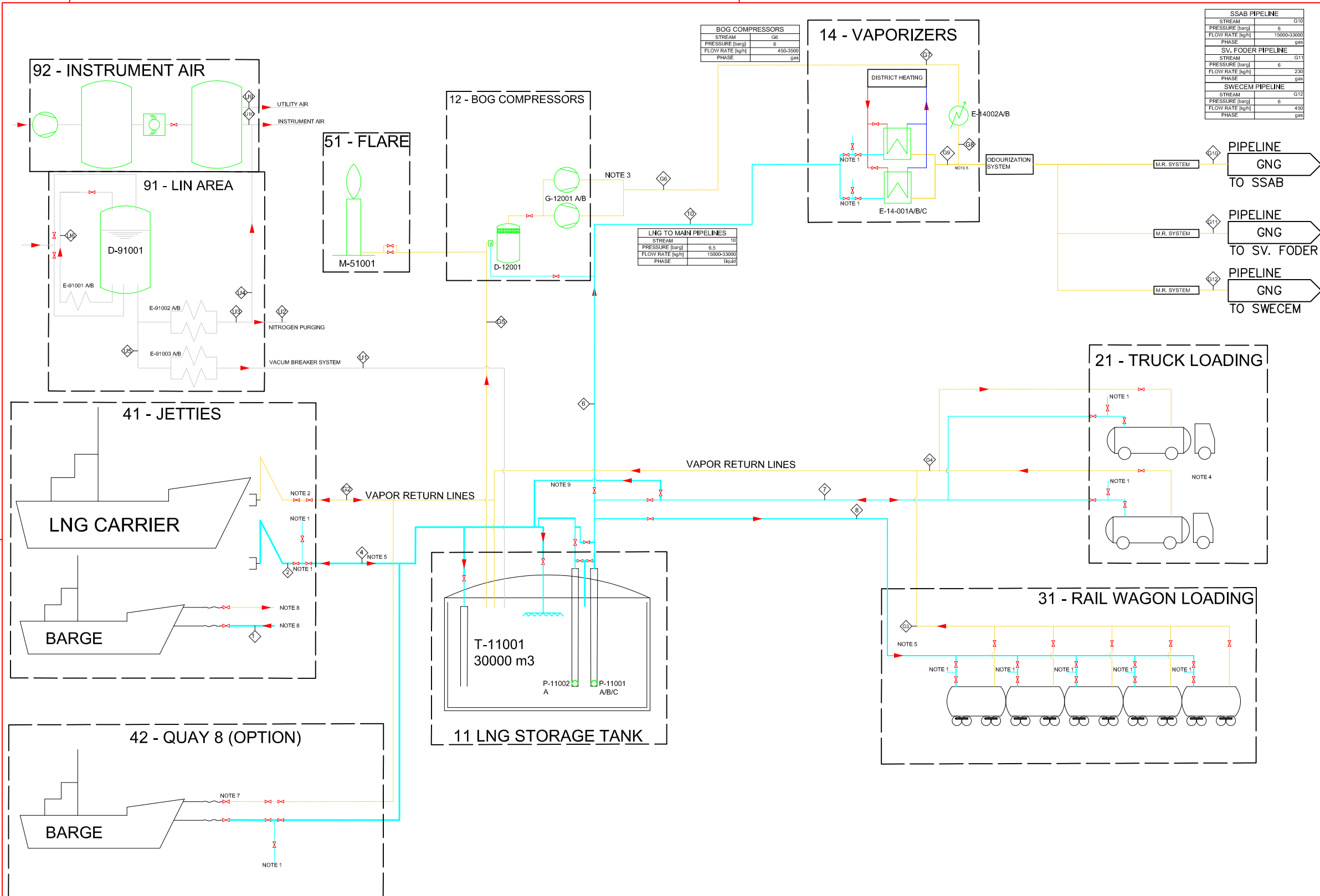
7 Elmatning

I steg 2 bedöms terminalens eleffektbehov vara ca 1,5-2 MW (installerad effekt) och eltillförseln ska ske via två oberoende matningar till terminalens ställverk. En dedikerad nöddieselgenerator för försörjning av främst UPS system (för styrning/kontroll) samt cirkulationspump för LNG lagertank kommer att finnas på terminalområdet.

Nödkraftssystemet kommer att vara designat i enlighet med SS EN 1473. [Lokalisering av nöddieselgeneratoren är preliminärt i anslutning till kontrollrummet vid bergrumsanläggningen eller alternativt säker placering.](#)



BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
COWI			
COWI AB Skärgårdsgatan 1 Box 12076 Göteborg		010-850 10 00 www.cowi.se	
UPPDRAG NR A112479	RITAD/KONSTR AV LOGA	HANDLÄGGARE	
DATUM 2018-12-20	ANSVARIG ISHE		
LNG Oxgas Main Plotplan Basic Design			
SKALA 1:1000	NUMMER 4-05-PP-PLP-0001	BET P01	



BOG COMPRESSORS	
STREAM	G8
PRESSURE [bar(g)]	6
FLOW RATE [kg/h]	450-3500
PHASE	gas

LNG TO MAIN PIPELINES	
STREAM	10
PRESSURE [bar(g)]	6.5
FLOW RATE [kg/h]	15000-33000
PHASE	liquid

SSAB PIPELINE	
STREAM	G10
PRESSURE [bar(g)]	6
FLOW RATE [kg/h]	15000-33000
PHASE	gas
SV. FODER PIPELINE	
STREAM	G11
PRESSURE [bar(g)]	6
FLOW RATE [kg/h]	230
PHASE	gas
SWECEM PIPELINE	
STREAM	G12
PRESSURE [bar(g)]	6
FLOW RATE [kg/h]	450
PHASE	gas

T-11001	LNG STORAGE TANK
M-51001	FLARE
D-12001	KO DRUM
E-14001 A/B/C	LNG VAPORIZER
E-14002 A/B	BOG TRIM HEATER
E-91001 A/B	LIN PBU
E-91002 A/B	LIN VAPORIZER (INERT, PURGE)
E-91003 A/B	LIN VAPORIZER (VACUUM BR.)
G-12001 A/B	BOG COMPRESSORS
P-11001 A/B/C	SUBMERGED LNG PUMP
P-11002	SUBMERGED LNG PUMP
P-93001	FIRE WATER PUMP
D-91001	LIN TANK

— LNG
— GNG
— LIN/GANIA/FIW
 REV. IDENTI. CLOUD

- NOTE 1: BLOW OFF PIPE FOR BLEED FUNCTION
- NOTE 2: POSSIBILITY TO USE GNG LOADING ARM FOR LNG (WITHOUT GAS RETURN)
- NOTE 3: BOG COMPRESSORS WILL/MIGHT BE FLOW CONTROLLED DURING LOADING FROM CARRIER
- NOTE 4: FLOW MEASURING FOR TRUCKS WILL BE PERFORMED BY WEIGHTING
- NOTE 5: FLOW MEASURING FOR RAIL WAGON AND SHIP WILL BE PERFORMED WITH CORIOLIS FLOW METER
- NOTE 6: PRESSURE TRANSMITTER FOR CONTROL OF SUBMERGED PUMPS
- NOTE 7: FUTURE BUNKERING STATION AT QUAY 8
- NOTE 8: HOSE CONNECTED TO LOADING ARM
- NOTE 9: TRUCK UNLOADING SIMULTANEOUSLY WITH JETTY ACTIVITIES TO BE INVESTIGATED

REV	ISSN	DESCRIPTION OF ISSUE	DATE	APPR

A112479-4-05-PD-PFD-PROCESS-0001

COWI
 COWI AB
 BOX 12076 402 41 GÖTEBORG
 Tel: 010-855 10 00
 Fax: 010-855 10 10

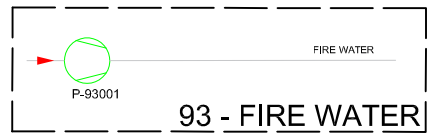
PROJECT NO: A112479
 DRAWN BY: JOGV
 CHECKED BY: JOWS
 DATE: 20190104
 APPROVED BY: JOWS

LNG Terminal Oxelösund Harbour
 PFD

SCALE: DRAWING NUMBER: 0001 REV: A1

SHIP BUNKERING	
STREAM	1
PRESSURE [bar(g)]	4-6
FLOW RATE [m3/h]	200
PHASE	liquid
SHIP LOADING	
STREAM	4
PRESSURE [bar(g)]	1-3
FLOW RATE [m3/h]	700
PHASE	liquid
SHIP UNLOADING	
STREAM	4
PRESSURE [bar(g)]	1-3
FLOW RATE [m3/h]	1400
PHASE	liquid

TRAIN LOADING	
STREAM	6
PRESSURE [bar(g)]	3-6
FLOW RATE [m3/h]	5X100
PHASE	liquid
TRUCK LOADING	
STREAM	7
PRESSURE [bar(g)]	3-6
FLOW RATE [m3/h]	400
PHASE	liquid
TRUCK UNLOADING	
STREAM	4
PRESSURE [bar(g)]	3-6
FLOW RATE [m3/h]	100
PHASE	liquid



FEBRUARI 2019
OXGAS AB

Bilaga 2 – Konsekvensresultat

LNG TERMINAL I OXELÖSUNDS HAMN

OXELÖSUND, SÖDERMANLAND

INNEHÅLL

1	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Syfte	3
1.3	Omfattning och avgränsningar	3
1.4	Förkortningar och definitioner	4
2	Systembeskrivning	5
2.1	LNG-terminalens placering och närliggande omgivning	5
2.2	Layout och översiktlig processbeskrivning	5
3	Konsekvensanalys	7
3.1	Flytande naturgas (LNG)	7
3.2	Händelseutveckling vid LNG-utsläpp	7
4	Scenario och indata	9
4.1	Indata	9
4.2	Skadekriterier	9
4.3	Väderfall	10
5	Resultat	11
6	Diskussion av resultat och slutsats	12
7	Referenser	13

1 Inledning

1.1 Bakgrund

OxGas AB planerar att anlägga en LNG-terminal inom industriområdet i Oxelösunds hamn i Oxelösund. Som en del av det kontinuerliga riskanalysarbetet och som delunderlag till ansökan om tillstånd till anläggande och drift av LNG-terminalen har en kvantitativ riskanalys (QRA) för den aktuella anläggningen utförts. Den kvantitativa riskanalysen i sin helhet presenteras i huvudrapporten.

Som en komplettering till huvudrapporten presenteras i föreliggande bilaga utvalda resultat från bakomliggande konsekvensberäkningar.

1.2 Syfte

Det vore oöverskådligt att presentera samtliga beräknade konsekvensresultat samtidigt som informationen inte skulle vara direkt användbar. Den huvudsakliga avsikten med föreliggande bilaga är således att presentera konsekvensresultat från scenarion som medför de största riskbidragen för 3:e person.

1.3 Omfattning och avgränsningar

Då den kvantitativa riskanalysen presenteras som en helhet i huvudrapporten avgränsas föreliggande dokument till att omfatta en redogörelse enbart för konsekvensresultat. Resultaten som presenteras anger enbart ett möjligt påverkansområde. Det beräknade konsekvensområdet utgör endast ett delunderlag till den kompletta kvantitativa riskanalysen och är alltså ingen representation av risken för det påverkade området.

Den kvantitativa riskanalysen har identifierat ett dominerande bidrag till den totala risken för 3:e person:

- Brott av slang i samband med fyllning av lastbil.

Maximal spridning av brännbart gasmoln till följd av LNG-utsläpp presenteras därför för detta scenario.

1.4 Förkortningar och definitioner

Förkortningar:

ALARP	As Low As Reasonably Practicable
ESD	Emergency Shut Down (nödavstängning)
HAZID	Hazard identification (kvalitativ analysmetod)
HSE	Health & Safety Executive
LBG	Flytande biogas (Liquified Bio Gas)
LNG	Flytande naturgas (Liquefied Natural Gas)
NG	Naturgas (Natural Gas)
QRA	Kvantitativ riskanalys (Quantitative Risk Assessment)

Definitioner:

3:e person: Allmänheten utanför anläggningen, exempelvis boende (Ref. 1).

ALARP: Ett riskintervall där risker kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risk tolereras endast om riskreduktion ej är praktiskt genomförbar eller kostnader är helt opropotionerliga d.v.s. om kostnader för riskreduktion överstiger nyttan (Ref. 2).

gauge: barg eller bar (g), där g står för gauge avser övertryck d.v.s. 0 barg är atmosfärstryck.

Kvantitativ riskanalys (Ref. 2): I den kvantitativa analysen beräknas frekvenser för identifierade olyckshändelser och konsekvenser av dessa. Frekvenser och konsekvenser uttrycks i tal, t.ex. förväntat antal händelser och förväntat antal skadade personer under en viss tidsperiod.

2 Systembeskrivning

2.1 LNG-terminalens placering och närliggande omgivning

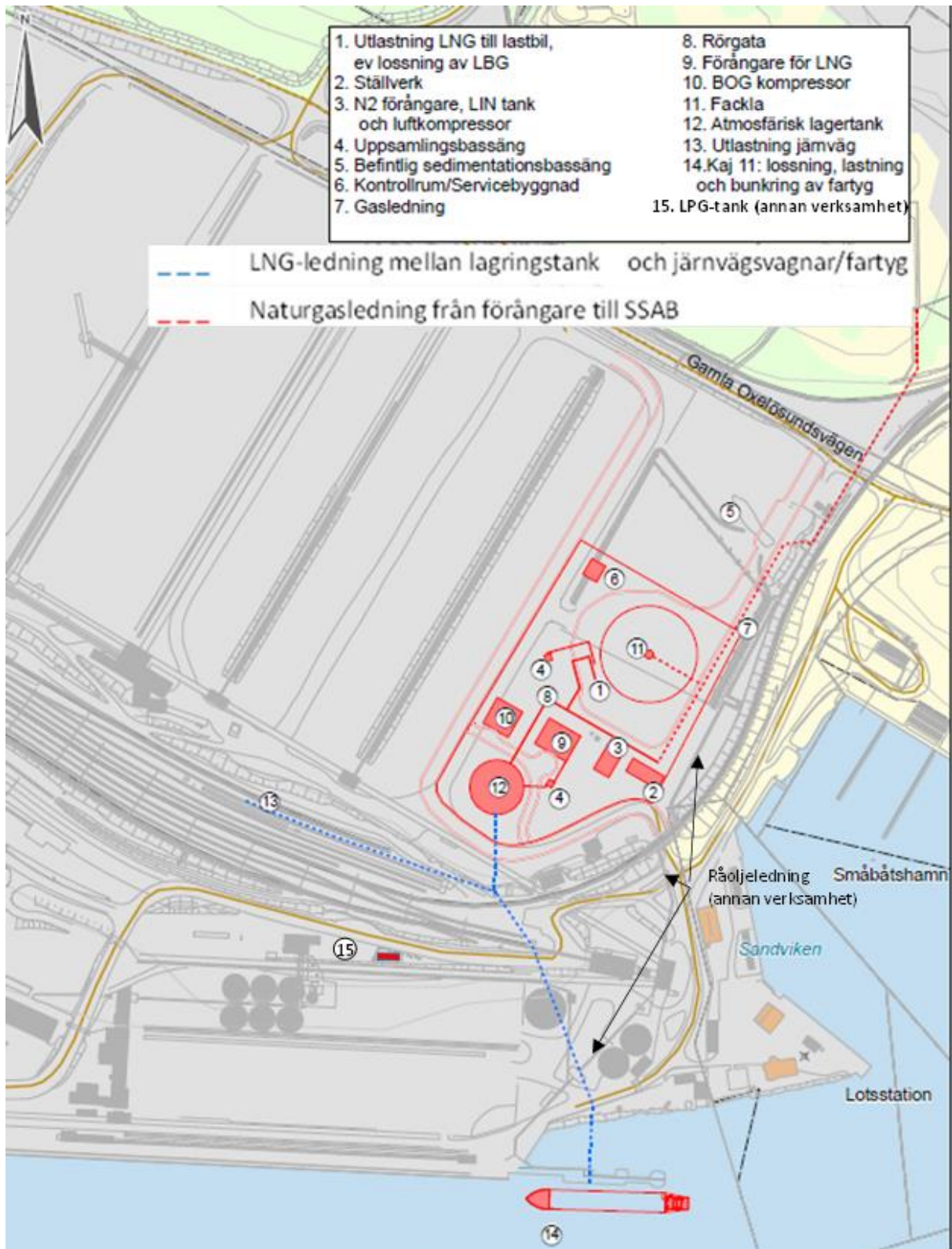
LNG-terminalen är planerad att anläggas vid östra delen av Oxelösunds Hamn, nedanför Gamla Oxelösundsvägen. I Figur 2-1 presenteras LNG-terminalens ungefärliga placering samt närliggande allmänhet (3:e part) som eventuellt skulle kunna beröras av de tillkommande riskerna. Oxelösunds centrum finns beläget ungefär 1,3 km i nordvästlig riktning från terminalen sett, ungefär 1,2 km västerut finns en gäst- och småbåtshamn, 950 m i sydvästlig riktning finns en fiske- och småbåtshamn, 150 m öster om terminalen finns en småbåtshamn och ungefär 300 m österut finns bostadsområdet Gamla Oxelösund.



Figur 2-1 Placering av planerad LNG-terminal i Oxelösunds hamn

2.2 Layout och översiktlig processbeskrivning

I Figur 2-2 presenteras den tänkta placeringen av LNG-terminalens huvuddelar vid fullt utbyggd anläggning. LNG kommer att importeras med fartyg vid kaj 11 och pumpas till LNG-terminalens lagringstank. En fullt utbyggd terminal kommer att ha en sammanlagd maximal lagringskapacitet om 30 000 m³ (ca. 15 000 ton) LNG. Från lagringstanken kommer LNG att kunna exporteras till lastbilar, järnvägsvagnar samt fartyg. Det kommer vara möjligt att förånga LNG och exportera naturgas via en gasledning till SSAB.



Figur 2-2 LNG-terminalens placering inklusive anläggningens huvuddelar

3 Konsekvensanalys

Konsekvensberäkningar har utförts med mjukvaran Phast 8.11 som är ett validerat och välrenommerat verktyg, framtaget av DNV-GL, för konsekvensmodellering. Verktöget används i stor utsträckning inom den landbaserade processindustrin.

3.1 Flytande naturgas (LNG)

LNG är naturgas som kyls till väldigt låg temperatur, omkring $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naturgas består till största delen av metan (CH_4) och är antändbar vid en volymsinblandning i luft inom det ungefärliga intervallet 5-15 %. Vid koncentrationer över den så kallade övre brännbarhetsgränsen (ca. 15 %) finns det inte tillräckligt med syre för att antända blandningen. Under den lägre brännbarhetsgränsen (ca. 5%) råder för låg koncentration av naturgas för att antändning ska kunna ske.

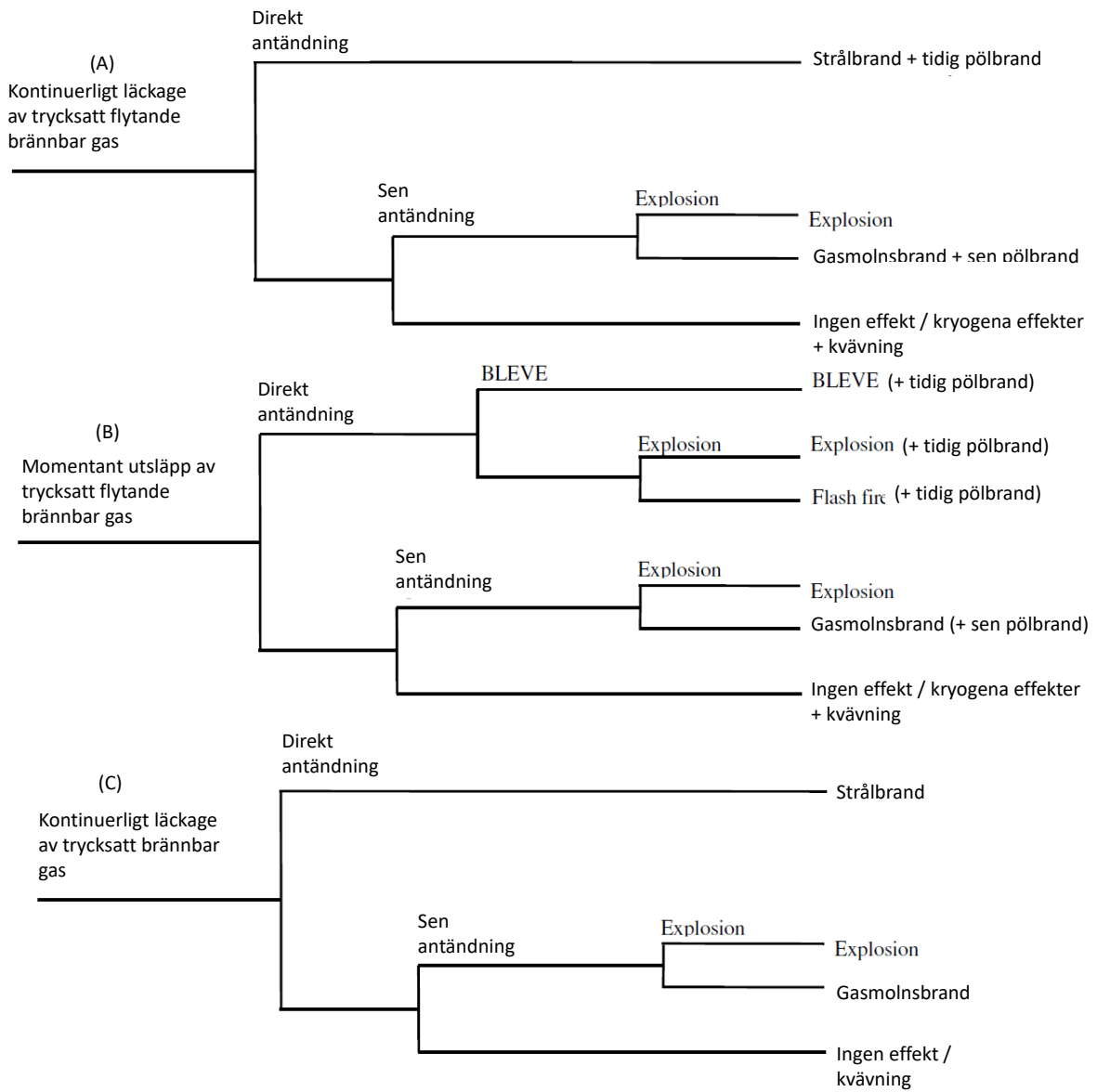
3.2 Händelseutveckling vid LNG-utsläpp

I Figur 3-1 presenteras de generella konsekvenserna som kan uppstå till följd av utsläpp av flytande trycksatt naturgas (LNG, A och B i figuren) och trycksatt naturgas (NG, C i figuren).

Vid ett eventuellt utsläpp av LNG kyls den omgivande luften samtidigt som den flytande naturgasen förgasas och bildar ett vitaktigt gasmoln som sprids i rådande vindriktning. Vid mindre utsläpp förångas den flytande naturgasen momentant utan att nå marken i vätskeform. Vid mer omfattande utsläpp sker både momentan förångning samtidigt som en LNG-pöl bildas på marken varpå förångning sker från pölen.

Ett gasmoln som sprids och når en antändningskälla kan antändas och brinner då tillbaka till utsläppskällan. Vanligtvis antas att samtliga personer som befinner sig inom gasmolnsbranden omkommer.

I denna bilaga är enbart spridning av brännbart gasmoln relevant. För en sammanfattande beskrivning av övriga konsekvenser hänvisas till huvudrapporten.



Figur 3-1 Översikt av generella konsekvenser vid ett LNG- och NG-utsläpp (Ref. 3)

4 Scenario och indata

4.1 Indata

Scenariospecifika processparametrar som använts för konsekvensberäkningarna presenteras i Tabell 4-1. Parametrar så som kvävtider/varaktigheter, instängda volymer etc. baseras på kombinerad information från processflödesscheman (Bilaga 1), teknisk beskrivning (Ref. 4) av systemet samt bästa uppskattningar i projektet avseende parametrar som ännu inte definierats.

Tabell 4-1 *Generell indata per scenario för konsekvensberäkningar*

Scenario	Inventarie massa (kg)	Inventarie volym (m3)	Temperatur (°C)	Tryck (barg)	Rör- /håldiameter (mm)	Varaktighet (s)	Pumpat inflöde (kg/s)
Slangbrott i samband med fyllning av lastbil	28 770	65	-160	6	50	120	49

4.2 Skadekriterier

Beroende på den resulterande konsekvensen av ett scenario kan personer komma till skada. För konsekvensen gasmolnsbrand antas det konservativt i samband med kvantitativa riskanalyser att personer som befinner sig inom det brännbara gasmolnet omkommer (Ref. 5).

4.3 Väderfall

Konsekvenser har beräknats för två olika väderfall. Väder med Pasquill stabilitetsklass D och en vindhastighet på 5 m/s har valts för att representera ett mer troligt (normalt) väderförhållande. Väderfallet med Pasquill stabilitetsklass F och en vindhastighet på 1,5 m/s representerar i analysen ett vindstilla förhållande som är mindre troligt och anses ogynnsamt vid gasmolnsspridning.

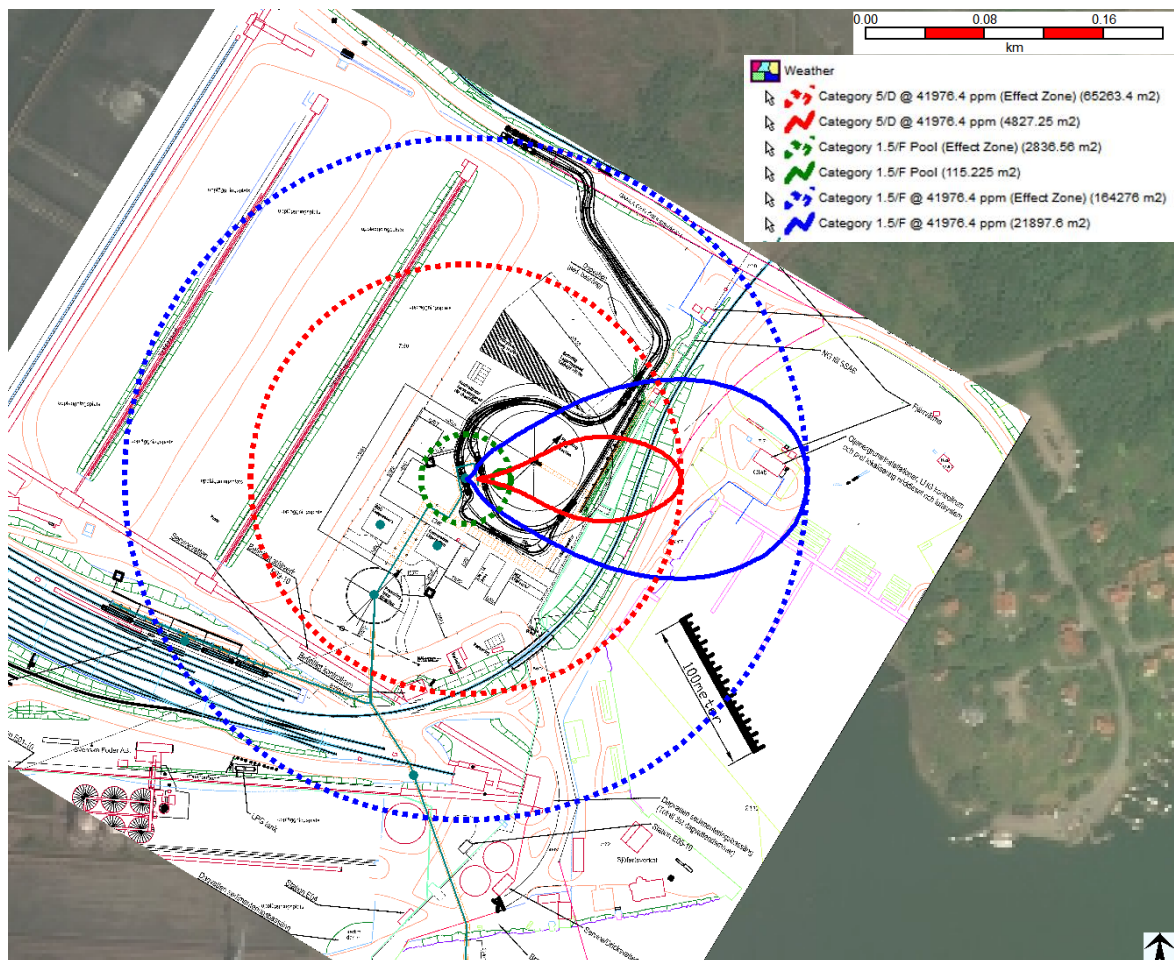
Tabell 4-2 Väderfall som använts för konsekvensberäkningarna

Väder		
Normalt väder		
Pasquill stabilitetsklass	D	neutralt - lite sol höga vindar/blåsig natt
Vindhastighet	5	m/s
Ogynnsamt väder		
Pasquill stabilitetsklass	F	neutralt - lite sol höga vindar/blåsig natt
Vindhastighet	1,5	m/s

5 Resultat

I föreliggande kapitel presenteras konsekvensresultaten som maximal utbredning av brännbart gasmoln för respektive scenario. Resultaten presenteras som spridning av gasmoln i östlig vindriktning (heldragen linje) och som maximalt avstånd oberoende av vindriktning (streckad linje). De röda linjerna representerar resultat med väderfallet 5D och de blåa linjerna representerar resultat för väderfallet 1,5F.

I Figur 5-1 presenteras maximal spridning av brännbart gasmoln som en följd av eventuellt slangbrott vid fyllning av lastbil.



Figur 5-1 Maximal spridning av brännbart gasmoln vid brott av slang DN50, röd linje väder 5D, blå linje väder 1,5F

6 Diskussion av resultat och slutsats

Konsekvensresultaten visar på att ett brännbart gasmoln skulle kunna nå avstånd som påverkar 3:e person. Detta är också delvis en anledning till att detta scenario ger betydande bidrag till risk-bilden.

I huvudrapporten föreslås mer detaljerade utredningar avseende riskreducerande åtgärder. Figuren i föregående kapitel kan fungera som utgångspunkt och stöd vid beslut om fortsatt säkerhetsarbete.

Några exempel på riskreducerande åtgärder som skulle kunna bli aktuella som följd av föreslagna utökade riskutredningar är; Ytterligare anpassning av layouten för LNG-terminalen, lämpliga aktiva (t. ex. säkerhetsventiler, automatiska brandskyddsfunktioner m. fl.) och passiva (brandisolering, materialval m. fl.) barriärer etc.

7 Referenser

- 1 IPS, Handledning om riskkriterier, 2012
- 2 Räddningsverket, Handbok för riskanalys, 2003
- 3 Energy Engineering and Environmental Protection, Institute for Energy Engineering, Technische Universität Berlin, Germany, Tatiana Morosuk, Stefanie Tesch and George Tsatsaronis, Concepts for Regasification of LNG in Industrial Parks, 2017
- 4 LNG-terminal Oxelösunds Hamn, Teknisk beskrivning, 2018- 02-08
- 5 National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Reference Manual Bevi Risk Assessments, Version 3.2, 2009