

GASUM AB

RISKBEDÖMNING FÖR SEVESOANLÄGGNING BIOGASANLÄGGNING INOM HÖRBY KOMMUN

2024-10-31



wsp

RISKBEDÖMNING FÖR SEVESOANLÄGGNING

KUND

Gasum AB

KONSULT

WSP Sverige AB
Box 547
201 25 Malmö
Besök: Jungmansgatan 10
Tel: +46 10 7225000
Org. nr. 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

Olov Holmstedt Jönsson olov.holmstedt.jonsson@wsp.com
Anders Blomdahl anders.blomdahl@wsp.com

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Status	Slutgiltig handling	Revideringar utifrån granskningssynpunkter från Hörby kommun	Omarbetning efter ökad lagringsmängd av CBG samt beräkningsfel i föregående version	
Datum	2024-02-14	2024-04-25	2024-10-31	
Handläggare	Olov Holmstedt Jönsson	Olov Holmstedt Jönsson	Olov Holmstedt Jönsson	
Signatur	OHJ	OHJ	OHJ	
Granskare	Emelie Laurin	*Ej granskad	Emelie Laurin	
Signatur	EL	N/A	EL	
Godkänd av	Olov Holmstedt Jönsson	Olov Holmstedt Jönsson	Olov Holmstedt Jönsson	
Signatur	OHJ	OHJ	OHJ	
Uppdragsnummer	1035 4325	1035 4325	1035 4325	

* Slutsatserna i rapporten är oförändrade gentemot föregående version varvid ingen ny interngranskning har genomförts.

Sammanfattning

Gasum AB har för avsikt att uppföra en ny biogasanläggning inom fastigheten Östenstorp 6:3 i Hörby kommun i Skåne. Anläggningen utgör en tillståndspliktig verksamhet enligt 9 kap. miljöbalken, varför Gasum har för avsikt att ansöka om tillstånd för anläggningen. Anläggningens kapacitet planeras för mottagning och behandling av upp till 500 000 ton biologiskt nedbrytbara råvaror per år. Dessutom planeras anläggningen för förvätskande av upp till 5 000 ton/år externt producerad CBG (komprimerad biogas) till LBG (flytande biogas). Hanteringen av brandfarliga gaser medför att anläggningen kommer att omfattas av Sevesolagstiftningen enligt den högre kravnivån. Anläggningen projekteras utifrån rådande branschnormer; Biogasanläggningen utifrån BGA 2022, lagringstank och lossningsstationen för LBG utifrån LNGA 2020, högtrycksledning utifrån EGN 2023.

Syftet med denna riskbedömning är att bedöma riskerna vid Gasums planerade anläggning för att uppfylla de krav på riskhantering som ställs via relevant lagstiftning (Miljöbalken och Sevesolagstiftningen). Målet med denna riskbedömning är att identifiera, uppskatta och värdera risker förknippade med den ansökta verksamheten utifrån möjlig påverkan på människors liv och hälsa och för miljö. Risker som kan medföra en betydande påverkan för människor eller för miljön utreds vidare för att bedöma om det finns erforderliga säkerhetsbarriärer. I de fall riskerna inte bedöms ha erforderliga säkerhetsbarriärer kommer riskreducerande åtgärder att föreslås.

I riskbedömningen studeras i huvudsak risker förknippade med hanteringen av metan i gasformigt och flytande tillstånd inom den ansökta verksamheten. Hantering av övriga farliga ämnen beaktas i den mån de kan initiera en olycka vars följd effekter kan medföra en betydande skada på processutrustning med metan och därigenom ge upphov till dominoeffekt. Transporter av farliga ämnen (farligt gods) till och från den planerade anläggningen betraktas som en följdverksamhet och inkluderas också i denna rapport. Riskbedömningen utgår i huvudsak från en kvantitativ analysmetodik (QRA) där beräknade risknivåer värderas gentemot fastställda acceptanskriterier. Vidare genomförs en olycksfjärilsanalys för att säkerställa genomförda bedömningars robusthet med avseende på planerade barriärer.

Genomförd riskbedömning indikerar att den planerade anläggningens omgivningspåverkan är acceptabel ur ett riskhänseende. Beräkningarna indikerar att samtliga bostadshus i omgivningen samt Ekerödsrasten med betydande marginal ligger bortom anläggningens förväntade påverkansområde med avseende på förhöjd individrisk (ALARP eller högre). Tilltänkt lokalisering och utformning av anläggningen medför betryggande skyddsavstånd gentemot tredje man och risken för allvarlig personskada eller dödsfall i omgivningen vid händelse av olycka bedöms vara mycket låg. Riskbedömningen av följdverksamheten indikerar att två busshållplatser kan få en något förhöjd individrisknivå (nedre ALARP-området) till följd av etableringen. I båda fallen är det dock frågan om tillfällig vistelse under begränsande delar av dygnet varvid påverkan anses vara acceptabel. Möjlig påverkan på miljö vid olyckor inom anläggningen bedöms i huvudsak utgöras av spridning av kontaminerat släckvatten efter en räddningsinsats, se släckvattenutredningen för åtgärdsförslag.

Av upprättad olycksfjärilsanalys kan konstateras att branschnormerna kravställer riskreducerande åtgärder för samtliga identifierande typscenarier inom anläggningen. Åtgärderna är både förebyggande och skadebegränsande. Åtgärder finns i samtliga kategorier; tekniska och organisatoriska, aktiva och passiva, vilket innebär att utformningen bör betraktas som robust. Risken för interna dominoeffekter bedöms vara acceptabel givet att ett skyddsavstånd på minst 30 meter upprätthålls mellan CBG-lager och lagringstanken för LBG samt buffertlager för rågas och rötammare. Skyddsavståndet bedöms kunna reduceras givet brandavskiljning i minst EI 60 men denna behöver då utformas så att avskiljningen blockerar jetflammar från CBG-lagret, se avsnitt 4.5 för vidare beskrivning av detta funktionskrav.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	6
1.1	SYFTE	6
1.2	MÅL	6
1.3	OMFATTNING	6
1.4	AVGRÄNSNINGAR	6
1.5	UNDERLAGSMATERIAL	7
1.6	STYRANDE DOKUMENT	7
1.7	SAMRÅD	7
1.8	REVIDERING 2024-04-25	8
1.9	REVIDERING 2024-10-30	8
1.10	KVALITETSGRANSKNING	11
2	FÖRUTSÄTTNINGAR	12
2.1	VERKSAMHETSBEKRIVNING	12
2.2	NOLLALTERNATIV	14
2.3	FÖLJDVERKSAMHET	15
2.4	BRANSCHNORMER	16
2.5	HANTERING AV FARLIGA ÄMNEN	18
2.6	SKYDDSVÄRDA OBJEKT OCH RISKKÄLLOR I OMGIVNINGEN	20
2.7	NATURLIGA OMGIVNINGSAKTORER	24
3	RISKIDENTIFIERING	33
3.1	MILJÖRISK	33
3.2	RISKER FÖR MÄNNISKORS LIV OCH HÄLSA	34
3.3	METOD	34
3.4	GENERELLA RISKER VID HANTERING AV BIOGAS	36
3.5	GENOMFÖRD RISKIDENTIFIERING	37
3.6	SAMMANSTÄLLNING AV RISKIDENTIFIERING	40
4	FÖRDJUPAD RISKBEDÖMNING	42
4.1	METOD FÖR UPPSKATTNING AV OLYCKSFREKVENSER	42
4.2	METOD FÖR KVANTIFIERING AV SKADEOMRÅDE	49
4.3	RESULTAT OCH RISKVÄRDERING	54
4.4	PÅVERKAN FRÅN NATURLIGA OMGIVNINGSAKTORER	59
4.5	VÄRDERING AV RISK FÖR INTERNA DOMINOEFFEKTER	61
4.6	UNDERLAG FÖR BEREDSKAPSPLANERING	62
5	OLYCKSFJÄRILAR	66
5.1	TYPSCENARIO FÖR LAGRING OCH LOSSNING AV LBG	68
5.2	TYPSCENARIO FÖR MOBILA CBG-LAGER	70

5.3	TYPSCENARIO FÖR PROCESSUTRUSTNING MED RÅ-/BIOGAS	71
5.4	SAMLAD BEDÖMNING	72
6	DISKUSSION	73
6.1	OSÄKERHETER	73
6.2	KÄNSLIGHETSANALYS – "VARM" BLEVE	73
6.3	ANVÄNDNINGEN AV LNG/LBG I SAMHÄLLET	77
6.4	FÖRSLAG PÅ RISKHANTERINGSÄVSTÅND	78
6.5	FORTSATT ARBETE	79
7	SLUTSATS	80
BILAGA A.	RISKANALYSMETODER	81
BILAGA B.	RISKREGISTER	84
BILAGA C.	TIDIGARE INTRÄFFADE OLYCKOR	86
BILAGA D.	FREKVENSBERÄKNINGAR	87
BILAGA E.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	89
REFERENSER		97

1 INLEDNING

WSP Sverige AB har fått i uppdrag av Gasum AB att upprätta riskbedömning i samband med ansökan om miljötillstånd för uppförandet och drift av en biogasanläggning inom Hörby kommun. Den planerade anläggningen kommer att hantera brandfarliga gas till en sådan omfattning att den kommer att omfattas av Sevesolagstiftningen enligt den högre kravnivån. Denna riskbedömning utgör ett underlag till den miljökonsekvensbeskrivning som upprättas i samband med tillståndsansökan samt till bolagets säkerhetsrapport.

1.1 SYFTE

Syftet med denna riskbedömning är att bedöma riskerna vid Gasums planerade anläggning och att uppfylla de krav på riskhantering som ställs via relevant lagstiftning. Rapporten skall dessutom bedöma hur den planerade anläggningen kan påverka, eller påverkas av, andra närliggande verksamheter.

Riskbedömningen syftar också till att utgöra underlag för verksamhetens säkerhetsrapport och miljökonsekvensbeskrivning samt den detaljplan som Hörby kommun tar fram.

1.2 MÅL

Målet med denna riskbedömning är att identifiera, uppskatta och värdera risker för människors liv och hälsa och för miljön, förknippade med den ansökta verksamheten. Risker som kan medföra en betydande påverkan för människor eller för miljön utreds vidare för att bedöma om det finns erforderliga säkerhetsbarriärer. I de fall riskerna inte bedöms ha erforderliga säkerhetsbarriärer kommer riskreducerande åtgärder att föreslås. Riskbedömningen ska även vid behov utgöra grund för att ta fram och prioritera riskreducerande åtgärder.

1.3 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

- Vad kan inträffa? (riskidentifiering)
- Hur ofta kan det inträffa? (frekvensberäkningar)
- Vad är konsekvensen av det inträffade? (konsekvensberäkningar)
- Hur stor är risken? (riskuppskattning)
- Är risken acceptabel eller behövs fler riskreducerande åtgärder tillföras? (riskvärdering)

Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg och de metoder som använts i riskbedömningen redogörs för i Bilaga A.

1.4 AVGRÄNSNINGAR

Denna rapport omfattar i huvudsak hanteringen av metan i gasformigt och flytande tillstånd inom den ansökta verksamheten. Hantering av övriga farliga ämnen beaktas i den mån de kan initiera en olycka vars földeffekter kan medföra en betydande skada på processutrustning med metan.

Riskbedömningen omfattar risker förknippade med plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med dödliga eller allvarliga konsekvenser för liv och hälsa, samt skador på miljön. Vad gäller möjlig påverkan på människors liv och hälsa värderas i huvudsak tänkbara konsekvenser för tredje man vid händelse av olycka inom verksamheten.

Arbetsmiljörisker förutsätts hanteras i samband med kommande detaljprojektering av anläggningen vilken kommer utgå att ifrån gällande branschnormer, se avsnitt 2.4 för vidare beskrivning av aktuella normer. I samband med detaljprojekteringen förutsätts även att adekvata HAZOP-analyser genomförs som säkerställer de tekniska lösningarnas funktionalitet och tillförlitlighet.

I riskbedömningen bedöms även möjlig påverkan på, respektive påverkan från, omgivande verksamheter och infrastruktur.

Följande naturolyckor beaktas i rapporten: höga vattennivåer (skyfall), ras, skred och erosion, blix- och åskoväder, höga vindstyrkor, solstorm, snöstorm och isbildning, dimma och fuktig miljö, extrema temperaturer samt skogsbrand. Övriga naturolyckor, så som laviner och tsunamis avgränsas bort.

Transporter och lastning/lossning av berörda ämnen inom bolagets verksamhetsområde bedöms inom ramen för denna riskbedömning. Transporter av farliga ämnen (farligt gods) till och från den planerade anläggningen betraktas som en följdverksamhet och inkluderas också i denna rapport. Riskbedömningen avseende transporter av farliga gods omfattar vägsträckan mellan anläggning och E22 vilken utgör en rekommenderad primär transportled för farligt gods. Riskbedömningen av transporter utgör en delmängd av denna riskbedömnings slutsatser.

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

1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Den kvantitativa riskbedömningen avseende biogasanläggningen baseras i huvudsak på följande underlag, övrigt underlag refereras fortlöpande i rapporten:

- Gasums samrådsunderlag.
- Teknisk beskrivning.
- Riskidentifiering och Hazop-analys för Gasums planerade biogasanläggning i Sjöbo [1].

1.6 STYRANDE DOKUMENT

Styrande dokument för upprättandet av denna riskbedömning listas nedan:

- Miljöbalk (1998:808).
- Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.
- Miljöbedömningsförordningen (2017:966).
- Lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.
- Förordning (2015:236) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.

1.7 SAMRÅD

Se säkerhetsrapporten för en redogörelse över genomförda samråd och inkomna yttranden.

1.8 REVIDERING 2024-04-25

Riskbedömningen har reviderats utifrån synpunkter från Hörby kommun. Revideringen syftar främst till att utveckla och förtydliga vissa resonemang i rapporten samt ge riskbedömningen en tydligare koppling gentemot detaljplanen.

1.9 REVIDERING 2024-10-30

Bolaget har efter en översyn identifierat att den maximala lagrade mängden CBG inom verksamhetsområdet behöver utökas från tidigare angivna 13,5 ton till 22 ton för att logistikflödena ska bli rimliga. I praktiken innebär föregående att antalet uppställda mobila gaslager (gasflak) inom området skulle öka från tidigare angivna fyra till högst sex. Vidare har mängden CBG i respektive mobilt gaslager justerats upp från ~3,4 till 3,6 ton då detta är den största lagringskapaciteten per flak som tilltänkt leverantör tillhandahåller. Notera att ändringen inte påverkar antalet inkommande transporter av CBG till anläggningen utan enbart den momentana lagringsmängden inom verksamhetsområdet.

De dimensionerande skadefallen för CBG-hantering har sedan tidigare bedömts vara flaskruptur respektive jetflamma vid händelse av rörskada. Modelleringarna av dessa scenarier indikerar att konsekvenserna i båda fallen blir begränsade till verksamhetsområdet. Hanteringen har således företrädesvis varit relevant att belysa utifrån ett dominoperspektiv, dvs. att en olycka inom CBG-lagret skulle påverka exempelvis LBG-tanken. Ur detta perspektiv har riskbedömningen sedan tidigare fastställt att ett skyddsavstånd på minst 30 meter ska upprätthållas mellan CBG-lager och övrig processutrustning¹. Detta för att förhindra direkt flampåverkan vid händelse av ett antänt jetutsläpp från lagret. Notera att flamlängden beror på lagringstrycket (250 bar) samt dimensionen (Ø10 mm) på ledningen som skadas, två aspekter som inte påverkas är den tilltänka utökningen. Att antalet uppställda mobila gaslager utökas från fyra till sex ökar förvisso sannolikheten för en olycka. Risken för allvarliga dominoeffekter bedöms dock fortsatt vara hanterad i tillräcklig omfattning givet att skyddsavståndet på minst 30 meter tillämpas mellan CBG-lagret och övrig processutrustning. WSP:s bedömning blir därmed att den utökade lagringen av CBG inom verksamhetsområdet inte skulle få någon signifikant inverkan på anläggningens sammantagna riskpåverkan på omgivningen.

Riskbedömningen har även reviderats med hänsyn till ett beräkningsfel som uppdagades i samband med hantering av granskningssynpunkter från länsstyrelsen. Felet bestod av att probitfunktionerna för brännskador inte var korrekt definierad vilket har medfört att vissa av konsekvensområdena i föregående version av riskbedömningen (2024-04-25) blev underskattade. Syftet med revideringen är således också att åtgärda felet men även att genomlysna tidigare antaganden och beräkningsmodeller.

Vad gäller tidigare antaganden bedöms inte längre, sett till vidtagna tekniska åtgärder och skyddsavstånd, en så kallad varm BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) av den planerade lagringstanken för LBG utgöra ett trovärdigt scenario för anläggningen. Dvs. ett tankhaveri som föranletts av en kritisk tryckstegring till följd av extern brandpåverkan vilket utmynnar i en explosiv frisättning av expanderande ånga och kokande vätska när tanken brister. Notera att Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) i sin vägledning gällande *Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering* [2] skriver att: "Tillämpningen av Svensk lagstiftning har i stort sett inneburit att BLEVE teoretiskt sett inte kan inträffa på de flesta fasta anläggningar vi har i landet. Scenariot är i stort sett endast möjligt då det saknas säkerhetsventil på lagringskärlet".

¹ Skyddsavståndet bedöms kunna reduceras givet brandavskiljning i minst EI 60 men denna behöver då utformas så att avskiljningen blockerar jetflammar från CBG-lagret, se avsnitt 4.5 för vidare beskrivning.

Momentant haveri av lagringstanken för LBG beaktas fortfarande i aktuell version av riskbedömningen men antas istället förledas av mekanisk påverkan alternativt materialfel, dvs. hela innehållet släpps fortfarande ut momentant men normalt drifttryck (1,5 bar) råder när tanken rämnar. I avsnitt 6.2 genomförs en känslighetsanalys där scenariot *momentant haveri av lagringstank för LBG*, precis som i tidigare version av riskbedömningen (2024-04-25), antas yttra sig som en "varm" BLEVE.

Ett vidare syfte är att besvara vissa av de granskningssynpunkter relaterade till riskbedömningen som länsstyrelsens har lämnat vilka återges i Tabell 1. Reviderade stycken i riskbedömningen markeras med ett streck i vänstermarginalen.

Tabell 1. Inkomna synpunkter från länsstyrelsen samt vilka ändringar som genomförts.

Synpunkt	Kommentar
<i>Komplettera handlingarna med hur verksamheten kommer att påverka genomförandet av befintlig detaljplan som möjliggör stadigvarande vistelse vid Ekerödsrasten, samt riskerna för de som står uppställda på platsen i enlighet med detaljplanen.</i> <i>(På andra sidan E22 finns en detaljplan för Ekeröd 4:10 m.fl. som möjliggör användningarna "Bensinstation med vägrestartang" samt "Fritidsområde, vägrastplats". Detaljplanen vann laga kraft 1987. Regleringen "b" gäller över hela prickade marken och möjliggör husvagnsuppställning för övernattnig. Därutöver möjliggörs övernattnig även inom Gtl som också har ett b i byggrätten. Övernattande personer utan kunskap om området, vid tillfällig stadigvarande vistelse nattetid/dagtid, har svårt att agera och ha rätt kunskap för att undsätta sig vid tillbud.)</i>	Delområdet inom detaljplanen för Ekeröd 4:10 m.fl. där uppställning och övernattnig i husbilar är tillåtet ligger utanför riskområdena, både i grundberäkningen (se Figur 25, Figur 26 och Figur 30) och känslighetsanalysen (se Figur 38 och Figur 40). Dvs. riskpåverkan från anläggningen och/eller följdverksamheten bedöms inte påverka genomförandet av detaljplanen.
<i>Tydliggör vilka skyddsåtgärder bolaget kommer att vidta för att hålla risken för BLEVE försumbar samt om bolaget åtar sig att genomföra dessa.</i> <i>(Av aktbilaga 11 stycke 4.1.2 sidan 40 framgår att sannolikheten för en BLEVE från LGB-tanken skulle bli försumbar, det vill säga under 10^{-9} per år, med de skyddsåtgärder som bolaget planerar. Det är oklart vilka skyddsåtgärder som avses och om dessa de facto kommer att vidtas eller endast planeras.)</i>	Bolaget avser att utföra lagringstanken för LBG dubbelmantlad där den inre tanken i rostfritt stål omsluter den nedkylda gasen i vätskefas och den yttre stältanken kommer att fungera som en mekanisk barriär. Vakuüm-isolering mellan den yttre och inre tanken motverkar uppvärmning av innehållet, exempelvis vid händelse av extern brandpåverkan. Tanken kommer att förses med överfyllnadsskydd och säkerhetsventiler. Exempel på ytterligare skyddsåtgärder som tillkommer i samband med detaljprojekteringen utifrån branschnormen LAGA 2020 vilken bolaget avser att tillämpa är:

Synpunkt	Kommentar
	– Tryck-, temperatur och flödesmätare så att systemets tillstånd kan övervakas kontinuerligt. – Fundament till lagringscisternen utförs i obrännbart material med fall bort från cisternen mot ett avrinningsområde utanför fundamentet. Syftet med avrinningsområdet är att mindre läckage av flytande metan fort ska förångas. – Nödavstängningssystem som automatiskt, via snabbstängande ventiler, ska isolera och försätta hela anläggningen i säkert läge (nödavstängningen kan aktiveras genom gasdetektion, brandlarm, temperaturgivare och/eller manuella nödstoppdon). – Cistern dimensioneras för vind- och snölast (enligt BFS 2011:6). – Processutrustning ska skyddas från påkörning (via placering eller fysiska barriärer) – Kontinuerliga inspektioner och underhåll av utrustningen. Notera att skrivelsen i den tidigare versionen av riskbedömningen löd "Sett till de skyddsåtgärder som Gasum planerar <u>skulle sannolikheten för en BLEVE av lagringstanken med LBG kunna vara så pass låg att den blir försumbar</u>". Syftet med skrivelsen är tydliggöra för läsaren att valet att faktiskt inkludera ett BLEVE-scenario för lagringstanken i riskbedömningen kan anses orimligt konservativt. Se avsnitt 4.1.2 och 4.1.9 för en vidare beskrivning.
<i>Tydliggör vilken konsekvens som har beaktats vid upprättandet av konsekvensavståndet och redovisa till exempel vilka värmestrålningsnivåer som bedöms innebära "allvarlig personskada".</i>	"Allvarlig personskada" i riskbedömningen har likställts med den dos värmestrålning då mer än 1 % av de exponerade individerna kan förväntas erhålla en andra gradens brännskada. Risken för att erhålla en viss skadeeffekt blir således en funktion av strålningsintensiteten och exponeringstiden. I beskrivningarna till figurerna i riskbedömningen som redovisar riskområdet för allvarliga brännskada specificeras nu vilken strålningsintensitet som genererar den angivna skadeeffekten med hänsyn till exponeringstiden.

1.10 KVALITETSGRANSKNING

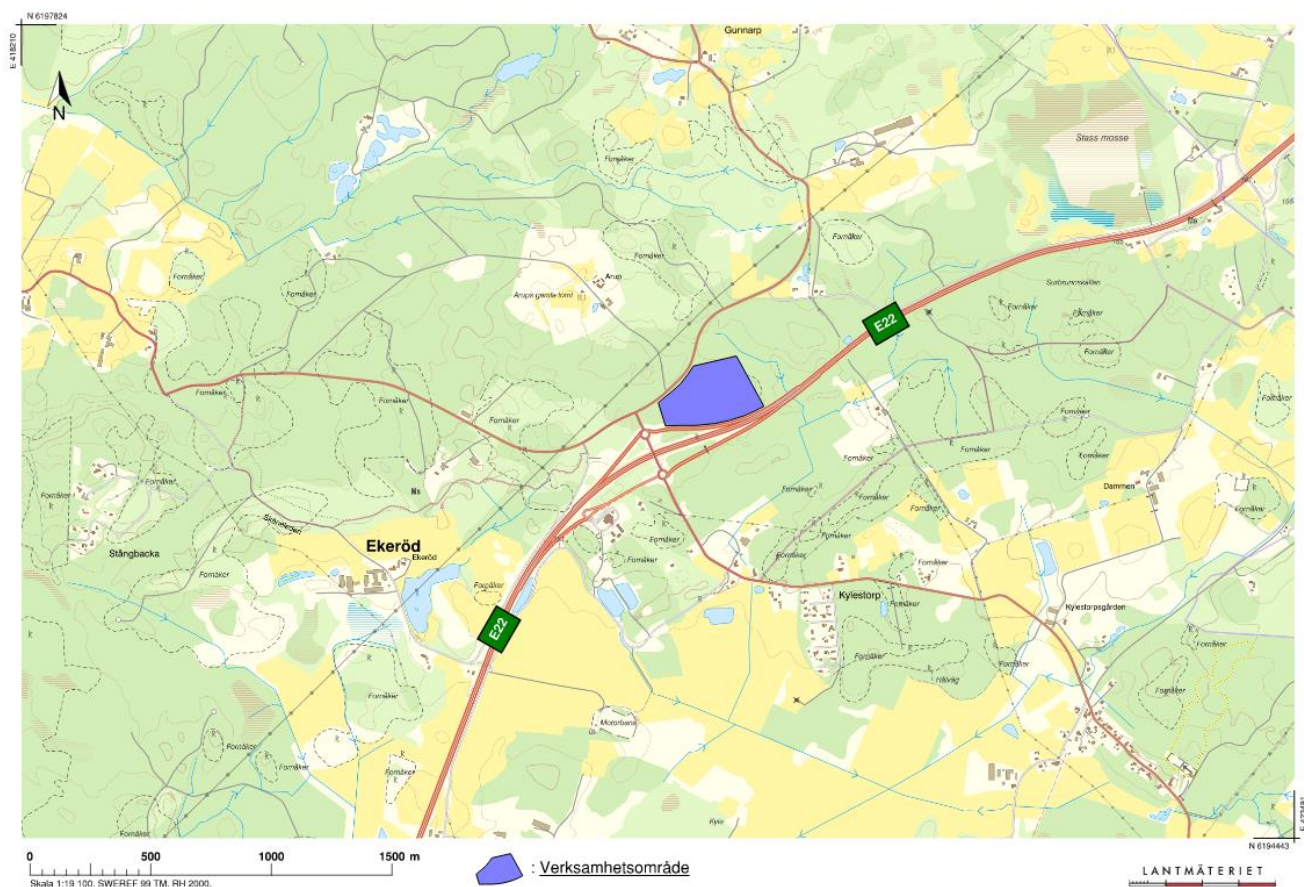
I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Emelie Laurin (Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering)

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

Detta kapitel innehåller beskrivningar av den planerade verksamheten, förekommande ämnen som omfattas av Sevesolagstiftningen, följdverksamheter som anläggningen ger upphov till samt de branschnormer som den kommande detaljprojekteringen kommer att följa. Vidare beskrivs den fysiska omgivningen samt övriga omgivningsfaktorer.

2.1 VERKSAMHETSBESKRIVNING

Verksamheten planeras att lokaliseras inom fastigheten Östenstorp 6:3 i Hörby kommun, strax norr om europaväg E22 nära Ekeröd, se Figur 1. Tilltänkt verksamhetsområde i är nuläget obebyggt och består idag av skogsmark. Gasum har avtalat förvärv av fastigheten med berört skogsbolag och har således rådighet över marken.



Figur 1. Tilltänkt lokalisering av verksamheten strax norr om E22 (Grundkarta från Lantmäteriet)

2.1.1 Anläggningen

Anläggningen kommer att bestå av byggnader och utrustning för mottagning, förbehandling och rötning av substraten, rening och uppgradering av biogasen samt förvätskning till flytande biogas (Liquified Biogas, LBG), hygienisering samt lagring och förädling av biogödseln. Ytbehovet för anläggningen bedöms uppgå till ca 10 ha och högsta byggnadshöjd är ca 25–30 meter. Den totala produktionen planeras för mottagning av upp till 500 000 ton substrat/år. Mängd mottaget substrat motsvarar en produktion på cirka 130 GWh LBG per år, alternativt uttryckt som omkring 13 MNm³ eller 9 500 ton fordonsgas per år. Dessutom planerar Gasum att ta in upp till 5 000 ton/år externt producerad CBG (komprimerad biogas) som producerats i andra biogasanläggningar, för att förvätska denna till LBG

motsvarande en produktion på ca 50 GWh/år. Total producerad mängd flytande gas kommer således uppgå till cirka 180 GWh per år.

Material för biogastillverkningen kommer i första hand utgöras av restprodukter och avfall från lantbruket, i form av fast- och flytgödsel från nöt, svin och fjäderfä, samt spannmålsavrens och ensilage. Materialet hämtas från lantbruk i regionen och transporteras till anläggningen.

Lagringsutrymmen för aktuella substrat kommer att anläggas. Totalt bedöms upp mot 500 000 ton substrat tillföras produktionen per år. Lagring samt lastning och lossning kommer huvudsakligen att ske inomhus i lagringshallar, i syfte att minimera risken för luktolägenheter. Visst material som inte medför luktolägenheter kan även komma att lagras på öppen yta utomhus med tak och köras in i lagringslokalen med lastmaskin.

I anläggningen behandlas sedan substratet i ett förbehandlingssteg. Förbehandling innebär mixning och sönderdelning av biomassa med hjälp av till exempel kvarnar. Förbehandlingen kommer huvudsakligen att erfordras för de fasta substratfraktionerna, som kommer att blandas upp med flytande material och pumpas in i rötkammarna.

Det flytande materialet, slurryn, pumpas vidare i systemet till en utjämningstank. Utjämningstankens syfte är att säkerställa kontinuerlig och jämn matning av rötningsprocessen och substratet pumpas därifrån vidare till rötkammarna. I rötkammare tillförs värme och med rätt bakteriekultur bildas genom anaerob nedbrytning rötgas som sedan leds i ett gassystem till en uppgraderingsanläggning, där den producerade biogasen renas. Uppgradering av biogas kan göras med olika tekniker. Biogasen, som till stor del består av metan och resterande delar i huvudsak koldioxid och kväve, renas till en produkt med mycket hög metanhalt (ca 97 %). Den uppgraderade biogasen går sedan vidare till förvätskning till flytande biogas (LBG), där volymen komprimeras i syfte att effektivisera transporterna. Gasen lossas sedan och transporteras ut från anläggningen med tankbilar. I Figur 2 redovisas en konceptuell situationsplan för verksamheten där placeringen av de olika anläggningsdelarna framgår.

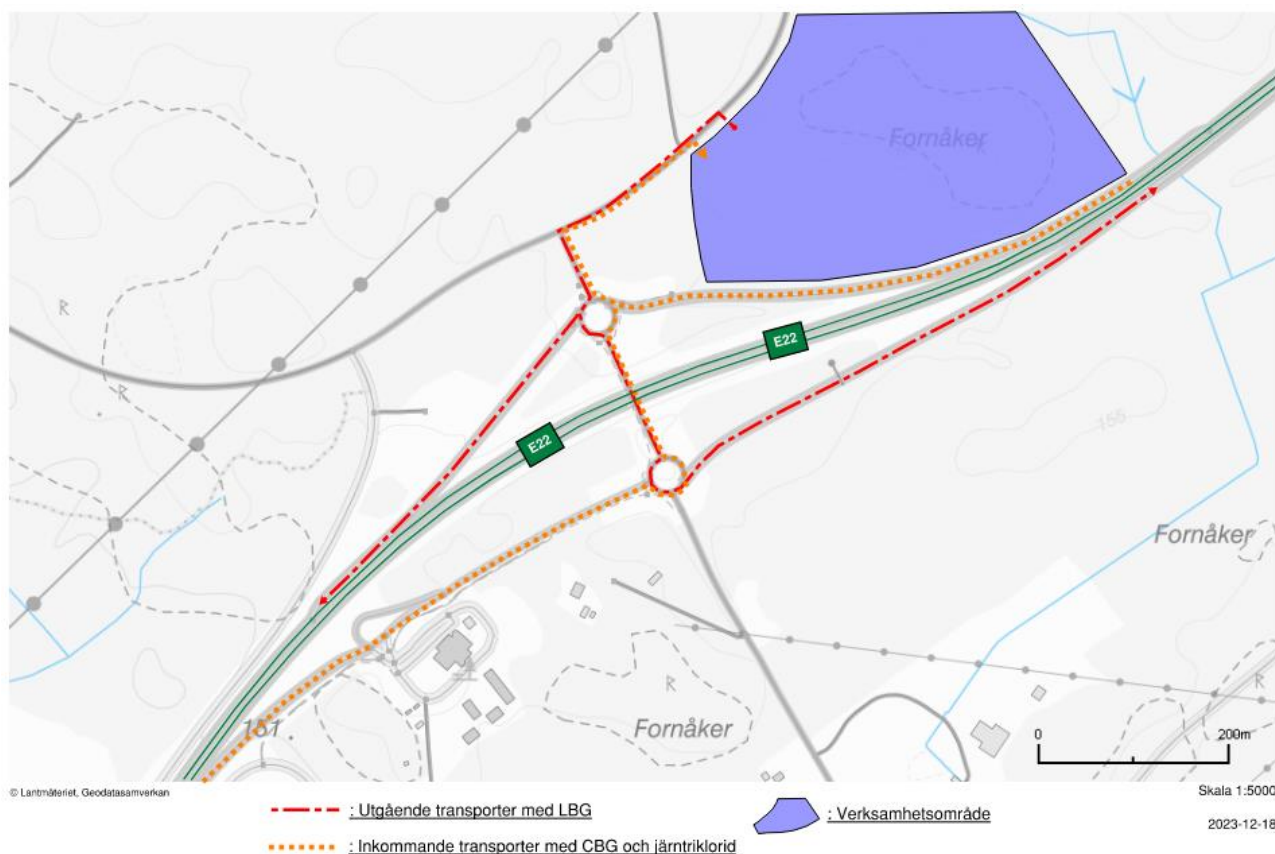
2.3 FÖLJDVERKSAMHET

Vid prövning enligt miljöbalken ska hänsyn tas till de följdverksamheter som kan antas behövas för att verksamheten ska kunna bedrivas (16 kap. 7 § MB) på ett ändamålsenligt sätt. Transporterna av farligt gods till och från anläggningen bedöms vara den enda följdverksamhet som behöver belysas utifrån ett olycksrisksperspektiv. I Tabell 2 redovisas förväntad omfattning av farligt gods-transporter till och från den sökta verksamheten.

Tabell 2. Förväntad omfattning av farligt gods-transporter till och från planerad verksamhet.

Ämne	ADR-S-klass	Frekvens	Kommentar
LBG	Klass 2.1 (brandfarlig gas)	1–2 per dygn	Utgående transporter
CBG	Klass 2.1 (brandfarlig gas)	2–3 per dygn	Inkommande transporter, komprimerad biogas till förvätskning
Järntriklorid	Klass 8 (frätande ämne)	1 per vecka	Inkommande transport

I Figur 3 redovisas transportsträckan, vilken omfattar delar av Länsväg 1343 samt på- och avfarterna till E22 vid trafikplats Ekeröd, som kommer att studeras i riskbedömningen avseende farligt gods-transporternas omgivningspåverkan. E22 inkluderas inte i riskbedömningen avseende följdverksamheten då vägen utgör en rekommenderad transportled för farligt gods.



Figur 3. Beträktade transportsträckor vid riskbedömningen av följdverksamheten.

2.4 BRANSCHNORMER

Anläggningen projekteras utifrån rådande branschnormer; Biogasanläggningen utifrån BGA 2022, lagringstank och lossningsstation för LBG utifrån LNGA 2020, högtrycksledningar utifrån EGN 2023. Genom att följa anvisningarna i dessa normer säkerställs att anläggningen uppfyller lagkraven. I detta avsnitt beskrivs översiktligt innehållet i respektive norm utifrån vilka skyddsåtgärder som krävs. Notera att vissa av kraven som återges i normerna inte är unika i mån av att de även krävs i föreskriften för hantering av brandfarliga gaser (MSBFS 2020:1).

2.4.1 BGA 2022

Anvisningar för biogasanläggningar (BGA 2022) är framtagen av Energigas Sverige [3]. Vägledningen syftar i första hand till att beskriva kravbild samt lämplig och säker utformning av de gasrelaterade processdelarna från planeringsstadiet till driften av färdig biogasanläggning. Nedan sammanställs de huvudsakliga säkerhetsfunktioner och projekteringsanvisningar som behandlas i BGA 2022:

- Minsta inbördesavstånd mellan konstruktioner inom verksamhetsområdet där stora volymer biogas kan förekomma (gasklockor, rötammare, blandningstankar och fackla).
- Minsta skyddsavstånd mellan anläggningsdelar och potentiella risk- och tändkällor i omgivningen (järnvägar, vägar, transformatorstationer, kraftledningar).
- Förslag på zonklassning (Ex-zon) inom och omkring olika anläggningsdelar/komponenter (rötammare, ventiler, filter, avblåsningsrör med mera).
- Krav på utrustning och skyltning inom Ex-zoner.
- Påkörningsskydd av anläggningsdelar (via placering eller fysiska barriärer).
- Gasklockor och rötammare ska dimensioneras för vind- och snölaster (enligt BFS 2011:6)
- Gasdetektorer inom byggnader som innehåller processutrustning med biogas.
- Avstängningsventiler som ska möjliggöra att olika systemdelar kan avskiljas från varandra vid behov (kan vara manuella eller automatiska).
- Anläggningen ska vara utförd med tryck-, temperatur och flödesmätare så att systemets tillstånd kan övervakas kontinuerligt.
- Överflyllnadsskydd på rötammare ska installeras.
- Övertryck- och undertrycksskydd på rötammare och gasklockor (mekaniskt eller hydrauliskt).
- Lågtrycksvakter för att förhindra inläckage av luft i gassystemet.
- Nödavstängningssystem på processutrustning för att kunna bryta gasflödet i nödsituationer.
- Skyltning och märkning av riskkällor och säkerhetssystem.
- Rutiner för drift och underhåll av anläggningen.

2.4.2 LNGA 2020

Lagringstanken och lossningsstationen för LBG kommer att projekteras i enlighet med tillämpliga delar av LNGA 2020 [4]. LNGA 2020 (*Anvisningar – Anläggningar för flytande metan*) har tagits fram för att visa ett rekommenderat sätt att hantera flytande natur- och biogas. Handboken samlar instruktioner om gashantering, anläggningens utformning, materialval, lagstiftning, tillstånd och kontroller. LNGA 2020 behandlar projektering, kontroll, drift och underhåll av anläggningar för flytande metan. Nedan redovisas exempel på säkerhetsfunktioner och projekteringsanvisningar som behandlas i LNGA 2020:

- Lagringstankar/cisterner ska vara försedda med två parallellt monterade säkerhetsventiler.

- Lagringstankar/cisterner ska vara försedda med överfyllnadsskydd
- Tryck-, temperatur och flödesmätare så att systemets tillstånd kan övervakas kontinuerligt.
- Nödavstängningssystem som automatiskt, via snabbstängande ventiler, ska isolera och försätta hela anläggningen i säkert läge (nödavstängningen kan aktiveras genom gasdetektion, brandlarm, temperaturgivare och/eller manuella nödstoppdon).
- Cisterner ska dimensioneras för vind- och snölaster (enligt BFS 2011:6).
- Processutrustning ska skyddas från påkörning (via placering eller fysiska barriärer)
- Slangledningar för lastning/lossning ska vara utförda i rostfritt stål enligt SS-EN ISO 10380
- Slangledningar får generellt bara förekomma där deras rörlighet är nödvändig.
- Förslag på zonklassning (Ex-zon) omkring olika anläggningsdelar/komponenter (ventiler, lastnings-/lossningsplats med mera).
- Rutiner för drift och underhåll av anläggningen.

2.4.3 EGN 2023

Krav i energigasnormer (EGN) 2023 [5] gällande distributionssystem för naturgas, gasol i gasfas och biogas med högst 4 bars tryck kommer att beaktas. Nedan lista exempel på skyddsåtgärder för gasledningar som behandlas i EGN 2023:

- Procedurer och direktiv vid svetsning av ledningar.
- Materialkrav för ledningar.
- Metoder för tryckprovning av ledningar.
- Metoder och direktiv för installationskontroller.
- Skydd mot pågrävning.
- Skydd mot trafiklaster och påkörning.

2.5 HANTERING AV FARLIGA ÄMNEN

I Tabell 3 redovisas en beräkning utifrån summeringsregeln baserad på maximal förekommande mängd av ämnen med klassificeringen H220 (extremt brandfarlig gas) inom den sökta verksamheten. Beräkningen indikerar att verksamheten kommer att omfattas av Sevesolagstiftningen enligt den högre kravnivån. Hanteringen av övriga Sevesoklassade ämnen inom verksamheten, bland annat diesel och ammoniak, kommer endast att ske i begränsad omfattning. Då mängder av dessa understiger 2 % av gränsen för den lägre kravnivån redovisas dessa inte i Tabell 3 men beskrivs vidare i avsnitt 2.5.2.

Tabell 3. Maximalt förekommande mängd av ämnen med fysikaliska faror (H220 – Extremt brandfarlig gas) inom planerade anläggning

Ämne	Klassificering	Maximalt förekommande mängd [ton]	Lägre kravnivå [ton]	Högre kravnivå [ton]	Kvot lägre	Kvot högre
Biogas	H220 – Extremt brandfarlig gas	30	10	50	3	0,60
CBG (komprimerad uppgraderad biogas)	H220 – Extremt brandfarlig gas	22	10	50	2,2	0,44
LBG (flytande uppgraderad biogas)	H220 – Extremt brandfarlig gas	125	50	200	2,5	0,63
Acetylen (gasflaskor)	H220 – Extremt brandfarlig gas	0,4	5	50	0,08	0,008
Summa:					7,8	1,7

2.5.1 Biogas (Metan)

Den planerade anläggningen kommer att hantera både gasformig (strax över atmosfärstryck samt i komprimerat tillstånd, CBG) och flytande (LBG) metan. Om metan under atmosfärstryck kyls till temperaturer omkring -162 °C övergår ämnet från gas- till vätskefas. Volymförhållandet mellan gasen och vätskan är då cirka 1:600 vilket ger bränslet dess höga energidensitet. Flytande metan (LBG) är ett kryogent bränsle och behöver lagras under tryck om lagringstemperaturen överstiger ämnets kokpunkt (-162 °C). I Tabell 4 redovisas en sammanställning av metans kemiska- och fysikaliska egenskaper.

Tabell 4. Sammanställning över metans fysiska och kemiska egenskaper [4] [6].

Fysikaliska och kemiska egenskaper	
Molekylformel	CH ₄
Lukt/färg	Färg- och luktlös
Densitet gas (1 atm, 0 °C)	0,727 kg/m ³
Densitet vätska (1 atm, -162 °C)	423 kg/m ³
Kokpunkt	-162 °C
Flampunkt	-188 °C
Brännbarhetsområde	Nedre: 5 % Övre: 15 %
Självantändningstemperatur	537 °C
Förbränningsvärme	50 300 kJ/kg
Förbränningshastighet	0,078 kg/(m ² ·s)
Minsta antändningsenergi i luft	0,21 mJ

Vid standardtryck och –temperatur (1 atm, 0 °C) har metan en densitet på 0,72 kg/m³ vilket är cirka 60 % lägre än densiteten för luft. Metangas som är kallare än -110 °C har dock en högre densitet än luft [4]. Vid kryogen lagring kan därmed ett eventuellt utsläpp initialt förväntas spridas som en tunggas vilket medför att gasplymen (utsläppet) sjunker mot marken. Densitetsskillnaden kommer dock att avta i takt med att utsläppet blandas med omgivande luft och värms upp. Gasen kommer till slut bete sig som en så kallad lätt gas och kan då förväntas stiga uppåt.

Metan är både lukt- och färglös vilket medför att eventuella utsläpp från processutrustning kan vara svåra att identifiera för människor i omgivningen. Utsläpp av kall metangas kan oftast visuellt identifieras då temperatursänkningen får vattenånga i omgivande luft att kondensera vilket ger upphov till ett vitt gasmoln. Vid hög luftfuktighet (> 55 %) är det brännbara området synligt som ett vitt moln, men vid lägre luftfuktighet är det brännbara området större än vad som syns. Metan är inte giftigt men kan vid utsläpp i slutna utrymmen tränga undan syre och ge upphov till kvävning. Flytande metan eller utströmmande gas kan även ge upphov till köldskador vid direktkontakt. Den huvudsakliga faran med ämnet är dock dess brandfarlighet.

Metan har ett förhållandevis snävt brännbarhetsområde i luft. Blandningar mellan metan och luft är antändningsbara då koncentrationen av metan uppgår till mellan 5–15 volymprocent [7]. Minsta mängden tillförd energi som krävs för att antända en brännbar blandning mellan metan och luft (0,21 mJ) är cirka tre gånger lägre än motsvarande för bensen/luftblandning.

2.5.2 Övriga farliga ämnen

I detta avsnitt beskrivs översiktligt egenskaperna hos de övriga farliga ämnen som kommer att hanteras inom den sökta verksamheten.

Acetylen är en extremt brandfarlig gas med ett explosionsområde mellan 2 och 82 volymprocent. Gasen är lättare än luft vilket medför att eventuella utsläpp kan förväntas stiga uppåt. Läckage från utrustning kan detekteras via gasens lukt, som påminner om vitlök. Bolaget kommer att använda gasen vid svetsning och den maximala lagringsmängden inom verksamhetsområdet beräknas uppgå till 400 kg.

Ammoniak är i koncentrerad lösning är starkt frätande. Ammoniakgas orsakar kraftig irritation på ögon och slemhinnor. Vid inandning av gasformig ammoniak i hög koncentration föreligger risk för andningsbesvär och lungskador [8].

Utsläpp av ammoniak till vattendrag och mark leder till försurning och övergödning. Försurningen kan skada både djur- och växtliv. Ammoniak är förnimbar redan vid 5 ppm och har en stark och stickande lukt [8]. Ammoniak kan komma att användas som köldmedia i förvätskningsprocessen av biogasen. Andra köldmedier, exempelvis R717 och glykol, är dock också tänkbara alternativ i detta skede. Fyllnadsmängden i kylanläggningen förväntas uppgå till mellan 25–125 kg.

Diesel är en färglös vätska som kan bestå av olika kombinationer av kolväten. Vätskan är brandfarlig med en flampunkt > 60 °C. Diesel kan vara skadligt vid inandning och ge skador på organ vid långvarig eller upprepade exponering. Läckage som når mark, grundvatten, eller vattendrag kan förorsaka miljökada. Bolaget avser att lagra drygt 2,4 ton diesel i en mindre cistern som ska nyttjas som bränsle till reservkraftverk. Kraftverket ska säkerställa möjligheten till kraftmatning av säkerhetskritiska funktioner vid händelse av strömavbrott, exempelvis facklan och fläkten som stödjer membranet i gaslagret.

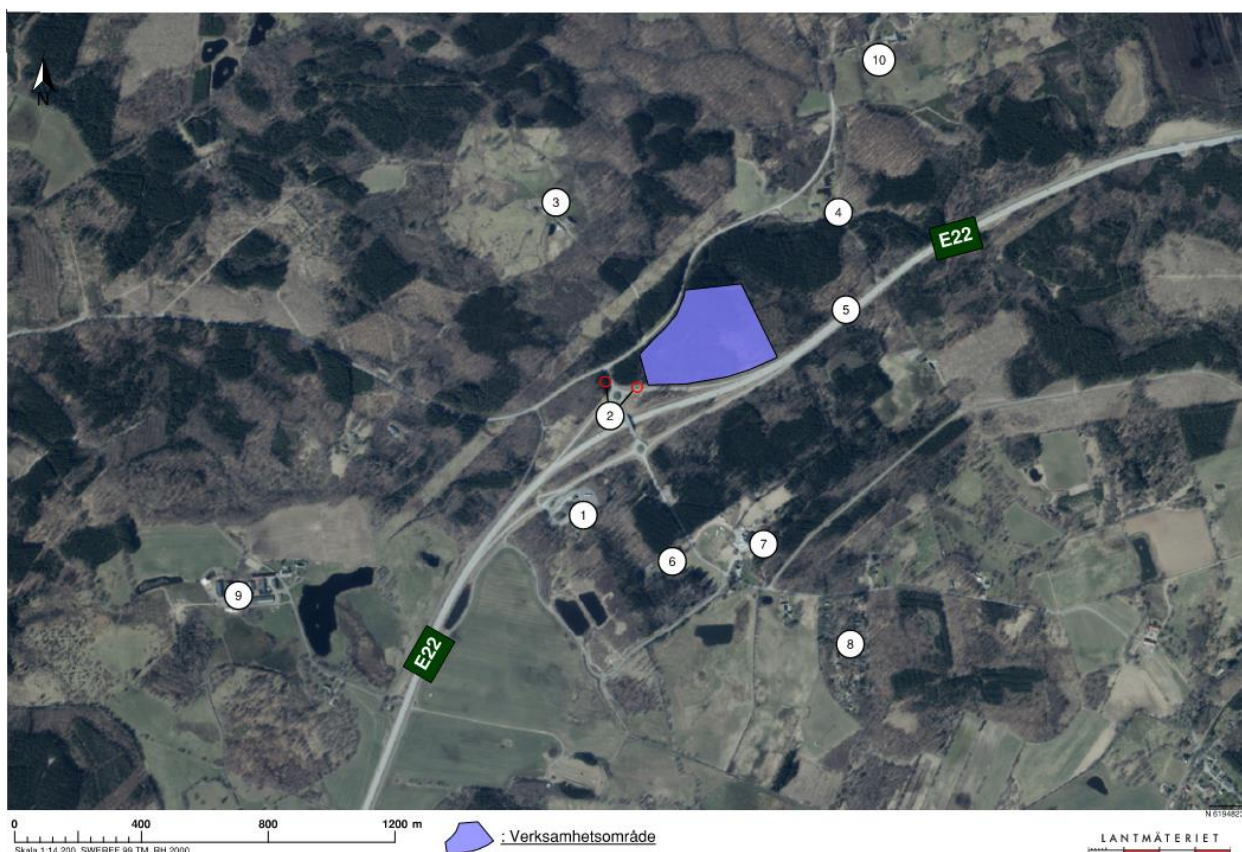
Järntriklorid (FeCl_3) är en oorganisk förening som kommer att användas i gasreningsprocessen för att begränsa svavelinnehållet i biogasen. Föreningen är enbart svagt frätande och hälsovådligt vid förtäring. En järntriklorid-tank med en lagringskapacitet på 70 m³ (ej fastställt i detta skede) planeras inom verksamhetsområdet. Föreningen, vilken kommer att hanteras hydrerad form ($\text{FeCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), genomgår termiskt sönderfall i flera steg i samband med upphettning [9]. I temperaturintervallet 200-250 °C avges väteklorid från lösningen, HCl(g) , som vid inandning kan orsaka frätskador på slemhinnor och andningsorgan (reagerar med vatten och bildar saltsyra). Notera dock att det enbart är den kondenserade formen av väteklorid som klassificeras som ett Sevesoämne. Notera även att reaktionen är endoterm (tar upp värme från omgivningen) vilken innebär att sönderfallet uppför om värmekällan avlägsnas.

Syrgas är oxiderade (brandunderstödjande) och eventuella utsläpp kan öka risken för brand i lättantändliga material (trä, papper, oljor, etcetera). Verksamheten kommer att hantera begränsade mängder syrgas (fåtal kilo) vilken kommer att tillsättas i hygieniseringsprocessen för att motverka svavelbildning.

2.6 SKYDDSVÄRDA OBJEKT OCH RISKKÄLLOR I OMGIVNINGEN

I Figur 4 redovisas placeringen av skyddsvärda objekt i omgivningen i förhållande till verksamhetsområdet. Närmsta bostadshus är beläget cirka 450 meter öster om verksamhetsområdet. Bostäder förekommer även i nordlig och sydlig riktning men i dessa fall varierar skyddsavståndet från drygt 530 meter (Arups gård) upp till 600 meter. Drygt 785 meter söder om planerad lokalisering återfinns bostadsområdet Kylestorp. Närmst belägna verksamheter ligger inom Ekerödsrasten med bland annat restaurang och drivmedelsstation cirka 450 meter sydväst om planerad lokalisering. Vidare återfinns verksamheten DS Husvagnar drygt 500 meter söder om planerat verksamhetsområde. Strax sydväst om verksamhetsområdet, i anslutning till Ekerödsrondellen, finns två busshållplatser. Hållplatsen närmst verksamhetsområdet används för regionaltrafik och den andra för skolskjuts.

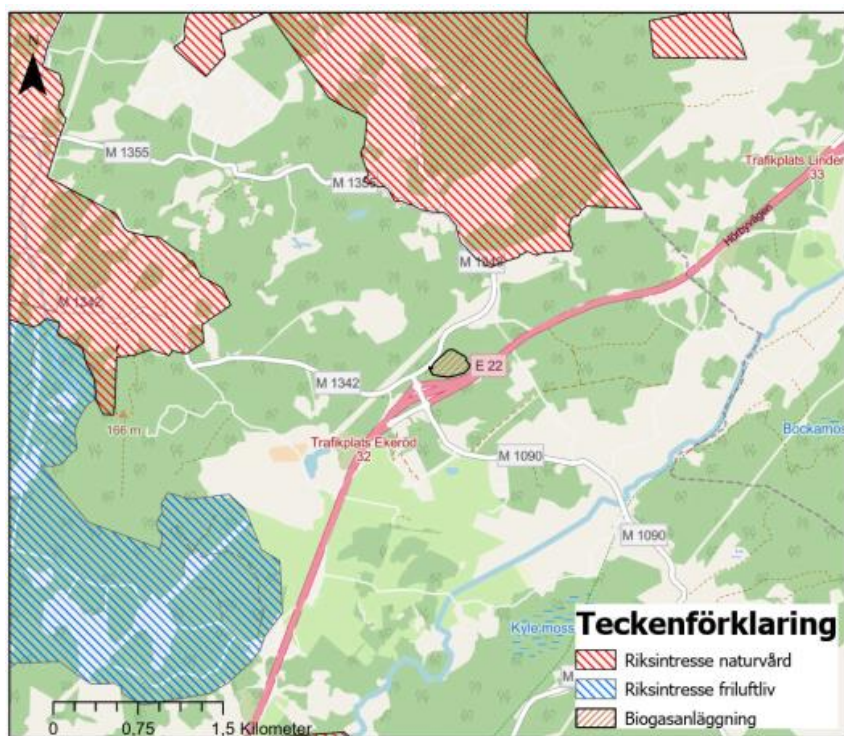
I sydlig riktning avgränsas verksamhetsområdet av en avfart från E22. Notera dock att verksamhetsområdet utformas så att ett skyddsavstånd på minst 50 meter upprätthålls mellan påfarten och de olika anläggningsdelarna. I nordlig riktning avgränsas verksamhetsområdet av en mindre väg (Länsväg 1343) som kommer att nyttjas för transporter till och från anläggningen.



Figur 4. Placeringen av skyddsvärda objekt i omgivningen i förhållande till verksamhetsområdet: 1. Ekerödsrasten, 2. Busshållplats (röd cirkel relativt närmst verksamhetsområdet) samt hållplats för skolskjuts. 3. Arups gård (bostadshus), 4. Bostadshus, 5. E22, 6. Bostadshus, 7. DS Husvagnar (återförsäljare), 8. Kylestorp (bostadsområde), 9. Ekeröd (bostadshus/lantbruk), 10. Svensk Köttprövning.

2.6.1 Riksintressen

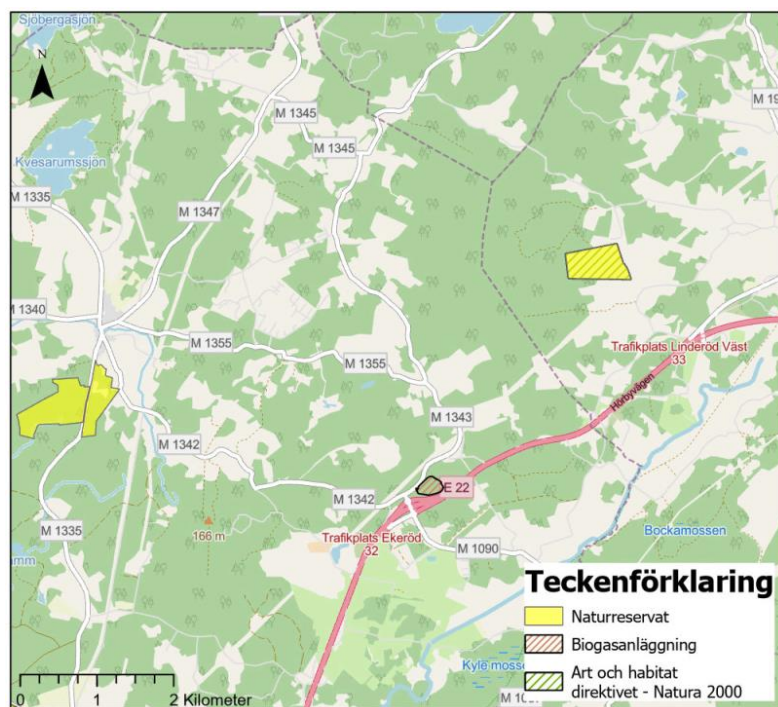
I Figur 5 redovisas förekomsten av utpekade riksintressen i anläggningens närområde. Europaväg E22, vilken passerar strax söder om planerad lokalisering, är utpekad riksintresse för befintligt vägnät [10]. Vidare är områden norr och väster om planerad lokalisering utpekade riksintressen för naturvård. Båda dessa områden är delområden i beslutat riksintresse för naturvård i Skåne län och bevaras för sina representativa odlingslandskap. Avstånd till närmaste riksintresse för naturvård är cirka 800 m åt nordost. Sydväst om planerad lokalisering finns ett utpekad riksintresse för friluftsliv [11], avstånd från planerad till lokalisering till riksintresset är drygt 2 km.



Figur 5 Karta som visar planerad lokalisering samt närliggande riksintressen.

2.6.2 Naturmiljö

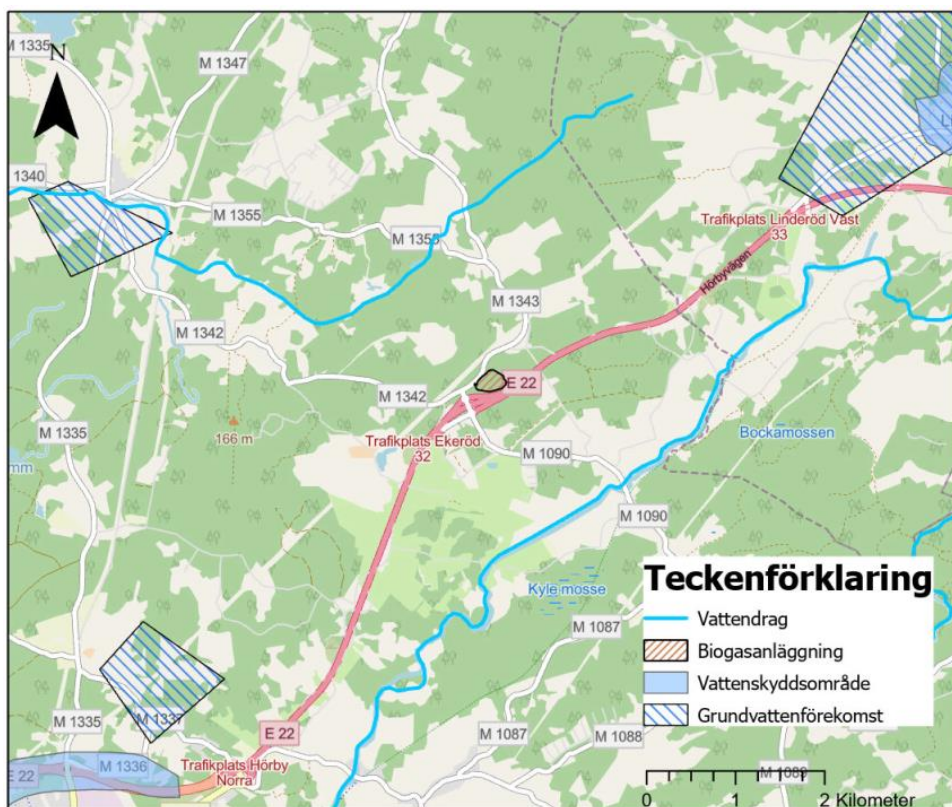
Figur 6 visar att inga skyddade naturområden förekommer inom den planerade lokaliseringen eller i dess direkta närområde. Närmast belägna naturområde skyddat enligt 7 kap. miljöbalken utgörs av Boarps hed, beläget cirka 3 km nordost om planerad lokalisering. Boarps hed omfattas av skydd enligt både Natura 2000-område och naturreservat. Drygt 4 km väster om planerad lokalisering ligger Hjällens naturreservat [11].



Figur 6. Karta som visar närliggande naturreservat samt Natura 2000 områden.

2.6.3 Vattenskyddsområden och grundvattenförekomster

Närmaste grundvattenförekomst utgörs av tre grundvattenförekomster, belägna drygt 4 km nordost-, väst- samt sydväst om planerad lokalisering [12]. Vattenskyddsområde Hörby tätort är beläget drygt 5 km sydväst om planerad lokalisering [11].



Figur 7. Karta över närliggande ytvattenförekomster, grundvattenförekomster samt vattenskyddsområden.

2.6.4 Infrastruktur

Europaväg E22 passerar strax söder om planerad lokalisering och är utpekad riksintresse för befintligt vägnät [10]. Vidare är vägen utpekad som en primär transportled för farligt gods. Primära transportleder utgör stommen i det rekommenderade vägnätet för farligt gods-transporter och får användas för genomfartstrafik. På en primär transportled kan därmed betydande mängder farligt gods förväntas samt förekomst av samtliga klasser. E22 kan med hänsyn till detta både betraktas som ett skyddsobjekt och möjligt extern riskkälla för den ansöka verksamheten. Det uppmätta trafikflödet på aktuell delsträcka av E22 uppgår till cirka 10 000 fordon per årsmedeldygn. Av dessa utgör cirka 1 400 tunga transporter [13].

Enligt länsstyrelsens riktlinje för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM) bör ett skyddsavstånd på minst 30 meter upprätthållas mellan en transportled för farligt gods och markanvändningen industri (J) [14]. Då avståndet mellan byggrätten inom planområdet och E22 kommer att uppgå till minst 50 meter bedöms utformningen av detaljplanen vara förenlig med kraven i RIKTSAM.

2.6.5 Närliggande verksamheter

För att inventera närliggande verksamheter som kan ha betydelse för denna riskbedömning används i första hand Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB) verktyg *Seveso – Visningstjänst*. Genom verktyget kan användaren söka geografiskt efter bland annat Sevesoverksamheter och farliga verksamheter enligt Lag om skydd mot olyckor.

I detta fall har ingen Sevesoverksamhet eller annan farlig verksamhet (LSO) identifierats inom 5 km från planerad lokalisering. Kortaste avståndet mellan drivsmedelstationen inom Ekerödrasten och verksamhetsområdet uppgår till drygt 420 meter.

2.7 NATURLIGA OMGIVNINGSAKTÖRER

I nedanstående stycken redovisas övriga omgivningsfaktorer som är av betydelse för den totala riskbedömningen.

2.7.1 Meteorologiska data

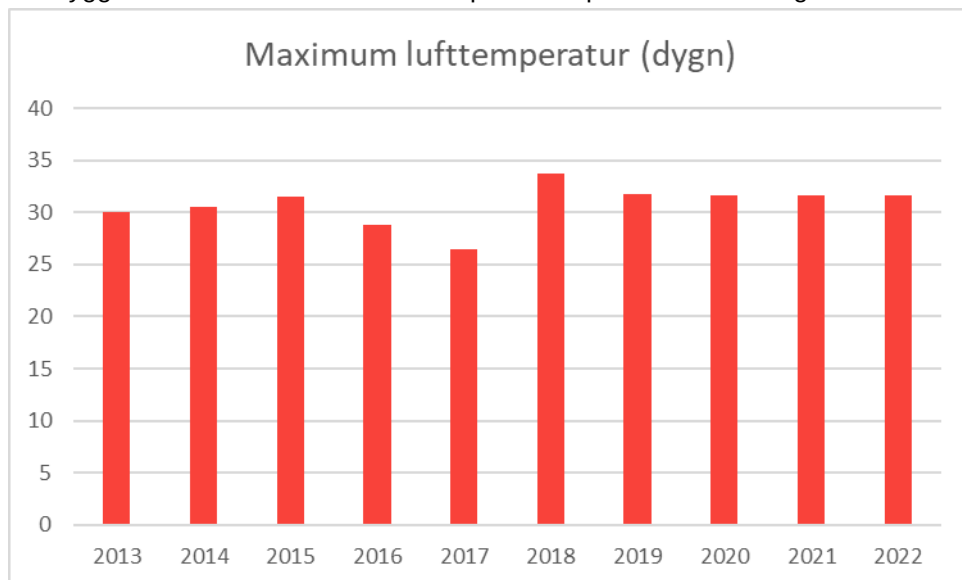
Följderna av en naturhändelse, exempelvis höga vattennivåer, hög vindstyrka eller kraftig nederbörd i närheten av en Sevesoverksamhet kan potentiellt öka risken för en allvarlig kemikalieolycka inom anläggningen. I detta avsnitt redovisas relevanta meteorologiska data hämtad från de väderstationer som presenteras i Tabell 5.

Tabell 5. Sammanställande tabell över väderobservationsstationer som använts för att hämta meteorologiska data för uppdragsområdet.

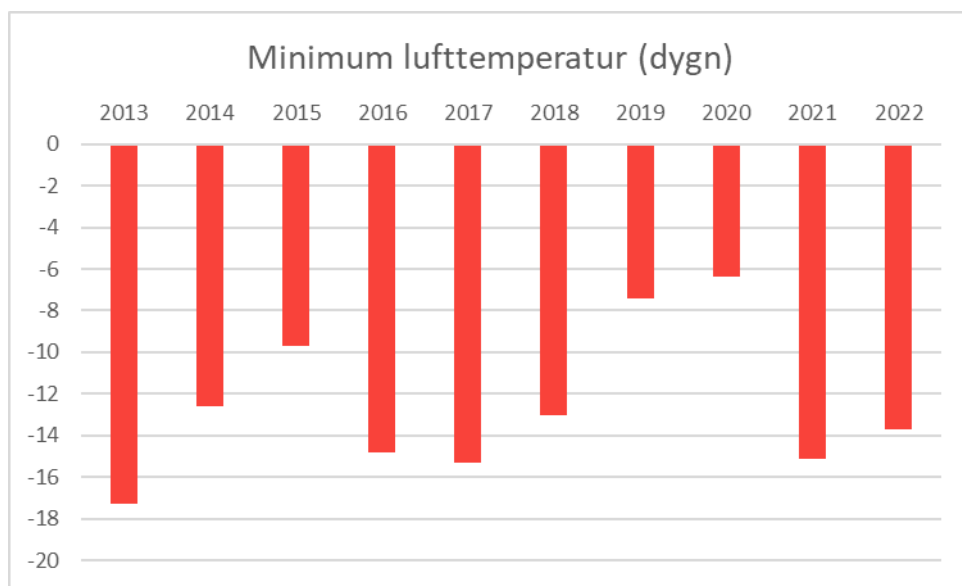
Station	Aktiv period	Höjd över havet	Avstånd från lokalisering	Typ av meteorologisk observation & data
Hörby A	1995-	112,8 m	6,2 km	1. Temperatur, maximum & minimum per dygn. 2. Genomsnittlig & maximum nederbördsmängd per dygn. 3. Vindhastighet och riktning.
Knopparp D	1996-	167,5 m	7,4 km	3. Nederbörd genomsnitt per månad (mm/månad) 4. Snödjup och markytans tillstånd (mm/år).

Temperatur

I Figur 8 och Figur 9 redovisas den högsta respektive den lägsta temperaturen som har uppmätts mellan åren 2013–2022 vid väderstation Hörby A. Min- och maxvärden mäts vanligtvis två gånger per dygn. Indata är relevant för att övervaka temperaturtrender över tid och därmed ge underlag för att förebygga att trender med extrema temperaturer påverkar hanteringen.



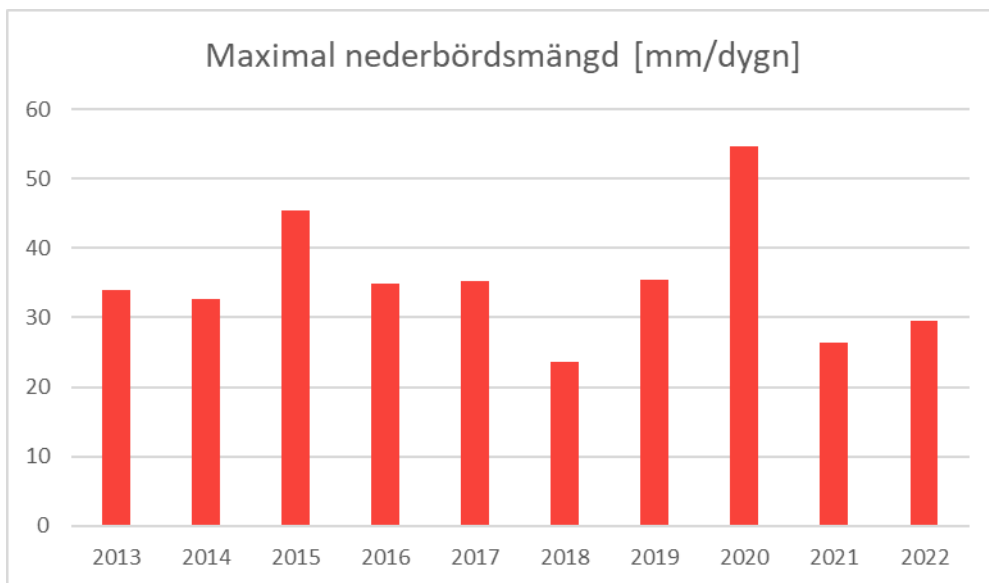
Figur 8. Högsta uppmätta dygnstemperaturerna för området vid uppdragsområdet under åren 2013–2022, uppmätta vid SMHI:s station Hörby A.



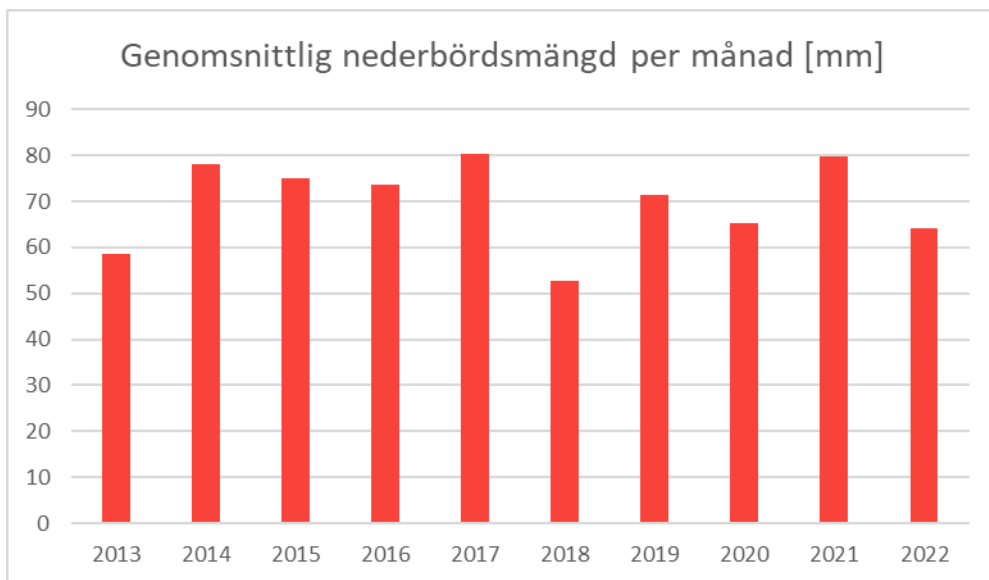
Figur 9. Lägsta uppmätta dygnstemperaturerna för området vid uppdragsområdet under åren 2013–2022, uppmätta vid SMHI:s station Hörby A.

Nederbördsmängder

Nederbörd uppmätt vid manuella samt vid automatiska mätstationer avser den ackumulerade mängden under 24 timmar. Om nederbörden fallit i fast form smälts den före mätning.



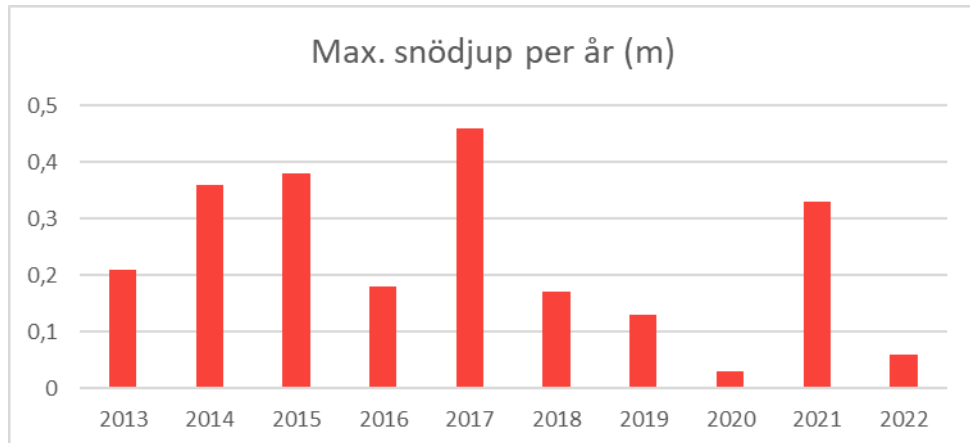
Figur 10. Maximal nederbördsmängd vid Hörby A.



Figur 11. Genomsnittlig nederbördsmängd vid Knopparp D.

Snödjup

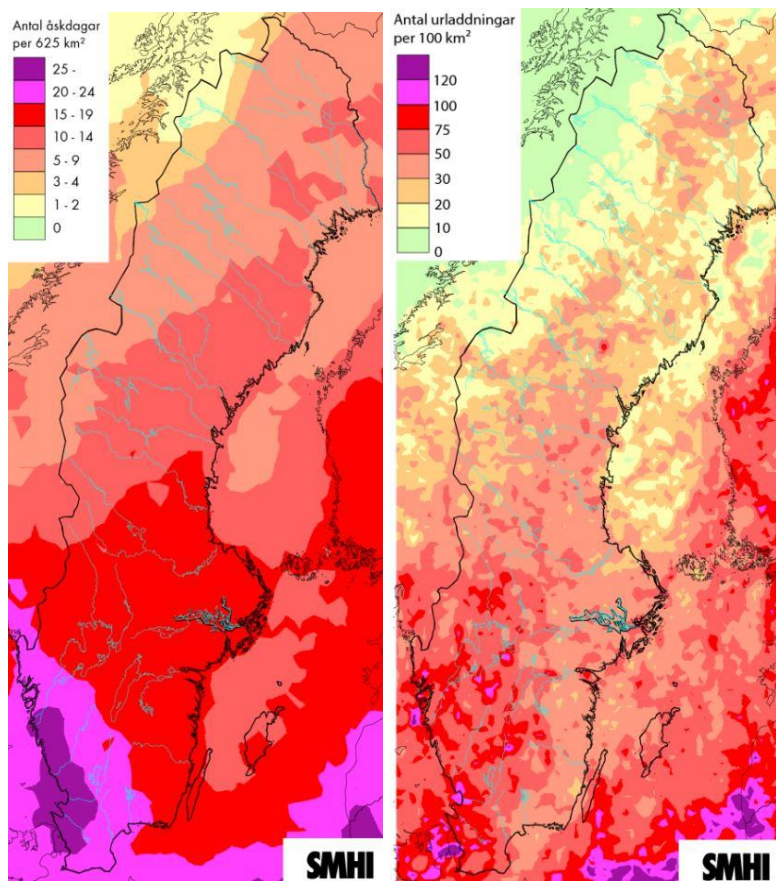
Snödjup mäts när minst hälften av marken är snötäckt. Mätningarna avser öppen och plan mark. Är det barmark sätts snödjupet till 0 meter. Maximalt snödjup som uppmätts någon gång under åren 2013–2022 är 46 cm (0,46 m i diagrammet) och registrerades av SMHI [15].



Figur 12. Högsta uppmätta snödjup uppmätt vid stationen Knopparp D.

Åska och blix

Antal åskdygn i området är omkring 20–24 per år, baserat på statistik från SMHI (se figur 10 nedan) [16]. Antal blixtnedslag för området kring den planerade anläggningen kan variera mellan 50–100 per år för samma tidsperiod. Åska och blixtnedslag kan orsaka skador på både människor och byggnader, strukturer samt system. Blixtnedslag kan även slå ut elförsörjning, starta brand i fast material samt antända brandfarliga varor.

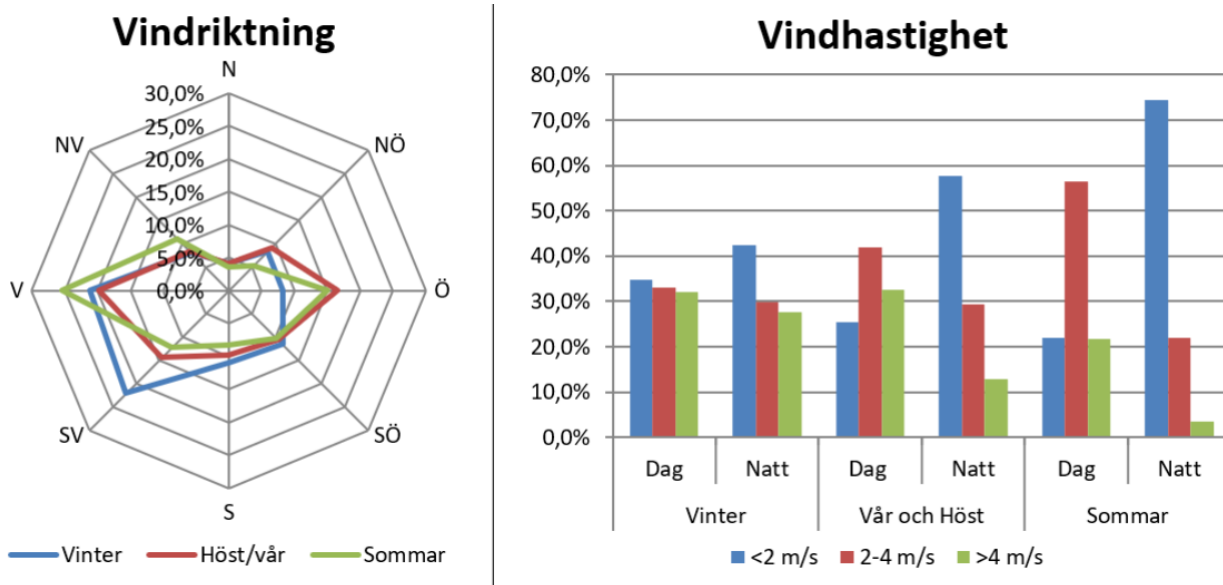


Figur 13. Genomsnittlig mängd åskdygn med blixtnedslag för Sverige per år under perioden 2002–2014 (SMHI). I området omkring Hörby kommun varierar den genomsnittliga mängden blixtnedslag under perioden mellan ca 50–100 per år.

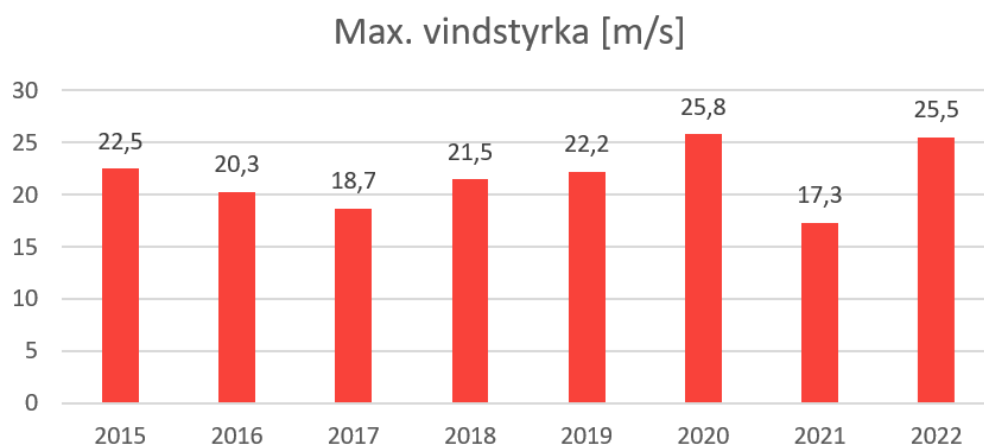
Vind- och väderförhållande (Stabilitetsklass)

I Figur 14 syns vindrosen samt fördelningen över vindhastigheter för Hörby under perioden 2015–2022. Statistiken visar att västlig och sydvästlig vindriktning är förhärskande. Notera att vindriktning avser vilket håll vinden blåser ifrån. I Figur 15 redovisas högsta uppmätta byvind under den aktuella mätperioden. Högsta uppmätta byvind sedan mätstationen Hörby A togs i drift (1995) är 30,4 m/s (2005-01-08).

I Figur 16 redovisas en uppskattad fördelning över förekomsten av olika atmosfäriska stabilitetsklasser (luftens temperaturskiktning) för Hörby. Fördelningen har approximerats med avseende på Pasquillklass [17] och data över solinstrålning från SMHI. Approximationen indikerar att neutral skiktning (Stabilitetsklass D), dvs. en temperaturskiktning då vertikala luftrörelser varken dämpas eller förstärks, är den mest frekvent förekommande i Hörby dagtid både under vinter- och sommarhalvåret. Svagt till måttligt stabil skiktning (Stabilitetsklass E respektive F) av atmosfären dominerar dock nattetid. Luftens temperaturskiktning (stabilitetsklass) påverkar både den vertikala och horisontella spridningen av gasformiga ämnen mot omgivningen, exempelvis ett gasmoln med brännbar gas. Vid en stabil temperaturskiktning (Stabilitetsklass F) ökar generellt konsekvensavståndet då utspädningen av plymen med det gasformiga ämnet sker långsammare på grund av lägre turbulens. Vid en instabil temperaturskiktning (Stabilitetsklass B) förstärks istället de vertikala luftrörelserna vilket skapar en högre turbulens och relativt snabbare utspädning av gasplymen.



Figur 14. Vindros (t.v.) och fördelning över vindhastigheter (t.h.).



Figur 15. Högsta uppmätta vindhastighet (byvind) vid väderstation Hörby A under åren 2015-2022.

Stabilitetsklass	B	D	E	F	Σ
Vindhastighet	3,0 m/s	5,0 m/s	3,0 m/s	1,5 m/s	
Vinter, dagtid	0,111	0,5405	0,2312	0,1172	1
Vinter, nattetid	0	0,3949	0	0,6051	1
Höst/vår, dagtid	0,2965	0,5968	0,0839	0,0228	1
Höst/vår, nattetid	0,0143	0,1569	0,3083	0,5204	1
Sommar, dagtid	0,657	0,342	0,0011	0	1
Sommar, nattetid	0,1187	0,1144	0,3129	0,454	1

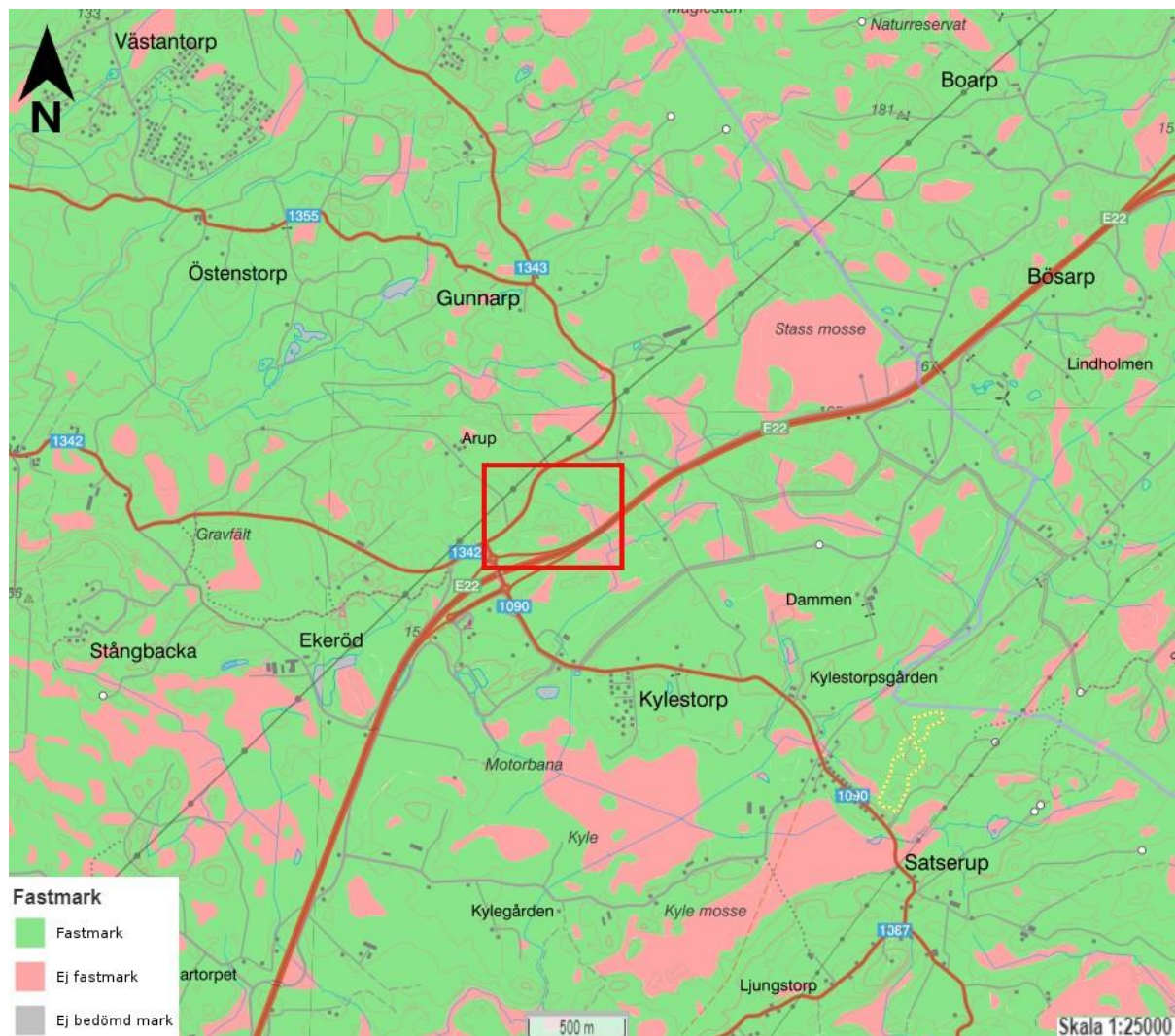
Figur 16. Approximerad fördelning över stabilitetsklasser.

2.7.2 Geologiska data

I detta stycke redovisas relevant geologiska data, i huvudsak hämtad från SGU (Sveriges Geologiska Undersökning).

Markegenskaper

I Figur 17 redovisas en förenklad bild av markens stabilitetsegenskaper. Kartbilden bygger på en omklassning av grundlagret i datamängden *Jordarter 1:25 000–1:100 000* till tre stabilitetsklasser: fastmark, ej fastmark respektive ej bedömd mark. Till klassen *fastmark* räknas områden med berg, morän, isälvssediment, grus, blockjord och liknande. Till klassen *ej fastmark* räknas områden med silt, lera, torv, gytta, postglacial sand och andra avlagringar som i många fall underlagras av silt, lera eller fyllning. Hänsyn har inte tagits till marklutning och fuktighetsförhållanden.

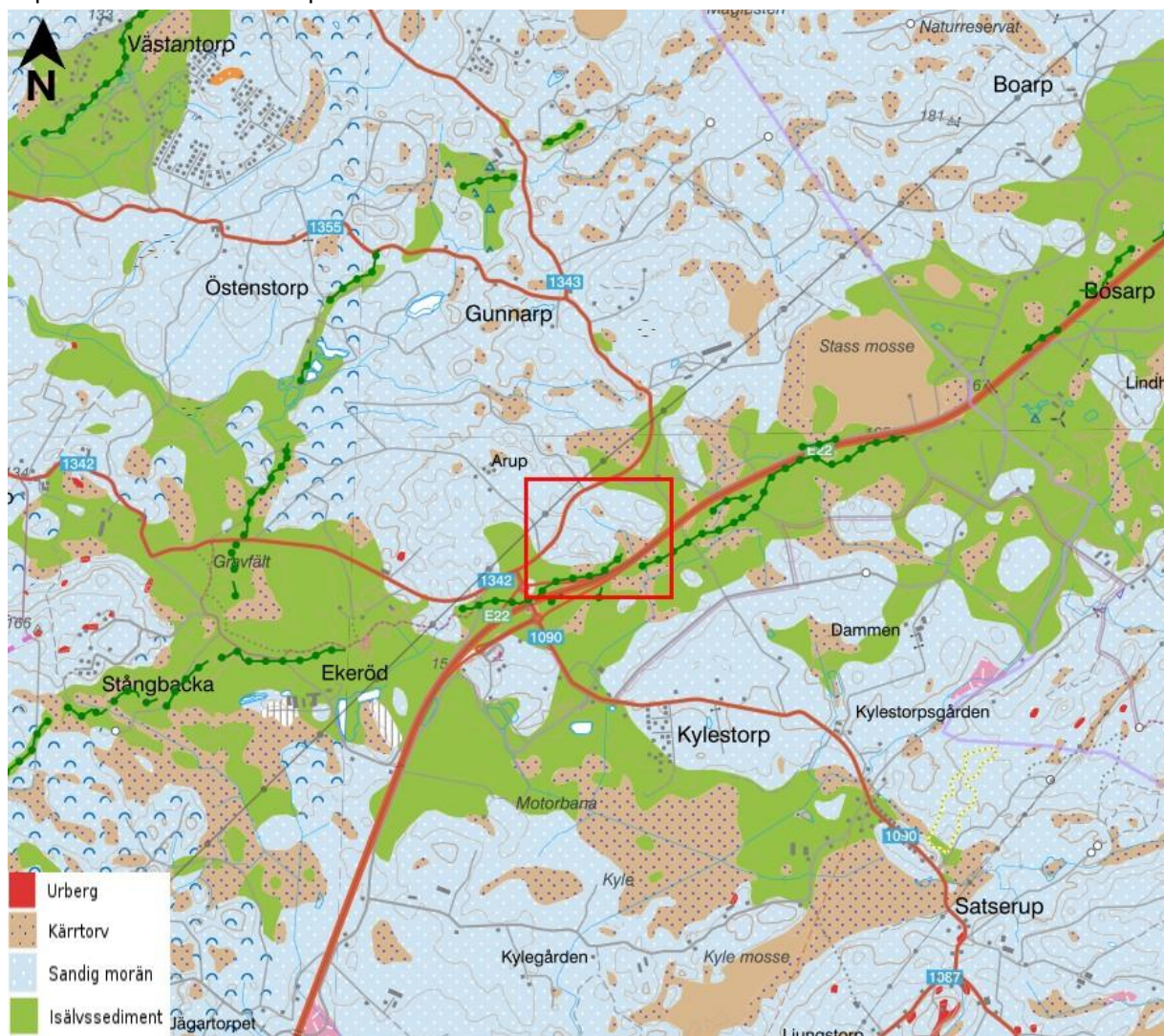


Figur 17. Kartan visar fastmark och ej fastmark i utredningsområdet (markerat i rött) med omnejd. Data för kartan är hämtad från SGU (Sveriges Geologiska Undersökning). Karteringen indikerar att verksamhetsområdet i huvudsak ligger inom områden som utgörs av fastmark.

Jordarter och berggrund

Jordartskartan, se Figur 18, visar jordarternas utbredning i eller nära markytan samt förekomsten av block i markytan. Jordarterna indelas efter bildningsätt och kornstorlekssammansättning. Ytliga jordlager med en mäktighet som understiger en halv till en meter samt jordlager på djupet redovisas i vissa fall. Karteringen indikerar att sandig morän är den dominerande jordarten inom verksamhetsområdet och dess omnejd.

Andra jordartstyper som förekommer är isälvsediment och till liten del även kärrtorv. Jorddjupet inom verksamhetsområdet uppgår till mellan 10-20 meter. Marken inom verksamhetsområdet är relativt kuperad med vissa branta partier.



Figur 18. I kartan ovan visualiseras data för jordarter som återfinns i verksamhetsområdet med omnejd (markerat i rött). Data för kartan är hämtad från SGU.

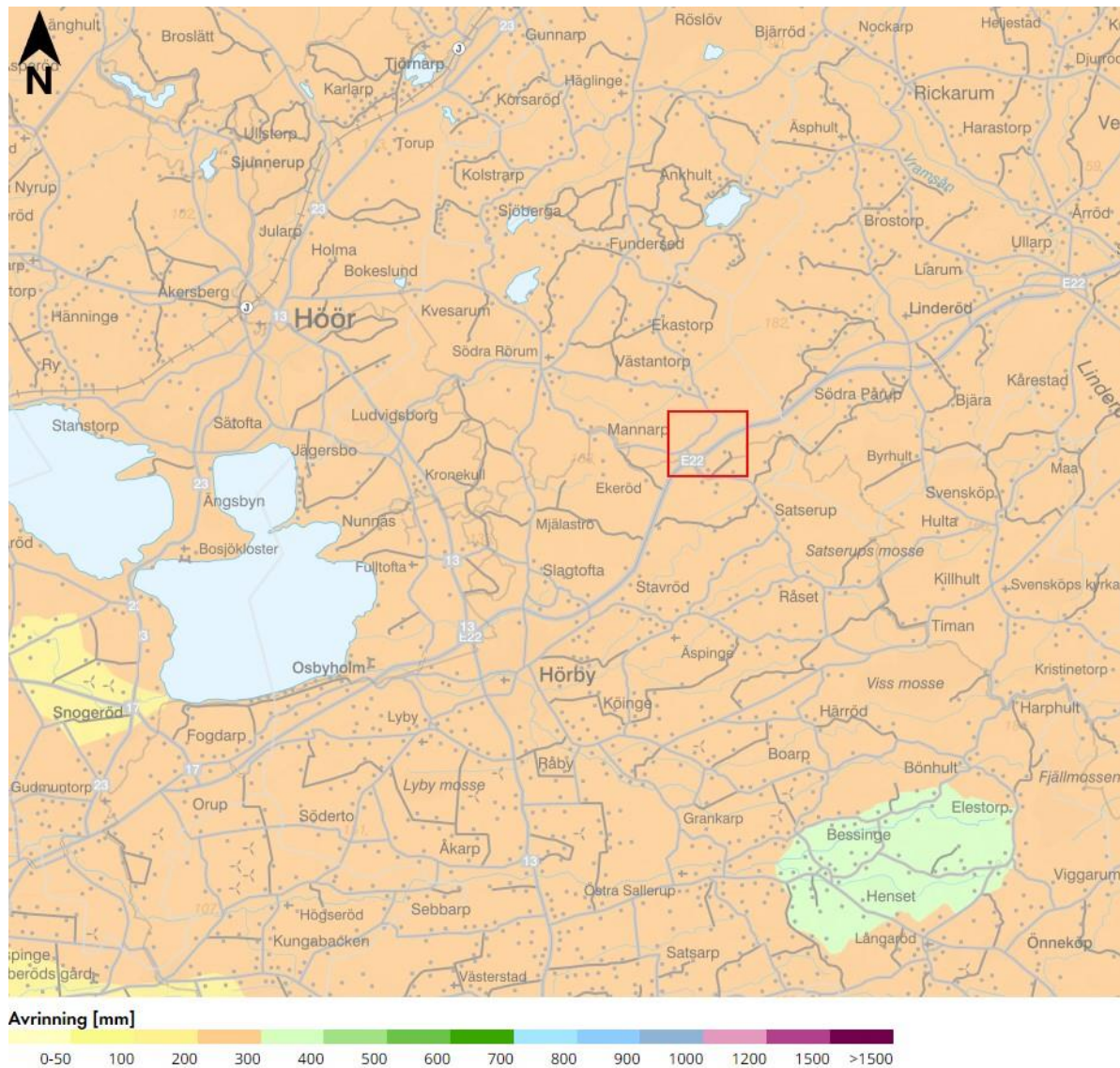
Jordbävningar

Förekomsten av kraftiga jordbävningar i Sverige finns inte dokumenterade under historisk tid. Baserat på historiska data och med kännedom om berggrundens struktur i Sverige gäller därför att riskbidraget domineras av lokala skalv inom en radie av 20 km från anläggningen. I dagsläget finns det inget underlag för att göra en bedömning av sannolikheten för lokala skalv.

2.7.3 Avrinning

Det samlade vattenflödet från ett avgränsat geografiskt område kallas avrinning. Den specifika avrinningen, d.v.s. avrinningen per ytenhet, är ett mått på den långsiktiga vattentillgången i området och uttrycks ofta i mm. Avrinningen kan även ge en indikation på hur eventuella snabbt kemikalieutsläpp och släckvatten sprider sig i marken. SMHI tar varje år fram avrinningskartor för att ge en generell överblick av hur vattentillgången varierat under det gångna året och även per säsong. Säsongerna delas in enligt: vår (mars, april, maj), sommar (juni, juli och augusti), höst (september, oktober, november) och vinter (december, januari, februari).

Underlaget till dessa avrinningskartor är framtaget med hjälp av den hydrologiska modellen S-HYPE där Sverige är indelat i knappt 38 000 delavrinningsområden. Modellen är kalibrerad för att ge en generell bild över avrinningen från Sverige. Indata till modellen kommer från en nederbörds- och temperaturdatabas, där nederbörd och temperatur har beräknats för ett gridnät som täcker hela Sverige. Kartan, se Figur 19, nedan visar den årliga specifika avrinningen i mm för Hörby kommun med utredningens fokusområde markerat i rött nedan. Vad kartan tydligt visar är att den årliga avrinningen är låg och under den genomsnittliga avrinningen i riket.



Kartan visar den årliga specifika avrinningen i mm

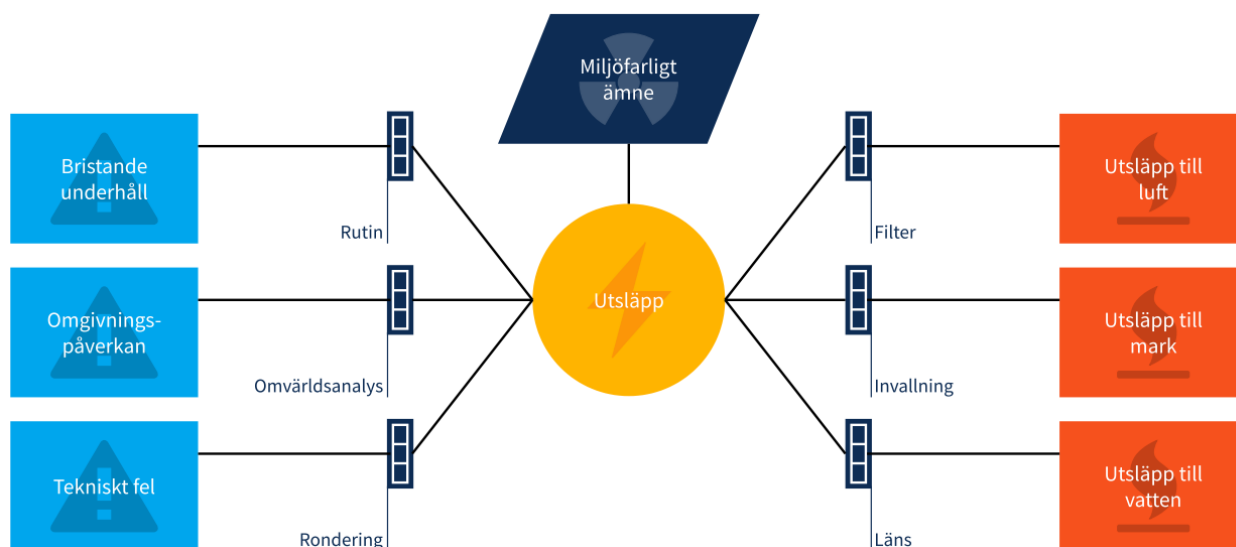
Figur 19. Kartan ovan visar hur den årliga avrinningen är inom utredningsområdet med omnejd.

3 RISKIDENTIFERING

I detta kapitel presenteras den genomförda riskidentifieringen. Först görs en allmän genomgång av den använda metoden samt de huvudsakliga kategorierna av riskkällor och olycksscenarioer som beaktas i riskbedömningen. Därefter beskrivs indelningen av orsaker (driftrelaterade, yttre, naturliga respektive andra) som följer MSB:s vägledning för upprättande av säkerhetsrapporter. Därefter följer en mer detaljerad riskidentifiering.

3.1 MILJÖRISK

För att i kommande kapitel kunna beskriva relevanta miljörisker och hur dessa bör hanteras för att säkerställa en anläggning med hög säkerhet och erforderliga skyddsbarriärer så behöver begreppet miljörisk förtydligas. Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser (se Bilaga A för ytterligare information). För att här kunna identifiera potentiella orsaker till att en olycksrisk kan inträffa och vad dess konsekvenser kan bli används i denna rapport en riskanalysmetodik som kallas olycksfjäril. Metoden beskrivs mer ingående i kommande delar av rapporten, men för att tydliggöra begreppet miljörisk och dess ingående beståndsdelar illustreras begreppet med en olycksfjäril i nedanstående figur.

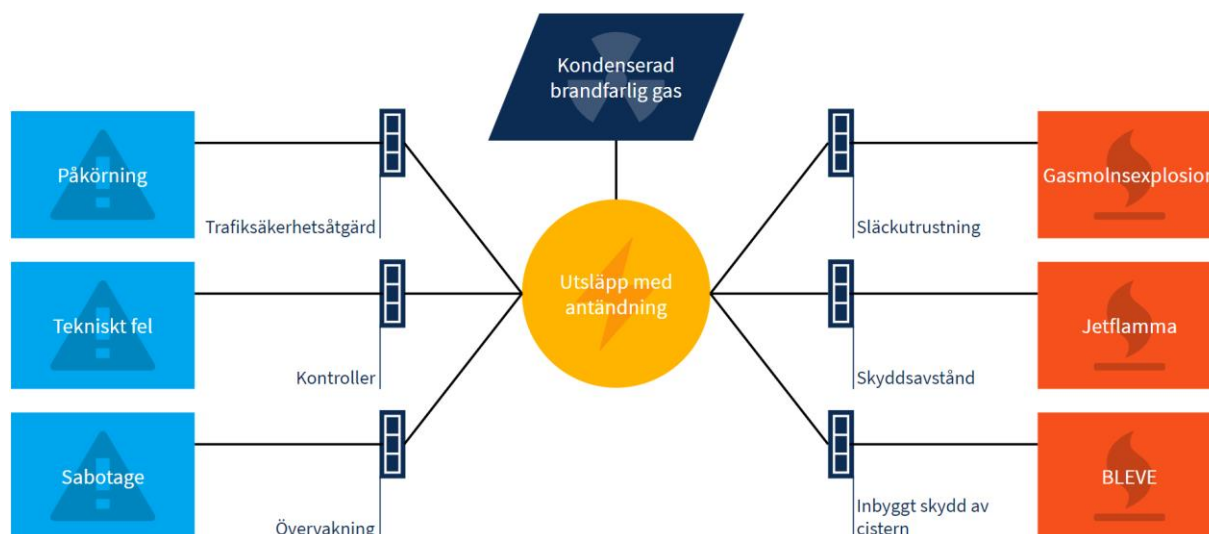


Figur 20. Illustration av fiktiv miljörisk med exempel på barriärer.

Till vänster i figuren, som visar ett fiktivt utsläpp av ett miljöfarligt ämne, går det att utläsa möjliga orsaker till att en olycka inträffar. Till höger i figuren illustreras möjliga skador till följd av utsläppet. För att förhindra att ett utsläpp av miljöfarligt ämne inträffar kan åtgärder vidtas både i olycksförebyggande syfte, dvs. för att minska sannolikheten, och i skadebegränsande syfte, dvs. för att minimera konsekvenserna om ett utsläpp uppstår. Detta illustreras i figuren genom exempel på barriärer, så som rutiner, rondering och invallning.

3.2 RISKER FÖR MÄNNISKORS LIV OCH HÄLSA

Vad gäller risker för människors liv och hälsa används i denna rapport olycksfjärilsmetodik kombinerat med kvantitativ riskanalysmetodik. Olycksfjärilsmetodiken beskrivs mer ingående i kommande delar av rapporten, men för att tydliggöra riskbedömning med avseende på människors liv och hälsa illustreras detta med en olycksfjäril i nedanstående figur.



Figur 21. Illustration av fiktiv risk för människors liv och hälsa med exempel på barriärer.

Till vänster i figuren, som visar ett fiktivt utsläpp av en kondenserad brandfarlig gas, går det att utläsa möjliga orsaker till att ett utsläpp med direkt eller fördröjd antändning inträffar. Till höger i figuren illustreras möjliga skador till följd av utsläppet. Olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder illustreras i figuren genom exempel på barriärer, så som kontroller och skyddsavstånd.

3.3 METOD

För att på ett systematiskt vis kunna bedöma potentiella risker sker riskidentifieringen utifrån nedanstående grundorsaker. Motsvarande indelning återfinns exempelvis i samband med riskidentifiering kopplat till Sevesolagstiftningen [18] och erfarenhetsmässigt ger denna systematik en god grund avseende riskidentifiering. För att utgöra ett fullgott underlag till en miljökonsekvensbeskrivning sker viss komplettering av riskidentifieringen, exempelvis avseende kumulativa effekter som presenteras mer utförligt nedan under egen rubrik. De grundorsaker som beskrivs nedan är:

- Driftrelaterade orsaker
- Yttre orsaker
- Kumulativa effekter
- Naturliga omgivningsfaktorer
- Andra orsaker

Risker med koppling till dessa grundorsaker har identifierats med hjälp av befintliga riskanalyser och riskbedömningar [1], genom kompletterande analyser, erfarenheter från liknande verksamheter samt inträffade olyckor och incidenter från verksamheter i Sverige och i resten av världen. Se vidare i avsnitt 3.5.

3.3.1 Driftrelaterade händelser

Till de driftrelaterade händelserna räknas potentiella risker som uppkommer till följd av, eller som identifierats under, planering, konstruktion, tillverkning, driftsättning eller utveckling. Detta inkluderar även risker som förekommer vid normala processförhållanden; både vid normal drift och vid speciella situationer (i synnerhet start, underhåll och nedstängning) men även under störning.

Driftrelaterade händelser är även tillbud och möjliga nödsituationer, inklusive sådana som uppkommer till följd av komponent- eller materialfel. Brister i säkerhetsledningssystemet inkluderas också i denna kategori, liksom mänskliga fel i samband med arbetsmoment, testkörning och underhåll samt felfunktioner och tekniska störningar hos utrustning, fysikaliska och kemiska processparametrar, fel i teknisk försörjning m.m.

3.3.2 Yttre orsaker och kumulativa effekter

Yttre orsaker har anknytning till verksamheter samt infrastruktur som faller utanför aktuell tillståndsansökan samt områden och projekt som skulle kunna ge upphov till eller öka risken för eller följderna av en olycka.

I risksammanhang avser kumulativa effekter i första hand dominoeffekter, som kan definieras enligt följande: *"En händelsekedja där en primär olycka fortplantas till närliggande system eller verksamheter och därigenom orsakar en eller flera sekundära händelser vars effekter förvärrar de totala konsekvenserna av den ursprungliga olyckan."* [19] Dominoeffekter kan inträffa inom en verksamhet eller mellan verksamheter.

3.3.3 Naturliga omgivningsfaktorer

I samband med analysarbetet har en genomgång av nedan listade naturliga omgivningsfaktorer genomförts. Dessa omgivningsfaktorer bedöms utgöra en ökande risk till följd av de pågående klimatförändringar som sker och nedanstående lista och den metodik som används för att bedöma dessa omgivningsfaktorer baseras på en metodik som presenteras av MSB [20]. De omgivningsfaktorer som därmed inledningsvis studeras utgörs av:

- Höga vattennivåer (skyfall)
- Ras, skred och erosion
- Åska
- Höga vindstyrkor (stormar)
- Solstorm
- Snöstorm och snödrev
- Dimma och fuktig miljö
- Isbildning
- Skogsbrand eller gräsbrand
- Extrema temperaturer
- Jordbävning

3.3.4 Andra orsaker

Andra orsaker kan relateras till anläggningssäkerhet, d.v.s. handlingar som verksamheten kan utsättas för i ont uppsåt. Hit räknas även orsaker som kan hänföras till säkerhetskultur och säkerhetsledningssystem, såsom ledningen av verksamhetens och tillverkningsenheternas hela livscykel.

3.3.5 Inträffade olyckor

Att studera och ta lärdom av tidigare inträffade tillbud och olyckor, både inom den egna verksamheten och på andra liknande anläggningar, är en viktig del av en effektiv riskhantering. Information finns bland annat tillgänglig i databaser som MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), ARIA (Franska miljödepartementets olycksdatabas) och eMARS (EU:s databas för Sevesorelaterade händelser).

3.4 GENERELLA RISKER VID HANTERING AV BIOGAS

I nedanstående stycken beskrivs generella risker som kan förväntas förekomma vid hantering av stora mängder biogas.

3.4.1 Läckage och utsläpp

Den huvudsakliga risken vid hantering av stora mängder biogas bedöms utgöras av oavsiktligt utsläpp av produkt till omgivningen. Denna händelse kan orsaka att människa och miljö exponeras för skadliga ämnen samt leda till brand eller explosion som skadar person, egendom och övrig miljö.

Oavsiktliga produktutsläpp vid anläggningen bedöms främst kunna ske:

- Från lastbil på området under lossning av LBG från lagringstanken.
- Från ledning eller komponent på ledning under lossning eller överföring.
- Från lagrings- eller processkärl.
- Från processutrustning under tryck (CBG-lager).

Läckage och utsläpp bedöms främst uppkomma genom driftrelaterade orsaker (exempelvis materialfel eller mänskligt felhandlande), men kan även uppkomma genom yttre, naturliga eller andra orsaker.

Frekvensen för materialfel är förbundet med underhållsfrekvens samt tillverkningskvalitet. Exempel på materialfel som kan leda till läckage och utsläpp är tekniska brister som orsakar utsläpp vid lossning, skada på fläns, otät svets skarv eller ventil, läckande backventil och brott på ledningar.

Generellt har mänskligt felhandlande högre felfrekvens än materialfel. Exempel på mänskligt felhandlande som kan orsaka läckage och utsläpp är felaktiga och bristande kontroller, feluppmärkning av processutrustning, felbedömningar som orsakar utsläpp, underlåtenhet att följa uppsatta rutiner och regler, förbiseende att stänga ventil och tryckhöjning på grund av stängd ventil samt trafikförseelser.

3.4.2 Brand

Brand bedöms främst uppkomma genom driftrelaterade orsaker (i synnerhet mänskligt felhandlande), men kan även uppkomma genom yttre, naturliga eller andra orsaker (så som problem med säkerhetskultur).

I anslutning till lossningsplatser finns vid regelmässig hantering inga tändkällor. Ett läckage ska därför vid regelmässiga förhållanden inte kunna antändas genom mekanisk eller elektrisk apparatur. Exempel på tänkbara orsaker till antändning är:

- Heta arbeten.
- Oaktsamhet vid heta arbeten.
- Statisk elektricitet.
- Fordonstrafik i närheten.
- Öppen eld, exempelvis cigarett.
- Frigjord energi (till exempel gnistbildning) vid kollision/trafikolycka.

Som beskrivs ovan kan brand uppstå vid läckage genom exempelvis gnistbildning, statisk elektricitet, upphettning och öppen låga. Ökad sannolikhet för antändning på anläggningen bedöms förekomma bland annat:

- Vid läckage från ledningar och ventiler.
- Vid spill.
- Under reparationsarbeten, främst svetsning och elarbeten.
- I samband med trafikolycka som leder till läckage.

3.4.3 Explosion

Vid läckage som leder till ett större utsläpp som antänds kan risk för explosion föreligga, vilket bland annat försvårar släckningsarbetet vid en uppkommen brand.

3.5 GENOMFÖRD RISKIDENTIFIERING

I nedanstående stycken redogörs för den genomförda riskidentifieringen baserat på ovanstående beskrivning av metodik. Riskregistret för anläggningen i sin helhet redovisas i Bilaga B. Resultat av riskidentifieringen sammanställs i avsnitt 3.6.

Den genomförda riskidentifieringen baseras på tidigare upprättade riskbedömningar för liknande anläggningar samt en genomgång av tidigare inträffade olyckor kopplade till hantering av biogas/LBG/CBG.

3.5.1 Driftrelaterade händelser

Driftrelaterade risker som kan leda till (större) utsläpp med eventuell efterföljande, direkt eller fördröjd, antändning omfattar i huvudsak olika typer av mekanisk påverkan. De värsta händelserna bedöms kunna bli en följd av att större fordon kolliderar med lagringstanken för LBG och/eller dess tillhörande utrustning. Mindre läckage bedöms i huvudsak kunna inträffa genom olika typer av handhavandefel från personal så som chaufförer, underhållspersonal och liknande. En annan kategori med driftrelaterade risker är de som generellt motverkas genom kontroller, inspektioner, rondering, underhåll och service.

3.5.2 Yttre orsaker och kumulativa effekter

Nedan beskrivs hur omgivningen kan påverkas av biogasanläggningen, hur biogasanläggningen kan påverkas av omgivningen samt risker för dominoeffekt.

Påverkan på omgivningen

När det gäller potentiella direkta skador och indirekta skador på miljön orsakade av olyckor vid anläggningen relaterar dessa främst till stora utsläpp av olika slag. Möjlig påverkan på människors liv och hälsa i omgivningen bedöms endast kunna uppstå i samband med ett större läckage av biogas/LBG/CBG som antänds. Konsekvenserna förknippade med större läckage av biogas/LBG/CBG inom anläggningen eller i samband med transporter värderas i den fördjupade riskbedömningen som presenteras i Kapitel 4. Uppkomst av betydande mängder kontaminerat släckvatten till följd av bränder inom anläggningen bedöms utgöra en potentiell miljörisk. Förslag på åtgärder och strategier för hantering av släckvatten inom verksamhetsområdet behandlas dock i en separat utredning. Övriga identifierade olycksscenarier bedöms enbart resultera i lokala konsekvenser.

Påverkan från omgivningen

Farligt gods-olyckor på den delsträcka av E22 som löper strax söder om verksamhetsområdet medför en viss risk för dominoeffekter. Sannolikheten för allvarliga dominoeffekter, dvs. att en olycka på vägen ska utlösa en allvarlig olycka inom verksamhetsområdet, bedöms dock vara försumbar i sammanhanget. Skyddsavståndet mellan processutrustning och närmsta väggkant kommer som minst att uppgå till drygt 70 meter. Utöver skyddsavstånd föreligger det också en höjdskillnad mellan verksamhetsområdet och vägen. Höjdskillnaden medför exempelvis att eventuella utsläpp av brandfarlig vätska (ADR-S-klass 3) på vägen inte kan rinna mot verksamhetsområdet. Brinntiden för eventuella gasmoln som uppstår till följd av utsläpp av brandfarliga gas (ADR-S-klass 2.1) på vägen kan förväntas vara mycket kort och risken för brandspridning till anläggningen bedöms därav vara mycket låg.

Med hänsyn till dessa faktorer bedöms enbart farligt gods-olyckor som medför betydande explosionslaster (flera ton ADR-S-klass 1.1) eller stora utsläpp av giftig gas (ADR-S-klass 2.3) kunna medföra en påverkan på verksamhetsområdet. Stora explosioner kan medföra tryck- och splitterpåverkan på processutrustning vilket i sin tur kan medföra utsläpp av biogas. Utsläpp av giftig gas kan medföra att personalen behöver avbryta pågående arbetsmoment och inrymma. Dessa typer av farligt gods-olyckor är dock mycket osannolika. De skulle därav enbart ge ett försumbart bidrag till de frekvensberäkningarna som genomförs inom ramen för den fördjupade riskbedömningen².

Kortaste avståndet mellan drivmedelstationen vid Ekerödsrasten och verksamhetsområdet uppgår till drygt 420 meter. Med hänsyn till det betydande skyddsavståndet bedöms olycksrisker kopplade drivmedelshanteringen inte medföra någon riskpåverkan på verksamhetsområdet.

3.5.3 Naturliga omgivningsfaktorer

Förutsättningarna för vissa av dessa naturliga orsaker presenteras i avsnitt 2.7. Ett antal utvalda omgivningsfaktorer som bedöms vara relevanta, baserat på MSB:s metodik som presenteras i stycke 3.3.3, bedöms vidare i avsnitt 4.4.

3.5.4 Andra orsaker

Möjliga händelser utgörs av intrång, sabotage, skadegörelse eller andra typer av antagonistiska handlingar. Biogas bedöms inte vara attraktivt för stöldförsök, men kan vara föremål för sabotageförsök mot verksamheten.

² Sannolikheten för en massexlosion av ADR-S-klass 1.1 i samband med transportolycka per km vägsträcka är i storleksordningen $\sim 10^{-10}$ per år. Enligt Bevi Risk Manual, se avsnitt 4.1, behöver externa faktorer (exempelvis en transportled för farligt gods) beaktas vid frekvensberäkningarna om dess bidrag kan förväntas vara större än 10 % av grundfrekvensen för olycka [23]. Den olycksfrekvens för tankhaveri (buffertlager, rötammare) som ligger till grund riskberäkningarna i rapporten är i storleksordningen $5 \cdot 10^{-6}$ per år och tank, se Bilaga D. Dvs. även om en stor explosion på E22 skulle kunna ge upphov till skador och utsläpp från processutrustning inom verksamhetsområdet kan dess bidrag till olycksfrekvensen anses vara försumbart i relation till grundfrekvensen för exempelvis ett tankhaveri.

3.5.5 Inträffade olyckor

I detta stycke beskrivs exempel på olyckor som har inträffat på liknande anläggningar och vid hantering av biogas inom Sverige och i resten av världen. Att studera och ta lärdom av tidigare inträffade tillbud och olyckor, både inom den egna verksamheten och på andra liknande anläggningar, är en viktig del av en effektiv riskhantering. Information finns bland annat tillgänglig i databaser som MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), ARIA (Franska miljödepartementets olycksdatabas) och eMARS (EU:s databas för Sevesorelaterade händelser).

I denna riskbedömning används information om tidigare olyckor som underlag för riskidentifieringen för att säkerställa att ingen uppenbar, känd händelsetyp missas. Genom att studera inträffade olyckor kan även värdefull information erhållas om vilka riskreducerande åtgärder som har fungerat respektive inte fungerat i händelse av olycka.

Mellan åren 2019–2022³ rapporterades totalt 130 händelser med farliga ämnen i Sverige in till Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB) olycks- och tillbudsrapporteringsystem. Av rapporten framgår att en händelse i de flesta fall orsakats av en kombination av mänskliga, tekniska och organisatoriska orsaker. Utöver detta har dessutom anläggningens ålder och historik betydelse. [21]

Förekommande mänskliga orsaker är exempelvis avsteg från att följa instruktioner, misstag eller slarv. Förekommande tekniska orsaker kan vara felaktiga eller slitna komponenter, konstruktionsfel eller gammal teknik. Vissa olyckor sker exempelvis vid snabba väderomslag där kondens har bildats i rörledningar vilket i sin tur har lett till övertryck i utrustningen. Organisatoriska orsaker har varit exempelvis underhållsrutiner, utbildning, ansvar och kommunikation. Det kan till exempel röra sig om att gammal teknik ska uppdateras till ny teknik.

De vanligaste orsakerna som har rapporterats är tekniska problem såsom brister i underhåll, felaktiga komponenter eller annan utrustning samt konstruktionsfel, slitage och brister i processer, yttre påverkan såsom avbrott eller andra orsaker relaterade till vädret med för mycket/lite kyla eller värme, för stora snölast. De vanligaste organisatoriska orsakerna som rapporterats är bristande utbildning och bristande egentillsyn, och av felhandlande är de vanligaste angivna orsakerna misstag/slarv och att regler/instruktioner inte har följts.

I rapporten från 2019–2022 redovisas inte statistik över olycksorsaker, typhändelser eller vilken typ av ämne som varit inblandat i händelserna. Detta framgår dock av rapporten för åren 2017–2018. MSB beskriver vidare att de flesta olyckorna mellan 2017–2018 har skett i cistern/container/gasklocka, följt av rörledning. Orsak till händelserna har varit läckage/utsläpp 61 %, brand 17 %, explosion 11 % samt annan orsak 11 % (exempelvis påkörning och tillbud). Andelen olyckor med gas uppgick till knappt 30 % [21].

Flertalet verksamheter lyfter vikten av att öva och ha utbyte med räddningstjänsten för att minska konsekvenserna när en olycka inträffar. Många verksamhetsutövare gör på sikt åtgärder så som att stärka barriärer. I Tabell 11 i Bilaga C redovisas några exempel på tidigare inträffade olyckor relaterade till hantering av biogas som har rapporterats in i någon av olycksdatabaserna som nämns ovan. Informationen som går att finna i ovan använda olycksdatabaser är sällan så pass detaljerad att teknisk utformning av berörd anläggning går att utläsa.

Händelserna som redovisas i Tabell 11 är ett resultat utifrån sökningar med sökorden biogas/LBG/CBG/metan och påvisar därmed inte specifikt olyckor för den typ av anläggning som Gasum planerar.

³ Nyast tillgänglig statistik från MSB

3.6 SAMMANSTÄLLNING AV RISKIDENTIFERING

Nedan sammanfattas resultaten av den genomförda riskidentifieringen för den sökta verksamheten:

- Risk för allvarliga personskador eller dödsfall utanför verksamhetsområdet bedöms endast föreligga vid händelse av betydande utsläpp av biogas/LBG/CBG med efterföljande antändning. Det är således denna kategori av olycksscenarier inom den sökta verksamheten som bedöms motsvara definitionen för allvarlig kemikalieolycka i Sevesolagen (SFS 1999:381). I Kapitel 4 redovisas en fördjupad riskbedömning där konsekvenserna för omgivningen värderas vid händelse av betydande utsläpp från den processutrustning inom anläggning som innehåller större mängder biogas/LBG/CBG. I den fördjupade riskbedömningen studeras även vilken riskpåverkan transporter av CBG och LBG till respektive från den sökta verksamheten medför för omgivningen.
- Varken hanteringen inom anläggningen eller transporter av järntriklorid till verksamhetsområdet bedöms utgöra en betydande riskkälla för människor i omgivningen eller naturmiljö. Föreningen är inte brännbar och endast svagt frätande, uppkomst av allvarliga personskador förutsätter kraftig hudexponering eller förtäring [22]. Ämnet klassificeras inte som miljöfarligt och riskområdet vid en transportolycka bedöms vara begränsat till olycksfordonets omedelbara närhet. Transporterna kommer att genomföras enligt tillämpliga föreskrifter i ADR-S-regelverket. Termiskt sönderfall och frigörelse av väteklorid är förvisso teoretiskt sett ett möjligt scenario men förutsätter då en långvarig och kraftig strålningspåverkan på lagringstanken. Scenariot är således en tänkbar intern dominoeffekt vid händelse av omfattande brand inom anläggningen och avhandlas i avsnitt 4.5.
- Eventuell hantering av ammoniak inom verksamheten bedöms inte medföra några betydande risker för människor i omgivningen eller naturmiljö med hänsyn till den begränsade fyllandsmängden (25–125 kg). Kylanläggningen ska dock utformas utifrån de säkerhets- och miljökrav som behandlas i SS-EN-378-3:2016+A1:2020. Detta innebär bland annat att utrymmen med ammoniakbärande utrustning ska utformas så att spridningen av eventuella vätskespill begränsas (exempelvis genom trösklar samt att eventuella avrinningsystem från maskinrum förses med avstängningsventiler).
- Uppkomst av betydande mängder kontaminerat släckvatten till följd av bränder inom anläggningen bedöms utgöra en potentiell miljörisk. Förslag på åtgärder och strategier för hantering av släckvatten inom verksamhetsområdet behandlas dock i en separat utredning [23].
- Den brandgasplym som skulle uppstå vid större utsläpp av LBG/CBG/BG med efterföljande antändning bedöms inte utgöra en signifikant risk för omgivningen (strålningspåverkan är däremot en betydande risk). Då dessa bränder sker utomhus blir brandförloppet sannolikt endast syrekontrollerat vid väldigt omfattande utsläpp (exempelvis vid ett haveri av LBG-tanken). Dvs. förbränningen kan generellt förväntas bli fullständig och förbränningsprodukterna utgörs då i huvudsak av koldioxid och vatten. Den höga brandeffekten innebär även att brandgasplymen stiger uppåt och påverkan i marknivå blir begränsad.
- Vid en brand i fasta substrat (dvs. råvara till rötningsprocessen) kan koncentrationerna av toxiska förbränningsprodukter i brandgasplymen förväntas bli relativt högre än i ovanstående fall. Då branden sker inomhus blir brandförloppet vid någon tidpunkt sannolikt syrebegränsat och förbränningen ofullständig. Därutöver kan substratet även innehålla svavelföreningar varvid exempelvis svaveldioxid (SO₂) kan bildas under brandförloppet. Koncentrationen av toxiska komponenter i brandgasplymen bedöms dock inte kunna ge upphov till akut livshotande eller skadliga hälsoeffekter bortom brandens absoluta närområde. Vidare bör

tilläggas att denna risk rimligtvis inte är anläggningsspecifik. Exempelvis kan en omfattande brand i en större matvarubutik/lagerverksamhet förväntas ge upphov till en liknande riskbild för omgivningen vad gäller påverkan från brandrök. Med hänsyn till dessa faktorer bedöms det varken nödvändigt eller skäligt att analysera möjlig påverkan vid spridning av brandrök från verksamheten mot omgivningen mer detaljerat. Risken kan hanteras genom att räddningstjänsten vid händelse av olycka påkallar inrymning.

4 FÖRDJUPAD RISKBEDÖMNING

Syftet med den fördjupade riskbedömningen är studera och värdera konsekvenserna till följd av allvarliga kemikalieolyckor inom den planerade verksamheten. Ett vidare syfte är att värdera lämpligheten i den tilltänka lokaliseringen med hänsyn till möjlig riskpåverkan på skyddsobjekt i omgivningen. Den fördjupade bedömningen och värderingen av de identifierade kemikalieolyckorna kommer att genomföras med en kvantitativ metodik.

Inledningsvis utförs frekvensberäkningar och konsekvensmodelleringar för ett antal olycksscenarier som bedöms bli dimensionerande för den aktuella anläggningen. Dvs. allvarliga kemikalieolyckor som skulle kunna medföra betydande eller livshotande personskador utanför verksamhetsområdet. Detta underlag möjliggör i sin tur beräkning av verksamhetens och transporternas omgivningspåverkan utifrån riskmålet individrisk. De beräknade individrisknivåerna för anläggningen kommer därefter att utvärderas mot IPS:s (Intresseföreningen för Processsäkerhet) föreslagna acceptanskriterier [24] för att avgöra anläggningens förväntade riskbild kan anses vara acceptabel, eller om ytterligare skyddsåtgärder behöver tillföras. Följdverksamhetens (transporter av farligt gods) omgivningspåverkan kommer att utvärderas mot DNV:s (Det Norske Veritas) föreslagna acceptanskriterier [25]. För en mer ingående beskrivning av riskmålet individrisk och aktuella acceptanskriterier se avsnitt 4.3.1. Då persontätheten och närvarograden av tredje man i anläggningens närområde, vilket i huvudsak utgörs av skogsmark och trafikinfrastruktur, kan antas vara mycket låg bedöms det inte meningsfullt att beräkna och värdera riskmålet samhällsrisk i det aktuella fallet.

Därefter beskrivs i avsnitt 4.4 och 4.5 vilka möjliga dominoeffekter de dimensionerade olycksscenarier kan medföra samt i vilken utsträckning naturliga omgivningsfaktorer kan påverka risken för allvarliga kemikalieolyckor. Avslutningsvis i avsnitt 4.6 redovisas inom vilka områden risk för uppkomst av allvarlig personskada kan föreligga vid händelse av en större olycka inom verksamheten. Detta underlag kan i sin tur ligga till grund för verksamhetens och räddningstjänstens kommande beredskapsplanering. Exempelvis för att utröna vilka områden som bör avspärras/utrymmas vid händelse av olycka.

4.1 METOD FÖR UPPSKATTNING AV OLYCKSFREKVENSER

Valet av beaktade utsläpps-/olycksscenarier baseras på resultaten från den tidigare genomförda riskidentifieringen för anläggningen, se Bilaga B, i kombination med de typscenarier för processutrustning som behandlas i vägledningar såsom *Bevi Risk Manual* [26]. Det sistnämnda medför att även synnerligen osannolika händelser, så som exempelvis fullständigt tankhaveri med momentant utsläpp av hela den lagerförda mängden, kommer att beaktas i den fördjupade riskbedömningen.

Bevi Risk Manual är en vägledning som beskriver hur kvantitativa riskanalyser för industrianläggningar bör genomföras och ges ut av den nederländska myndigheten RIVM⁴. I vägledningen redovisas, utöver ett antal typscenarier, även generiska olycksfrekvenser samt utsläppsmängder. *Bevi Risk Manual* behandlar dock enbart risker inom industrianläggningar. Risker förknippade med transporterna av LBG och CBG kommer att värderas utifrån typscenarierna och olycksfrekvenserna i publikationen *Land transport accident statistics* [27] som getts ut av OGP⁵. I avsnitt 4.1.1 redovisas en sammanställning av olycksscenarier som behandlas i den fördjupade riskbedömningen.

⁴ Netherlands National Institute of Public Health and the Environment (RIVM).

⁵ International Association of Oil & Gas Producers (OGP)

4.1.1 Sammanställning över studerade olycksscenarier

I Tabell 6 sammanställs de olycksscenarier som kommer att studeras i den fördjupade riskbedömningen. I styckena som följer under tabellen motiveras valen av dimensionerande skadehändelser och beaktade följdhändelser för respektive anläggningsdel.

Notera att syftet med den fördjupade riskbedömningen är att värdera konsekvenserna av allvarliga kemikalieolyckor med påverkansområde som sträcker sig utanför verksamhetsområdet. Riskbilden förknippad med mindre skadehändelser, dvs. olyckor/utsläpp som endast medför en lokal och begränsad påverkan, bedöms vara acceptabel då den kommande detaljprojekteringen kommer att ske utifrån branschnormerna avsnitt 2.4 och relevant lagstiftning så som 2010:1011.

Tabell 6. Sammanställning över studerade olycksscenarier för aktuell verksamhet som bedöms bli dimensionerade med hänsyn till omgivningspåverkan.

Sammanställning över studerade olycksscenarier i den fördjupade riskbedömningen	
Lagringstank LBG	Möjliga följdhändelser
Momentant haveri (LBG)	- Kall BLEVE + Pölbrand
Hela tankens innehåll har släppts ut efter 10 minuter (LBG)	- Pölbrand - Brännbart gasmoln (gasmolnsbrand)
Lossningsstation LBG	Möjliga följdhändelser
Fullständigt slangbrott på överföringsledning	- Pölbrand - Brännbart gasmoln (gasmolnsbrand)
Transporter av LBG	Möjliga följdhändelser
Punktering av tank (Ø 50 mm) (LBG)	- Pölbrand - Brännbart gasmoln (gasmolnsbrand)
Rötkammare 1 & 2, buffertlager, biogödsellager	Möjliga följdhändelser
Tankhaveri och momentant utsläpp av hela innehållet (biogas)	- Eldklot (gasmolnsbrand)
CBG-lager och transporter av CBG	Möjliga följdhändelser
Flaskruptur (CBG)	- Eldklot (gasmolnsbrand)
Brott på ledning (Ø 10 mm)	- Jetflamma - Gasexplosion (tryckupbyggnad)

4.1.2 Lagringstank LBG – Momentant haveri

Rent principiellt kan ett haveri av en lagringstank ske på grund av två anledningar. Antigen genom att trycket i tanken ökar och till slut överstiger designtrycket. Alternativt genom att tankens hållfasthet reduceras till en sådan grad att den understiger tankens normala drifttryck. En tryckökning i tanken kan uppstå till följd av exempelvis överfyllnad, upphettning av innehållet på grund av extern brandpåverkan eller genom explosion inuti tanken. Tankens hållfasthet kan minska på grund av korrosion, överhettning, materialutmattning, designfel eller yttre mekanisk påverkan [6].

Den aktuella lagringstanken för LBG kommer att bestå av en inre och yttre tank. Den inre tanken i rostfritt stål omsluter den nedkylda gasen i vätskefas och den yttre ståltanken kommer att fungera som en mekanisk barriär. Vakuumsolering mellan den yttre och inre tanken motverkar även uppvärmning av innehållet, exempelvis vid händelse av extern brandpåverkan. Tankens storlek blir även indirekt ett skydd mot tryckstegring till följd av extern brandpåverkan då den tillförda värmeenergin fördelas över en stor vätskevolym. En explosion inuti tanken är i princip omöjlig då koncentrationen i gasfasen kraftigt överstiger den övre brännbarhetsgränsen för metan. Överfyllnadsskydd, säkerhetsventiler och kontinuerlig övervakning av processen förhindrar skadliga tryckstegringar i utrustningen. Därutöver kommer lagringstanken förses med ett så kallat avrinningsområde. Detta är ett krav enligt LPGA 2020 vilken anger att lagringscisterner upp till 300 m³ LNG/LBG ska ha fundament av obrännbart material med fall bort från cisternen mot ett avrinningsområde utanför fundamentet [4]. Syftet med avrinningsområdet är att mindre läckage av flytande metan fort ska förångas.

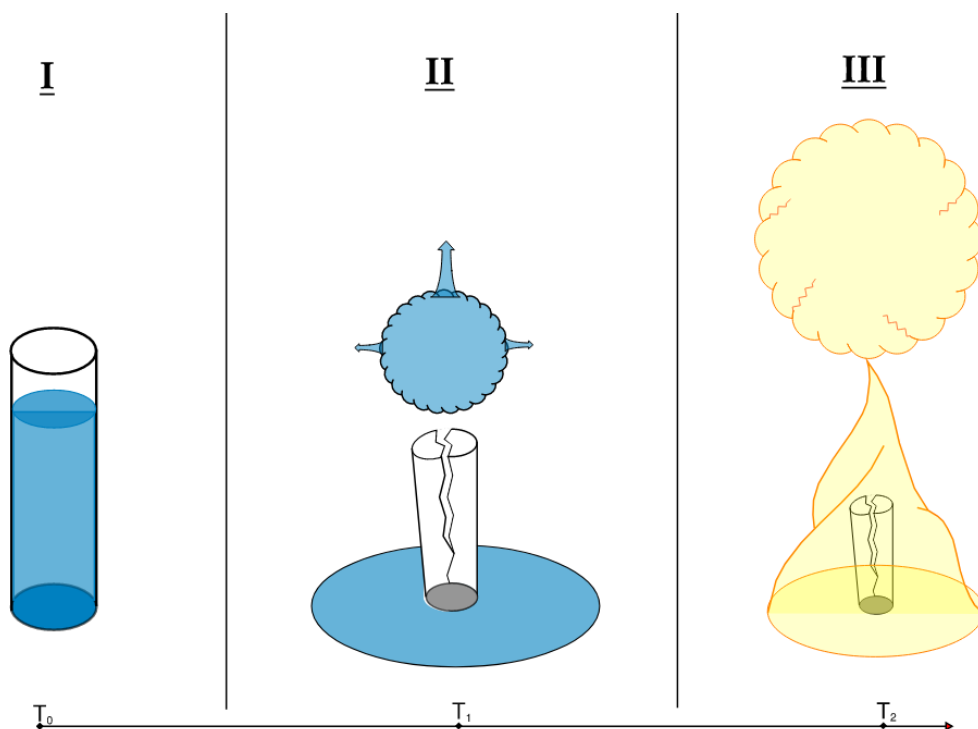
Sett till planerade skyddsåtgärder, i kombination med den litteraturstudie som genomförts (se avsnitt 4.1.9), bedöms en så kallad varm BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) av den aktuella lagringstanken för LBG inte utgöra ett trovärdigt scenario för anläggningen. Dvs. ett tankhaveri som föranletts av en kritisk tryckstegring till följd av extern brandpåverkan vilket utmynnar i en explosiv frisättning av expanderande ånga och kokande vätska när tanken brister. Notera att MSB i vägledning *Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering* skriver att: "Tillämpningen av Svensk lagstiftning har i stort sett inneburit att BLEVE teoretiskt sett inte kan inträffa på de flesta fasta anläggningar vi har i landet. Scenariot är i stort sett endast möjligt då det saknas säkerhetsventil på lagringskärlet" [2]. Det förefaller således oskäligt att konsekvenserna av en varm BLEVE ska ligga till grund för värderingen av tillåtligheten i fall då den sökande förbinder sig att vidta de tekniska skyddsåtgärder som utgör branschpraxis för att förhindra scenariot.

Dimensionerade scenario antas istället vara ett tankhaveri som föranleds av mekanisk påverkan alternativt materialfel, dvs. hela innehållet släpps fortfarande ut momentant men normalt drifttryck (1,5 bar) råder när tanken rämnar. I litteraturen benämns detta scenario ibland som en "kall" BLEVE. Vid ett sådant olycksförlopp kommer trycksänkningen (dvs. från 1,5 bars övertryck till atmosfärstryck) medföra att en viss andel av vätskan (LBG) evaporerar direkt men majoriteten av innehållet förblir fortfarande i vätskefas⁶. Uppskattningsvis skulle drygt 17 % av innehållet i tanken kunna evaporera momentant om den rämnar vid normalt drifttryck⁷. Givet magnituden av utsläppet vid ett momentant haveri antas alltid en antändning ske varvid följdhändelserna av scenariot blir ett stigande eldklot och en pölbrand, se Figur 22.

I avsnitt 6.2 redovisas en känslighetsanalys där scenariot *momentant haveri av lagringstank för LBG*, precis som i tidigare version (2024-04-25) av riskbedömningen, antas yttra sig som en "varm" BLEVE.

⁶ Då olycksförloppet är momentant sker inget värmeutbyte med omgivningen. Dvs. den andel av vätskan som evaporerar hämtar värme från kvarvarande del vilket medför en temperatursänkning varvid återstående del förblir i vätskefas (-162 °C).

⁷ Andel som evaporerar momentant uppskattas genom att beräkna den så kallade flash-fraktionen utifrån sambanden som presenteras i CPR 14E [6]. Temperaturen i tanken innan den rämnar antas vara -148 °C och övriga termodynamiska data som krävs för beräkningen hämtas från följande källa [70]. Flash-fraktionen kan då uppskattas till 5,8 % men i enlighet med rekommendationerna i *Bevi Risk Manual* multipliceras denna med en faktor 3 för att ta höjd för eventuella spray av aerosol som följer med [36]. Total andel av innehållet som antas evaporerar momentant när tanken rämnar blir således ~17,4 %.



Figur 22. Illustration av hur händelseförloppet vid ett momentant haveri av lagringstanken för LBG har modellerats. T_0 – Normala driftförhållanden, fyllnadsgrad 95 %, 1,5 bar övertryck. T_1 – Lagringstanken rämnar, momentant utsläpp av hela lagringsmängden varav drygt 17 % av innehållet antas evaporera momentant vilket skapar ett expanderande och stigande gasmoln, resterade innehåll bildar en pöl på marken. T_2 – Gasmolnet har nu expanderat till en sådan omfattning att det befinner sig inom brännbarhetsområdet och antändning sker. Värmestrålningen från eldklotet antänder ångorna som lämnar vätskepölen varvid en pölbrand uppstår.

4.1.3 Lagringstank LBG - Hela tankens innehåll har släppts ut efter 10 minuter

Scenariot täcker in händelser där en större skada på tanken eller anslutande rörledningar medför ett relativt hastigt utsläppsförlopp av hela lagringsmängden. Tänkbara följdhändelser utgörs då av pölbrand vid direkt antändning respektive spridning av brännbart gasmoln vid fördröjd antändning. Notera att metangas som är kallare än $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ har en högre densitet än luft [4]. Vid kryogen lagring kan därmed avdunstad gas från pölar med LBG initialt bete sig en tunggas och spridas nära marknivån. Se avsnitt 4.2.1 och 4.2.3 för en beskrivning över hur konsekvensmodelleringarna av pölbränder respektive brännbara gasmoln har genomförts.

4.1.4 Lossningsstation LBG - Fullständigt brott på överföringsledning

Scenariot avser ett fullständigt brott på överföringsledningen med ett efterföljande utsläpp som antas pågå i 120 sekunder⁸ innan pumpen nödstoppas. Tänkbara utlösande händelser till brott på ledningen är materialfel, mänskligt felhandlande, trafikolycka samt sabotage. Möjliga följdhändelser av utsläppet är pölbrand vid direkt antändning respektive spridning av brännbart gasmoln vid fördröjd antändning. Slangledningen för lossning av LBG kommer att vara utförd i rostfritt stål och antalet lossningstillfällen per år uppskattas till 730 (i genomsnitt 2 per dag). Olycksfrekvensen⁹ för scenariot baseras på en felfrekvens för överföringsledningar av rostfritt stål som Shell har publicerat [28]. Det bör i sammanhanget noteras att Gasum genomför omkring 20 000 lossningar och lastningar av LNG/LBG per år och har hitintills inga slangbrott eller liknande incidenter inträffat [29].

⁸ Massflödet i ledningen uppskattas till $\sim 12\text{ kg/s}$ vilket innebär att den totala utsläppsmängden vid scenariot uppgår till drygt 0,7 ton LBG.

⁹ Olycksfrekvensen för slangbrott i Bevi Risk Manual är inte representativ (överskattar risken) för slangledningar utförda i rostfritt stål [22].

4.1.5 Transporter LBG - Punktering av tank (Ø 50 mm)

I Sverige genomförs transporter av LBG uteslutande i transportenheter utförda med dubbla vakuumisolerade tryckkärlstankar [30]. Den inre tryckkärlstanken består av rostfritt material och är designad för lagring kryogena gaser ner till temperaturer om -196 °C [30]. Den yttre tanken är utförd i tryckkärlsstål med hög hållfasthet och skyddar det inre kärlet mot mekanisk påverkan. Utrymmet mellan den inre och yttre tanken är isolerat och vakuumsatt vilket motverkar uppvärmning av innehållet vid händelse av exempelvis extern brandpåverkan. Vidare är enheten försedd med säkerhetsventiler och avblåsningsrör vilket möjliggör tryckavlastning [30]. Total mängd LBG per transportenhet antas uppgå till 22 ton [1].

Praktiska försök indikerar att värmeisolerade transporttankar med säkerhetsventiler behöver utsättas för kraftig extern brandpåverkan under 90 minuter innan en BLEVE inträffar [31]. Tankarna i dessa försök var dessutom enkelmantlade, dvs. isolerade dubbelmantlade transporttankar för LBG kan tänkas medge en ännu högre skyddsnivå. Med hänsyn till detta bedöms sannolikheten för en BLEVE vid vägtransport av LBG på den beaktade transportsträckan mellan verksamheten och E22 vara försumbar. Scenariot kommer därav inte beaktas vid riskbedömningen avseende följdverksamheten.

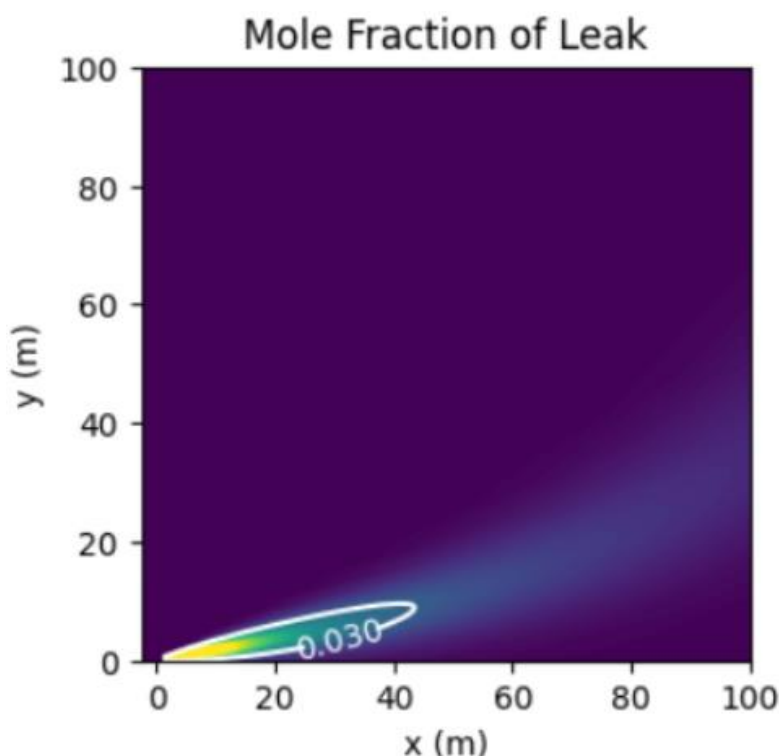
Dimensionerade skadehändelse vid vägtransporterna av LBG antas istället vara en större punktering på transportenheten (dvs. punktering av både det yttre och inre tryckkärlet). Scenariot kommer att modelleras som ett utsläpp av LBG genom ett 50 mm stort hål [27]. Hålet antas uppstå i tankens nederkant samt ha rundande kanter vilket maximerar massflödet som initialt kommer att uppgå till drygt 13 kg/s. Tänkbara följdhändelser utgörs då av pölbrand vid tidig antändning respektive spridning av brännbart gasmoln vid fördröjd antändning. Även jetflamma är en tänkbar följdhändelse om hålet uppstår ovanför vätskeytan. Detta skulle dock generera ett betydligt lägre massflöde än vid det simulerade fallet samtidigt som trycket i tanken är förhållandevis lågt (mellan 1–10 bar beroende på temperatur [30]). Konsekvensområdet vid eventuella jetflammar blir därav begränsat och underordnat det för pölbränder respektive brännbara gasmoln vilka bedöms bli styrande för riskbilden.

4.1.6 Process- och lagringskärl för biogas - Momentant haveri

Scenariot bedöms bli dimensionerande för rötktammare 1 & 2, buffertlager samt biogödsellagret och kommer att modelleras som ett eldklot, se avsnitt 4.2.4. Tänkbara orsaker till större läckage av biogas som antänds kan vara mekanisk påverkan på utrustning, mänskligt felhandlande under underhåll/service, felaktig avställning/gasfriförklaring, felaktig eller sliten utrustning, konstruktionsfel, blixtnedslag, höga vindstyrkor eller underminering. I händelse av undertryck i utrustningen kan syre komma in med explosiv blandning som följd. Sannolikheten för att skadehändelsen, dvs. haveri av process- och lagringskärl med biogas, ska resultera i ett eldklot ansätts i enlighet med tidigare riskbedömning till 0,05 [1].

Skadehändelser som medför kontinuerliga utsläpp från aktuell utrustning bedöms ej kunna medföra allvarliga konsekvenser utanför verksamhetsområdet. Vid standardtryck och -temperatur (1 atm, 0 °C) har metan en densitet på 0,72 kg/m³ vilket är cirka 60 % lägre än densiteten för luft.

Notera dessutom att gastemperaturen i kärlen kan förväntas vara högre än den för utomhusluften till följd av värmen som frigörs vid den biologiska nedbrytningen av substratet. Eventuella utsläpp kan därmed förväntas bete sig som en lätt gas och stiga uppåt. Detta fenomen åskådliggörs i Figur 23 vilket visar spridningen av metantutsläpp vid en källstyrka på 11,8 kg/s (motsvarar en massflödet vid en fullständig tömning av det största gaslagret inom anläggningen, buffertlagret för rågas, under 600 s/10 min). Simuleringen indikerar att stigkraften plymen medför en snabb utspädning av utsläppet och att koncentrationer motsvarande 60 % av nedre brännbarhetsgränsen (mol-fraktion på 0,03) enbart överskrids i utsläppskällans närområde.



Figur 23. Spridningen av ett metanutsläpp (källstyrka 11,8 kg/s) simulerat i HyRAM+.

4.1.7 CBG-lager & transporter av CBG – Flaskruptur

Lagringsmängden i respektive mobilt CBG-lager förväntas uppgå till cirka 3 600 kg fördelat över 55 gasflaskor (~65,5 kg CBG per flaska). Gasflaskorna är uppdelade i fem sektioner (11 flaskor per sektion) och gasflaskor inom samma sektion förbinds via en rörledning [1]. Trycket i gasflaskorna kommer att uppgå till 250 bar. En ruptur av en flaska med CBG kommer att modelleras som ett eldklot, se avsnitt 4.2.4. Givet den tilltänkta placeringen av de mobila CBG-lagerna, se Figur 2, bedöms strålningspåverkan från en flaskruptur inte kunna medföra allvarliga konsekvenser utanför verksamhetsområdet. Dvs. skadehändelsen kommer enbart beaktas i riskbedömningen för följdverksamheten.

Tänkbara utlösande händelser till en flaskruptur är extern brandpåverkan, materialutmattning, designfel eller yttre mekanisk påverkan. Gasflaskorna kommer att vara utförda med smältsäkringar för att förhindra kärlsprängning vid händelse av tryckstegring i kärlet (exempelvis pga. extern brandpåverkan). Vidare kommer flaskorna skyddas från jetflammar i närliggande kopplingar (notera att detta är ett krav i MSBFS 2020:1 och således inte en unik förutsättning/krav för anläggningen). De mobila gaserlagren och tillhörande kringutrustning kommer att skyddas från påkörning antingen via sin placering (skyddsavstånd mot trafik) eller fysisk påkörningsskydd. Skyddsavstånd mellan de mobila gaslagerna och eventuella upplag av brännbara material kommer att tillämpas. Regelbundna inspektioner och underhåll samt trycktestning av gaslagren reducerar risken för flaskruptur på grund av materialutmattning eller designfel.

4.1.8 CBG-lager & transporter av CBG – Brott på ledning (Ø 10 mm)

Ett fullständigt rörbrott på ledningen som förbinder gasflaskorna inom respektive sektion skulle medföra ett jetutsläpp av brännbar metangas. Tänkbara utlösande händelser är exempelvis mekanisk påverkan (krockvåld) på ledningen i samband med en transportolycka. Om utsläppet antänds momentant ger detta upphov till en jetflamma vars dimensionerande skadeverkan utgörs av strålningspåverkan mot

omgivningen. Se avsnitt 4.2.5 för en redogörelse över hur konsekvensområdet vid händelse av jetflamma har uppskattats.

Vid händelse av fördröjd antändning av jetutsläppet föreligger risk för explosion och tryckuppbyggnad. Reaktionsförloppet vid ej inneslutna gasexplosioner sker vanligtvis via deflagration [32]. Detta innebär att utbredningen av reaktionszonen/flamfronten i gasmolnet när det antänds sker långsammare än ljudets hastighet i luft. Om jetutsläppet är obstruerat när antändningen sker, exempelvis på grund av ett rörledningssystem, föreligger risk för en så kallad DDT (Deflagration to Detonation Transition). Dvs. att förträngningar skapar förutsättningar för en kraftig acceleration av flamfronten varvid deflagrationen kan övergå till en detonation. Se avsnitt 4.2.5 för en redogörelse över hur konsekvensområdet vid fördröjd antändning av jetutsläpp har uppskattats.

Givet den tilltänkta placeringen av de mobila CBG-lagerna, se Figur 2, bedöms strålningspåverkan från en eventuell jetflamma eller tryckpåverkan från en gasexplosion inte kunna medföra allvarliga konsekvenser utanför verksamhetsområdet. Dvs. precis som i fallet med flaskruptur kommer skadehändelserna inte beaktas för CBG-lagringen när beräkningen av individrisknivå för anläggningen genomförs (då IPS:s föreslagna utvärderingskriterier för riskmålet avser påverkan på tredje man). Scenarierna ingår dock i transportriskbedömningen samt kommer belysas utifrån ett dominoperspektiv och nyttjas för att värdera lämpliga skyddsavstånd mellan de mobila lagerna och övrig processutrustning.

4.1.9 Litteraturstudie avseende flytande metan och risken för BLEVE

Litteraturen beskriver flera stora olyckor med flytande gas som resulterat i BLEVE. Majoriteten av olyckorna involverar LPG och Propan, men även butan och ammoniak med flera finns med.

De tre vanligaste bakomliggande orsakerna till dessa händelser har varit brand (36 % av fallen) följt av mekanisk skada (22 % av fallen) samt överfyllning (20 % av fallen) [33]. Däremot är händelser som involverar specifikt LNG/LBG mycket ovanliga.

En sökning i eMars genererade i nio träffar för LNG och 26 träffar för BLEVE. Ingen av träffarna beskriver någon större händelse där en LNG-olycka resulterat i en BLEVE. Två inträffade transportolyckor med LNG i enkelväggiga tankbilar har dock resulterat i BLEVEs (Planas-Cuchi 2004, Bonilla Martinez 2011). Det finns ögonvittnesskildringar från båda olyckorna som beskriver ett typiskt BLEVE-förlopp när de trycksatta kärlen havererade [34]. Transporttankarna vid dessa olyckor var enkelväggiga ståltankar försedda med ett yttre skal i aluminium med brännbar isolering av polyuretan mellan tanken och yttre skal [29]. Vid dessa olyckor medförde det svaga yttre skalet av aluminium i kombination med brännbar isolering att den inre ståltanken utsattes för direkt flampåvekan [35]. Lagringstanken och transporterna av LBG från aktuell anläggning kommer som tidigare nämnts i avsnitt 4.1.2 ske i dubbelmantlade ståltankar med vakuumisolering. Dessa tankar har därigenom ett markant högre brandmotstånd och konstruktionen reducerar kraftigt risken för direkt flampåverkan på den inre tanken.

En större olycka med viss anknytning till lagring av LNG har kunnat identifieras genom litteratursökningar. Den skedde år 2004 i Skikda Algeriet vid en industri som producerar LNG. Skikda incidenten förefaller dock inte specifikt vara kopplad till lagringen av LNG, utan involverade en ångpanna på anläggningen. Olyckan utlöstes av flertal underliggande orsaker: såsom eftersatt underhåll, allmänt dåligt tillstånd på utrustning samt dålig placering av olika enheter. Detta orsakade i sin tur en dominoeffekt som ytterligare förvärrades av undermålig beredskap och kommunikation [36].

Sannolikheten för en BLEVE av en lagringstank med LNG/LBG bedöms generellt som extremt liten med hänsyn till att huvudtanken, precis som i det aktuella fallet, skyddas av en yttertank. Vidare kommer vakuum-isolering mellan den yttre och inre tanken fördröja värmeöverföring till tankens innehåll vid händelse av extern brandpåverkan. Lagringstankar för LNG/LBG är avsedda för relativt låga drifttryck och avlastningsventiler kan förväntas utlösa redan vid relativt låga inre tryck.

Därmed förväntas inte innehållet hinna värmas upp i tillräcklig omfattning för att en skenande tryckstegring i tanken ska kunna inträffa. [34]

En BLEVE anses vara en potentiell fara för LNG/LBG-anläggningar endast under särskilda omständigheter, såsom vid obehövade/obemannade anläggningar förlagda på avlägsna platser alternativt vid processkonfigurationer med potential för en snabb tryckstegring i lagringstanken [2]. I mindre LNG/LBG-lagringsskärar som är används för att klara av trycköverföringar skulle det potentiellt kunna uppstå ångtryck som är tillräckligt stora för att skapa en BLEVE. [34].

Sammanfattningsvis indikerar litteraturstudien att risken för en BLEVE vid lagring av flytande metan (LNG/LBG) i trycksatta kärl sannolikt är extremt låg vid den typ av anläggning som Gasum avser att uppföra.

4.2 METOD FÖR KVANTIFERING AV SKADEOMRÅDE

I detta avsnitt redogörs för den metodik som har använts när skadeområdet för de studerade olycksscenarierna i avsnitt 4.1.1 har kvantifierats. I Bilaga E redovisas beräkningar konsekvensområden vid de studerade olyckshändelserna.

4.2.1 Pölbrand (LBG)

Beräkningsgång och redovisade antaganden i detta avsnitt används vid uppskattning av konsekvensområde vid följande olycksscenarier:

- *Lagringstank LBG - Hela tankens innehåll har släppts ut efter 10 minuter (Tidig antändning)*
- *Lossningsstation LBG - Fullständigt slangbrott på överföringsledning (Tidig antändning)*
- *Transporter LBG - Transporter LBG - Punktering av tank (Ø 50 mm) (Tidig antändning)*

Begränsade utsläpp av flytande metan tenderar att snabbt avdunsta och resulterar inte i att varaktiga vätskepooler bildas. Vid händelse av ett betydande utsläpp kan dock avkylningen från den initiala avdunstningen medföra en lokal temperatursänkning som understiger vätskans kokpunkt varvid en tillfällig pöl av flytande metan kan uppstå. En direkt antändning kan ske om de avdunstade ångorna kommer i kontakt med en tändkälla i pölens närhet. Alternativt kan en fördröjd antändning ske om en gasmolnsexplosion brinner tillbaka till pölen. Båda händelserna kommer att resultera i pölbrand som strålar mot omgivningen.

Enligt Bevi Risk Manual kan sannolikheten för en tidig antändning av mycket stora utsläpp (>100 kg/s) av brännbara gaser/vätskor ansättas till 0,7 [26]. Vid scenariot *"Hela tankens innehåll har släppts ut efter 10 minuter"* för den stationära lagringstanken antas en tidig antändning av utsläppet ske i 70 % av fallen vilket resulterar i en pölbrand som strålar mot omgivningen. Vid en fördröjd antändning av större utsläpp från tanken, d.v.s. i 30 % av fallen, antas avdunstningen från pölen ge upphov till ett brännbart gasmoln som sprids mot omgivningen. För transporttanken och Lossningsstationen ansätts sannolikheten för tidig antändning vid scenarierna *"Punktering av tank (Ø 50 mm)"* respektive *"Fullständigt slangbrott på överföringsledning"* till 0,5 [26]. Dvs. i hälften av fallen (50 %) antas utsläppet ge upphov till ett brännbart gasmoln istället för en pölbrand. Skadeområde vid en brännbara gasmoln och fördröjd antändning behandlas i avsnitt 4.2.3.

Skadeområdet vid en pölbrand, samt mängden metan som avdunstar från vätskepoolen per tidsenhet och bildar ett brännbart gasmoln, är i stor utsträckning beroende av pölens area. I Tabell 7 redovisas antagna pölstorlekar för respektive studerat utsläppsscenario. Notera att utsläppen förångas i mycket rask takt (hundratals kilo upp till flera ton per minut beroende på pölarea) vilket begränsar utbredningen av pölen.

Pölstorlekarna i Tabell 7 är ansatta så att förångningshastigheten ungefär motsvarar massflödet av flytande metan som läcker ut från tanken/överföringsledningen- Pölens storlek kommer i viss mån även påverkas av utformningen av underlaget kring olycksplatsen. Ojämna och skrovliga underlag, exempelvis grusbäddar, har en högre bindningskapacitet vilket medför högre vätskepelare och därigenom minskad pölutbredning [37]. Vidare kan vätskan förväntas ansamlas i lågpunkter, exempelvis vägdiken etcetera.

Den utfallande strålningen från pölbranden uppskattas enligt den föreslagna beräkningsgången i FOA-handboken [17] med justeringen att den radiativa effektandelen¹⁰ ansätts till 0,25 [6] Synfaktorn som funktion av avståndet från pölkant uppskattas enligt beräkningsgången i CPR 14E [6]. Sannolikheten för livshotande brännskador som funktion av avståndet från pölkant beräknas utifrån probitfunktionen för brännskador i CPR 16E [38]. Exponeringstiden antas i samtliga fall vara 60 sekunder. Personer som befinner sig inomhus bedöms inte påverkas av det ögonblickliga brandförloppet men kan förolyckas om brandspridning inträffar.

Tabell 7. Ansatt pölstorlek vid studerade olycksscenarioer som medför utsläpp av flytande metan (LBG).

Olycksscenario	Ansatt pölstorlek
Stationär lagringstank för LBG (125 ton) – Momentant haveri (Eldklot + Pölbrand)	2 000 m ²
Stationär lagringstank för LBG (125 ton) - Hela tankens innehåll har släppts ut efter 10 minuter	1 000 m ²
Lossningsstation LBG - Fullständigt slangbrott på överföringsledning	100 m ²
Tankbil LBG (22 ton) - Punktering av tank (Ø 50 mm)	100 m ²

4.2.2 Haveri av lagringstank med LBG – Kall BLEVE

Beräkningsgång och redovisade antaganden i detta avsnitt används vid uppskattning av konsekvensområde vid följande olycksscenario:

- *Lagringstank LBG – Momentant haveri*

När en lagringstank med en tryckkondenserad/kryogen gas fallerar resulterar detta i en explosiv frisättning av expanderande ånga och kokande vätska. Om gasen i fråga är brännbar kommer den sannolikt att antändas vilket resulterar i ett stigande eldklot som strålar mot omgivningen. Konsekvenserna av scenariot är utöver mängden och vilket ämne som lagras i tanken beroende av trycket i tanken när den fallerar [6]. Ett tankhaveri som uppstår på grund av exempelvis extern brandpåverkan kan därmed förväntas medföra större påverkansområde jämfört med ett som uppstår till följd av mekanisk påverkan. Som tidigare beskrivits i avsnitt 4.1.2 bedöms en varm BLEVE inte utgöra ett rimligt dimensionerade scenario och tankhaveriet antas istället föranledas av mekanisk påverkan. Den utfallande strålningen från eldklotet samt synfaktorn uppskattas enligt föreslagen beräkningsgång i CPR 14E [6]. CPR 14E anger att den radiativa effektandelen (X_R) vid scenariot kan uppskattas som funktion av trycket i tanken när den fallerar enligt nedanstående samband:

$$X_R = 0,00325 \cdot P_0^{0,32}, \text{ där } P_0 \text{ är trycket tanken uttryckt i pascal } \left(\frac{N}{m^2}\right)$$

I aktuell riskbedömning antas dock den radiativa effektandelen aldrig understiga 0,2, dvs. 20 % av förbränningsenergin antas övergå till värmestrålning¹¹. Exponeringstiden för strålningen kommer att motsvara eldklotets varaktighet.

¹⁰ Den radiativa effektandelen beskriver hur stor andel av förbränningsenergin som övergår till värmestrålning. Modellen i FOA-handboken rekommenderar ett fixt värde på 0,35 oavsett bränsle men försöksdata visar att denna andel ligger omkring 0,1-0,27 för större pölbränder med LNG [61][28].

¹¹ Vid ett drifttryck på 1,5 bar skulle den radiativa effektandelen för eldklotet utifrån sambandet i CPR 14E uppgå till ~0,15. Den radiativa effektandelen för bränder med naturgas uppgår dock generellt till 0,2 [42] varvid detta värde antas utgöra en nedre begränsning för parametern. I känslighetsanalysen där scenariot istället modelleras som en "varm" BLEVE antas tanken falla vid 14,3 bar och den radiativa effektandelen uppgår i dessa fall till ~0,30.

Sannolikheten för livshotande brännskador som funktion av avståndet från eldklotets centrum beräknas utifrån probitfunktionen för brännskador i CPR 16E [38]. Det bör noteras att beräkningsgången i CRR 14E för BLEVE baseras på tidigare försök med lagringstankar för LPG (Gasol) och inte LNG/LBG. Praktiska försök genomförda av Shell 2015 indikerar dock att beräkningsmodellerna för BLEVE baserade på LPG inte genererar överdrivet konservativa resultat när dessa nyttjas för att prediktera konsekvenserna av en BLEVE med LNG [39].

4.2.3 Gasmolnexplosioner (gasmolnsbrand)

Beräkningsgång och redovisade antaganden i detta avsnitt används vid uppskattning av konsekvensområde vid följande olycksscenarier:

- *Lagringstank LBG - Hela tankens innehåll har släppts ut efter 10 minuter (Fördröjd antändning)*
- *Lossningsstation LBG - Fullständigt slangbrott på överföringsledning (Fördröjd antändning)*
- *Transporter LBG - Punktering av tank (Ø 50 mm) (Fördröjd antändning)*

Reaktionsförloppet vid gasmolnexplosioner sker vanligtvis via deflagration [32]. Detta innebär att utbredningen av reaktionszonen/flamfronten i gasmolnet när det antänds sker långsammare än ljudets hastighet i luft. Utbredningshastigheten av flamfronten för gasformiga kolväten ligger vanligtvis inom intervallet 5 till 30 m/s vilket är för lågt för att skapa betydande tryckvågor [38]. Om gasmolnet är obstruerat när antändningen sker, exempelvis på grund av ett omfattande rörledningssystem, kan deflagrationen övergå till en detonation. Reaktionshastigheten minskar därefter när flamfronten når regioner av molnet som inte är obstruerade. Sannolikheten för ett detonationsförlopp bedöms vara försumbart vid de aktuella scenarierna då utsläppen sker i utomhusmiljö.

Dimensionerade skadeverkan vid en deflagration av ett brännbart gasmoln blir den värmestrålning som frigörs under förbränningen [32]. Scenariot deflagration av brännbart gasmoln benämns ibland som gasmolnsbrand för att signalera att risken för skadlig tryckupbyggnad vid händelsen är låg. Skadeområdet med avseende på livshotande brännskador vid gasmolnsbränder är främst beroende av molnets storlek och sammansättning när antändningen inträffar. Då molnet antänds sker två skadeverkningar:

- Direkt skadeverkan inom det antända molnet samt
- strålning från molnet mot utanföriggande objekt.

Oavsett utsläppets storlek kommer gasmolnets utbredning begränsas av att gasen förr eller senare möter en tändkälla alternativt hamnar under LFL. I bebyggda områden med bostäder eller industri är det troligt att en sådan antändning sker i ett tidigt skede [37]. Alternativt att gasmolnet skulle spädas ut p.g.a. turbulens och koncentrationen skulle därmed komma under antändningsgränsen.

Det maximala konsekvensområdet beräknas till där en koncentration motsvarande 60 % av LFL återfinns. Att beräkningar utförs till 60 % av LFL är för att ta höjd för lokala variationer, samt för att ta beakta skadeutfall till följd av strålning.

Endast de personer som befinner sig inom det beräknade området för gasmolnsbranden bedöms omkomma till följd av direkt flampåverkan, strålningsvärme, varma gaser eller sekundära skador från brinnande kläder. Personer som befinner sig inomhus eller inuti ett fordon bedöms inte påverkas av det ögonblickliga brandförloppet. [37]

För att studera det potentiella utbredningsområdet av brännbara gasmoln har spridningssimuleringar genomförts i programmet ALOHA version 5.4.7 som är utvecklat av US Environmental Protection Agency (EPA) [40]. Vid simuleringarna antas utomhustemperaturen¹² uppgå till 10 °C och fördelningen mellan olika stabilitetsklassen antas följa den approximerade för Hörby enligt Figur 16

Utöver rådande väderförhållande vid olyckstillfället påverkas utspädningen av gasmolnet även av den turbulens som fysiska objekt i omgivningen skapar. Denna parameter modelleras genom att ansätta en skrovlighetslängd [37]. Vid spridningssimuleringarna används en skrovlighetslängd på 100 cm, eftersom omgivningen kring verksamhetsområdet och transportsträckan företrädesvis utgörs av skogsmark. Notera dock att ALOHA överskattar konsekvensavståndet vid situationer där ett fysiskt objekt delvis skymmer eventuella pölar av flytande metan från vindpåverkan. Likaså överskattas konsekvensavståndet i de fall då gasmolnet träffar en större byggnad. I dessa fall underskattar ALOHA utspädningseffekten som byggnaden medför till följd av ökad turbulens och omblandning.

4.2.4 Eldklot

Beräkningsgång och redovisade antaganden i detta avsnitt används vid uppskattning av konsekvensområde vid följande olycksscenarioer:

- *Process- och lagringskärl för biogas - Momentant haveri*
- *Gaslager CBG - Flaskruptur*
- *Transporter CBG - Flaskruptur*

Vid händelse av momentan antändning antas scenariot att yttra sig som ett eldklot vilket medför strålningspåverkan mot omgivningen. Notera dock att scenariot skiljer sig från en BLEVE då det i detta fall är inte frågan om momentan frigörelse av en förvätskad gas. Beräkningsgången i avsnitt 4.2.2 vad gäller uppskattningen av exempelvis den är radiativa effektandelen, brinntiden och diametern därmed inte tillämplig även om scenarierna i båda fallen yttrar sig som ett eldklot. Eldklotets maximala diameter (D_{max}) samt varaktighet (t) i sekunder kan istället uppskattas utifrån nedanstående samband [41]:

$$D_{max} = 5,8 \cdot m^{1/3}$$

$$t = 0,45 \cdot m^{1/3}$$

Där m är massan av bränslet i kg

Den utfallande strålningen (SEP_{max}) från eldklotets mantelyta kan dock fortfarande uppskattas enligt föreslagna beräkningsgång i CPR 14E [6]:

$$SEP_{Max} = \Delta H \cdot m \cdot X_R / (4 \cdot \pi \cdot r_{fb}^2 \cdot t)$$

ΔH = Effektivt värmevärde för metan, 50 300 kJ/kg

r_{fb} = Eldklotets radie (meter)

Den radiativa effektandelen (X_R) ansätts till 0,2, dvs. 20 % av förbränningsvärmens antas övergå till värmestrålning¹³. Synfaktorn beräknas enligt föreslagna beräkningsgång i CPR 14E [6]. Sannolikheten för livshotande brännskador som funktion av avståndet från eldklotets centrum beräknas utifrån probitfunktionen för brännskador i CPR 16E [38].

¹² Utomhustemperaturen vid olyckstillfället har en mycket liten påverkan massflödet då metan har väldigt låg kokpunkt vid atmosfärstryck (-162 °C).

¹³ Som tidigare konstaterats är sambandet i avsnitt 4.2.2 avseende beräkning av den radiativa effektandelen inte applicerbart då utsläppet sker i gasfas varvid det generella värdet för naturgas på 0,2 tillämpas istället.

4.2.5 Jetutsläpp (Mobila gaslager med CBG)

Beräkningsgång och redovisade antaganden i detta avsnitt används vid uppskattning av konsekvensområde vid följande olycksscenarioer:

- Mobila gaslager CBG – Brott på ledning Ø 10 mm (Momentan antändning och jetflamma)
- Mobila gaslager CBG – Brott på ledning Ø 10 mm (Fördröjd antändning och gasexplosion)

Konsekvensområdet vid jetflammar kommer att uppskattas utifrån modelleringar i HyRAM+ version 5.0. Programmet använder experimentellt validerade beräkningsmodeller [42] och är specifikt anpassat för konsekvensmodellering av jetutsläpp med brännbara gaser.

Sannolikheten för livshotande brännskador som funktion av avståndet från jetflamman beräknas utifrån probitfunktionen för brännskador i CPR 16E [38]. Exponeringstiden för jetbranden antas precis som för pölbränderna i avsnitt 4.2.1 uppgå till 60 sekunder.

HyRAM+ nyttjas även för modelleringen av resulterande tryckuppbyggnad vid händelse av fördröjd antändning av jetutsläpp. Programmet nyttjar den så kallade Baker-Strehlow-Tang (BST) modellen, vilken baseras på sprängkurvor som relaterar övertryck och impuls med hänsyn till flamhastighet. Principen i BST-modellen är att först definiera huruvida explosionen ska modelleras som en deflagration eller en detonation genom att ansätta en flamhastighet:

- Deflagrationer modelleras med en flamhastighet på 120 m/s (0,35 Mach).
- Kraftiga deflagrationer modelleras med en flamhastighet på 240 m/s (0,7 Mach).
- Detonationer modelleras med en flamhastighet på cirka 1 800 m/s (5,2 Mach).

Därefter beräknar HyRAM+ den totala mängden metan inom de delar av plymen med koncentrationer som överstiger den nedre brännbarhetsgränsen. Den totala brännbara massan i föregående steg dubblas sedan då programmet förutsätter en fullständig markreflektion av tryckvågen. Därefter beräknas resulterande tryck- och impulsbelastning med hänsyn till den ansatta flamhastigheten [43]. Vid konsekvensmodelleringarna antas flamfronten i jetutsläppet breda ut sig i detonationshastighet (5,2 Mach).

Risken för dödsfall i omgivningen till följd av tryckpåverkan kommer att värderas utifrån de gränsvärden som IPS rekommenderar [44]:

- Vid explosionstryck som överstiger 30 kPa antas risken för dödsfall utomhus och inomhus uppgå till 100 %.
- Vid explosionstryck mellan 10 – 30 kPa antas sannolikheten för dödsfall vid utomhusvistelse uppgå till 0 % respektive 2,5 % vid inomhusvistelse.
- Vid explosionstryck som understiger 10 kPa förväntas inga dödsfall.

Vad gäller direkta skador till följd av tryckpåverkan börjar lungskador uppstå vid 70 kPa och risk för dödliga lungskador (1 % dödlighet) föreligger vid 180 kPa [45]. Människokroppen är alltså förhållandevis trycktålig och gränsvärden från IPS kan därav framstå som orimligt låga. Explosioner kan dock även medföra att människor våldsamt kastas iväg av tryckvågen vilket exempelvis skulle kunna ge upphov till allvarliga skallfrakturer [45]. Föregående fenomen benämns som tertiära skador och utgör tillsammans med splitterpåverkan exempel på indirekta skadeeffekter som explosioner kan ge upphov till. Gränsvärdena från IPS gällande dödlig tryckpåverkan tar således höjd för indirekta skadeeffekter även om dessa inte uttryckligen kvantifieras. Det bör noteras att sannolikheten för att individer ska träffas av splitter rimligtvis är låg och att tertiära skador, i kombination med ras av byggnadskroppar, sannolikt är de dominerade indirekta formerna av skadeverkan vid explosioner.

4.3 RESULTAT OCH RISKVÄRDERING

I detta avsnitt redovisas och värderas de individrisknivåer som de studerade olycksscenarierna i avsnitt 4.1.1 beräknas ge upphov till.

4.3.1 Värderingskriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid värdering av olycksrisker. I aktuell riskbedömning kommer de acceptanskriterier för nya industrianläggningar som IPS har utarbetat ligga till grund för värderingen av anläggningens omgivningspåverkan. Kriterierna från IPS gäller dock enbart för riskkällor inom ett verksamhetsområde och eventuella transporter av farligt gods till och från anläggningen omfattas ej [24].

Praxis vid kvantitativa riskbedömningar avseende transporter av farligt gods är att DNV:s föreslagna kriterier för individ- och samhällsrisk [25] nyttjas vid riskvärderingen. Gemensamt för båda dessa ramverk för riskvärdering är att olycksrisker delas upp i följande kategorier:

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

Risker som klassificeras som **oacceptabla** värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.

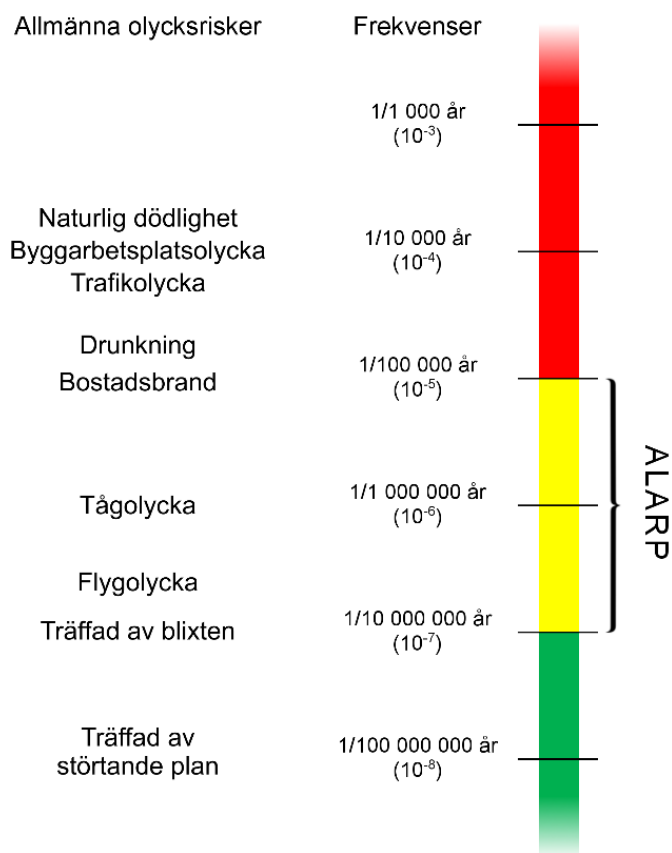
De risker som kategoriseras som låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

I Tabell 8 redogörs för IPS:s respektive DNV:s uppställda kriterier för värdering av individrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Notera att de redovisade individrisknivåerna i detta kapitel avser sannolikheten för att en oskyddad individ som under ett års tid kontinuerligt uppehåller sig på ett visst avstånd från anläggningen eller transportleden ska förolyckas till följd av en olycka. De redovisade individrisknivåerna för anläggningen är inte representativa för Gasums egen personal som har tillgång till skyddsutrustning och nödlägesträning.

Tabell 8. Förslag till kriterier för värdering av olycksrisker inom nya industrianläggningar respektive transporter av farligt gods.

Ramverk	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
IPS - Nya industrianläggningar [24]	$\leq 10^{-8}$ per år	10^{-8} till 10^{-6} per år	$> 10^{-6}$ per år
DNV (transporter av farligt gods) [25]	$\leq 10^{-7}$ per år	10^{-7} till 10^{-5} per år	$> 10^{-5}$ per år

I Figur 24 illustreras hur ett antal olika olycksrisker i samhället förhåller sig till kriterierna i Tabell 8.



Figur 24. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området enligt DNV:s föreslagna kriterier [46]. Notera att ALARP-området för nya industrianläggningar enligt IPS:s kriterier är en faktor 10 lägre.

Individrisk – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas på en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmåttet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk.

4.3.2 Omgivningspåverkan från anläggningen

I Figur 25 redovisas den sammanlagda individrisknivån för anläggningen som de dimensionerade riskkällorna/olycksscenarierna i avsnitt 4.1.1 ger upphov till. Notera att det är IPS:s föreslagna acceptanskriterier för nya industrianläggningar som används vid värderingen av individrisknivån.

Beräkningarna indikerar att samtliga bostadshus i omgivningen samt Ekerödsrasten med betydande marginal ligger bortom anläggningens förväntade påverkansområde (Individrisk $\geq 10^{-8}$ per år). Detsamma gäller för busshållplatsen för regionaltrafik sydväst om verksamhetsområdet samt hållplatsen för skolskjuts.

Det enda skyddsvärda objekt i omgivningen som får en individrisknivå inom ALARP eller högre är Länsväg 1343 vilken avgränsar verksamhetsområdet i nordlig riktning. Beräkningarna indikerar att en drygt 275 meter lång delsträcka av länsvägen skulle få en individrisknivå inom övre ALARP-området. En begränsad del av länsvägen hamnar även inom områden med oacceptabel individrisk. Vad gäller trafikanter är dock viktigt att komma ihåg att den individ-specifika risken blir mycket låg.

Hastigheten på länsvägen uppgår till 70 km/h vilken innebär att det tar cirka 14 sekunder att passera delsträckan som ligger inom området med en individrisknivå i övre ALARP. Passagetiden för eventuella gående på länsvägen kan uppskattas till drygt 400 sekunder. Notera att de redovisade individrisknivåerna i figurerna gäller vid kontinuerlig oskyddad utomhusvistelse under ett års tid. Dvs. den ökning av dödsrisk som enskilda trafikanter eller gående utsätts för när de passerar berörda vägsträckor blir i praktiken försumbar då exponeringstiden i båda fallen är synnerligen kort. I sammanhanget kan även tilläggas att länsvägen har en mycket låg ÅDT [47].

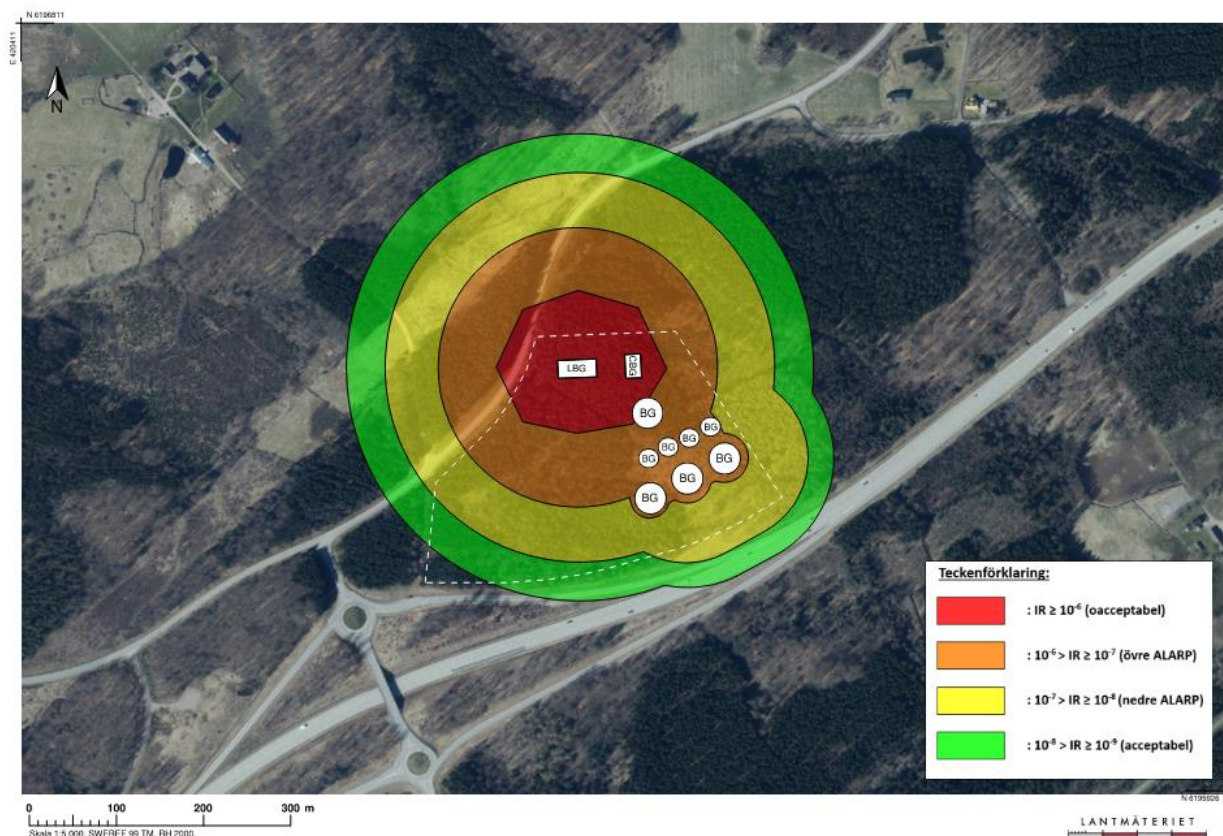
Enligt länsstyrelsens vägledning vad gäller samhällsplanering intill transportleder för farligt gods (RIKTSAM) kan följande kategorier av markanvändning anses vara tolerabla inom områden med oacceptabel individrisk; Parkering, trafik, odling, friluftsområde (t.ex. motionsspår) samt tekniska anläggningar. Notera då även att brytpunkten för oacceptabel individrisk i RIKTSAM är en tiopotens högre än motsvarande gränsvärde enligt IPS:s kriterier för nya industrianläggningar (10^{-5} per år kontra 10^{-6} per år). Sammantaget bedöms därmed anläggningens beräknade riskpåverkan på Länsvägen vara tolerabel.

Länsvägens status som "skyddsobjekt" bör även relativiseras i relation till vilka typer av skyddsobjekt som behandlas i MSB:s föreskrifter för hantering brandfarliga gaser respektive explosiva ämnen. Vägar omnämns exempelvis inte explicit som ett skyddsobjekt i MSBFS 2020:1 - *Föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler*. I MSBFS 2019:1 - *föreskrifter och allmänna råd om hantering av explosiva varor* anges att en trafikled utgör ett skyddsobjekt under följande förutsättningar:

"Trafikled av riksvägsstandard som förbinder större eller mindre tätorter med varandra. Trafikled med liten trafiktäthet utgör inte skyddsobjekt."

MSBFS 2019:1 är förvisso inte tillämplig i mån av att LBG klassificeras som en brandfarlig gas och inte ett explosivt ämne men en relativisering av risken är fortfarande befogad. Gasum skulle exempelvis kunna uppföra ett lager med flera ton explosiva ämnen utan att behöva tillämpa något uttryckligt skyddsavstånd gentemot Länsväg 1343 (med avseende på riskpåverkan från lagret mot omgivningen)¹⁴.

¹⁴ Motsvarande liknelse är inte giltig för E22 då vägen skulle utgöra ett "skyddsobjekt" enligt definitionerna i MSBFS 2019:1.

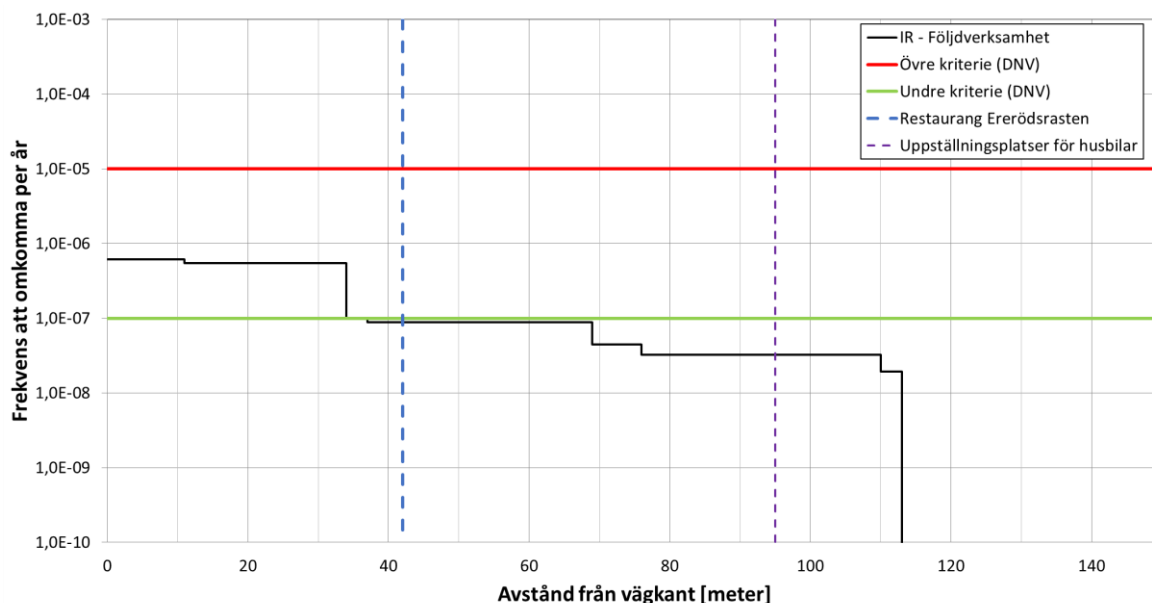


Figur 25. Individrisknivån som hanteringen av biogas (BG, rågas), LBG och CBG inom verksamhetsområdet beräknas ge upphov till (Skala 1:5 000, grundkarta från Lantmäteriet).

4.3.3 Omgivningspåverkan från följdverksamhet

I Figur 26 syns den beräknade individrisknivån som transporter av farligt gods till anläggningen beräknas ge upphov till. Notera värderingen av individrisknivån i detta fall baseras på DNV:s föreslagna kriterier för individrisk. Den betraktade transportsträckan avseende följdverksamheten syns i Figur 3 och omfattar en cirka 400 meter lång sträcka av Länsväg 1343 samt på- och avfarterna till E22 vid trafikplats Ekeröd. Individrisknivån som redovisas i Figur 3 är representativ för den 400 meter långa delsträckan av Länsväg 1343 då samtliga farligt gods-transporter till anläggningen kommer att trafikera denna. Transporternas riskpåverkan på områden i anslutningen till på- och avfarterna till E22 blir alltså något lägre då trafikflödena delar på sig. Exempelvis kommer inga utgående transporter med LBG att passera i direkt anslutning till Ekerödsrasten.

En mer noggrann redovisning av resultatet bedöms dock ej vara nödvändig då beräkningen i Figur 26 indikerar att följdverksamhetens påverkan på omgivningen kan betraktas som tolerabel. Beräkningen visar att individrisknivån ligger inom ALARP-området upp till drygt 34 meter från väggkant och blir därefter acceptabel. Avståndet mellan avfarten som avgränsar Ekerödsrasten i nordlig riktning och restaurangbyggnaden inom rastplatsen uppgår exempelvis till cirka 42 meter. Likaså uppgår avståndet mellan avfarten och uppställningsplatser för husbilar inom Ekerödsrasten till cirka 95 meter. Båda dessa skyddsvärda objekt ligger således inom områden där påverkan från följdverksamheten är acceptabel utifrån ett individriskperspektiv. Farligt gods-transporterna kommer förvisso att medföra att individrisknivån vid busshållplatsen för regionaltrafik samt vid hållplatsen för skolskjutsen hamnar inom nedre halvan av ALARP-området. I båda fallen är det dock frågan om tillfällig vistelse under begränsande delar av dygnet varvid denna riskökning anses vara acceptabel. Notera att värderingen specifikt avser riskpåverkan från transporterna av farligt gods. Rekommenderade skyddsåtgärder för att öka trafiksäkerheten längs den aktuella transportsträckan behandlas i trafik och logistikutredningen [47].



Figur 26. Beräknad individrisknivå med avseende på transporterna av farligt gods till och från verksamhetsområdet.

4.4 PÅVERKAN FRÅN NATURLIGA OMGIVNINGSAKTÖRER

I detta avsnitt värderas i vilken utsträckning naturliga omgivningsfaktorer kan påverka risken för att allvarliga kemikalieolyckor ska inträffa inom verksamheten.

Höga vattennivåer (översvämning och skyfall)

Verksamhetsområdet ligger långt ifrån havet och större vattendrag men risk för höga vattennivåer kan föreligga vid betydande skyfall. Enligt dagvattenutredningen kan ett 100-årsregn medföra ett maximalt vattendjup på 0,5 meter inom verksamhetsområdet. Detta vattendjup är dock sannolikt överskattat då det varken beaktar infiltration eller utflöde från dagvattendammen. När höjdsättningen av verksamhetsområdet är bestämd kan det vara lämpligt att genomföra en skyfallsanalys för att få en uppfattning om vilka ytor som riskerar att översvämmas [48]. Kraftverket som ska säkerställa möjligheten till kraftmatning av säkerhetskritiska funktioner vid händelse av strömavbrott bör placeras så risken för påverkan på utrustningen vid händelse av översvämning minimeras.

Ras, skred och erosion

Då varken större vattendrag eller kvicklera förekommer inom verksamhetsområdet eller dess närområde bedöms risken för jordskred vara mycket låg. Risk för ras kan föreligga om större konstruktioner uppförs nära brantare partier inom verksamhetsområdet. Om det blir aktuellt att upprätta konstruktioner nära brantare partier bör en stabilitetskontroll utföras. Enligt nuvarande situationsplan, se Figur 2, kommer inga anläggningsdelar uppföras inom de delar av verksamhetsområdet där så kallad kärrtorv förekommer. Marken inom dessa områden kan antas ha en mycket låg bärighet [49]. Notera även att kompletterade geotekniska undersökningar kommer att genomföras i samband med detaljprojekteringen för att säkerställa att grundläggningen av sättningskänsliga anläggningsdelar blir tillfredsställande.

Blixt- och åskoväder

Anläggningen är lokaliserad i ett område som inte är särskilt utsatt för blixtnedslag, åskväder är dock en beaktansvärd orsak till en allvarlig olycka med biogas. Anläggningen kommer att förses med åskledare på vitala anläggningsdelar.

Höga vindstyrkor (stormar)

Området är inte utsatt för omfattande extremväder i form av storm/orkan utifrån den metrologiska definitionen av dessa väderfenomen. Definitionen av storm är en medelvindhastighet¹⁵ på minst 24,5 m/s och orkan råder om medelvindhastigheten överstiger 32,7 m/s [50]. Högsta uppmätta medelvindhastighet för Hörby A under perioden 1995-2024 är 15,9 m/s [51]. Dvs. utifrån den metrologiska definitionen har det inte varit storm i Hörby under de senaste årtiondena.

Kortvariga höga vindstyrkor (byvindar) kan dock fortfarande riva loss tunga föremål, som plåtar, som i sin tur kan skada utrustning. En lämplig åtgärd kan vara rutiner för att säkra området mot lösa föremål inför stundande oväder, vilket kräver någon form av aktiv omvärldsbevakning. Eftersom LBG lagras i dubbelmantlad tank bedöms det osannolikt lösa föremål som accelereras av byvindar skulle kunna orsaka utsläpp från tanken. Mindre skador på utrustning så som rötkammare bedöms som mer troligt. Notera lagringstanken för LBG samt rötkammare, buffertlager och biogödseltankarna dimensioneras för vind- och snölast (enligt BFS 2011:6). Byggnadsverk dimensioneras för det vindtryck som uppkommer vid byvind (dvs. tillfälliga maxbelastningar). Dimensioneringen av konstruktionerna kommer att genomföras under den kommande detaljprojekteringen av anläggningen.

Solstorm

Solstormar kan i första hand påverka känslig elektronisk utrustning som slås ut. Vidare skulle denna typ av störning kunna påverka styrsystem och larmfunktioner. Inga system på anläggningen har identifierats som särskilt känsliga för solstorm och risken beaktas inte vidare.

¹⁵ Medelvindhastighet avser medelvärde av vindstyrkan under en mätperiod på 10 minuter (mäts en gång per timme).

Snöstorm, snödrev och isbildning

Kraftiga snöstormar och isbildning kan bland annat påverka transporter och orsaka olyckor som direkt eller indirekt påverkar anläggningen. Dessutom kan snödrivor medföra att barriärer såsom insatsvägar helt eller delvis blockeras. Isbildning högre upp på byggnader och strukturer kan leda till att istappar eller isblock faller ned och skadar processdelar. Risken med isbildning kommer att bevakas kontinuerligt. Verksamheten ska ha beredskap för att via egen personal eller extern entreprenör kunna avlägsna is som bildats på olämpliga platser. Vidare ska verksamheten via egna maskiner eller extern entreprenör säkerställa möjligheten till snöröjning av transport- och insatsvägar.

Dimma och fuktig miljö

Dimma och fuktig miljö kan ge ökad risk för uppkomst av korrosion vilket i sin tur kan leda till exempelvis elfel och ökad risk för brand. Verksamheten ska ha rutiner för regelbunden kontroll av elektrisk utrustning inom anläggning.

Skogsbrand

En stor skogsbrand i omgivningen skulle kunna påverka verksamheten med kraftig brandrök. Sannolikheten för brandspridning till anläggningen minskas genom avverkning och skötsel av marken inom verksamhetsområdet samt via skyddsavstånd mellan processutrustningen och närliggande skogsmark. WSP rekommenderar att följande skyddsavstånd ska tillämpas mellan processutrustning inom verksamhetsområdet och omgivande skog:

- Ett skyddsavstånd på 50 meter ska upprätthållas mellan LBG-cisternen och skogen ("stor mängd brännbart material") enligt LAGA 2020. Avståndet kan halveras vid brandsektionering i minst EI 60.
- Ett skyddsavstånd på minst 18 meter ska tillämpas mellan buffertlager och skogen ("byggnad med brännbar fasad") enligt BGA 2022.
- Ett skyddsavstånd på 6-9 meter ska upprätthållas mellan rötchammare och biogödselcisterner beroende på materialval (betong eller stål).
- Ett skyddsavstånd på minst 10 meter ska upprätthållas mellan CBG-lager och skogen. Observera dock att lagret även behöver skyddas mot nedfallande träd så skyddsavståndet får inte vara kortare än höjden på det högst trädet.

Det omvända, dvs. brandspridning från anläggningen till skogen, är rimligtvis också en reell risk vid händelse en större olycka inom verksamheten, exempelvis haveri av lagringscisternen med LBG och efterföljande pölbrand. Vid dessa scenarier kan även fast skyddsavstånd upprätthålls enligt ovan risk för brandspridning till omgivande skogsmark ej uteslutas.

Extrema temperaturer

Extrema temperaturer kan bland annat medföra en förhöjd risk för handhavandefel. Biogas i sig är inte känsligt för extrema temperaturer. Extrema temperaturer bedöms inte öka risken för att en olycka inträffar men verksamheten bör upprätta övergripande rutiner för driften under olika former av extremväder.

Jordbävning

Jordbävning skulle kunna leda till ett olycksscenario med utsläpp av LBG/CBG/biogas i samband med att exempelvis ledningar eller ledningsstöd flyttar på sig. Generellt behöver dock jordbävningens magnitud överstiga 5 Richter innan risk för större skador föreligger [52]. Jämförelsevis hade den jordbävning som inträffade i Skåne år 2008 en magnitud på 4,2 – 4,4 [53]. Mindre lokala skalv skulle kunna utlösa sättningar och ras inom verksamhetsområdet.

Denna risk hanteras dock inom ramen för de geotekniska undersökningar som kommer att genomföras i samband med detaljprojekteringen för att utröna vilken metod för grundläggning som är lämplig.

4.5 VÄRDERING AV RISK FÖR INTERNA DOMINOEFFEKTER

I detta avsnitt beskrivs och värderas de möjliga interna dominoeffekter som de dimensionerade olycksscenarierna i avsnitt 4.1.1 kan ge upphov till.

Fortskridande utsläpp från lagringstanken med LBG samt slangbrott i samband med utlastning kan ge upphov till pölbrand och strålningspåverkan. Risken för brandspridning vid dessa scenarier beror på utfallande strålningsnivå i kombination med brinntiden. Vid ett begränsat utsläpp, exempelvis till följd av slangbrott vid lastning och aktivering av nödstoppet, blir pölens brinntid mycket kort (~1 minut) och risken för brandspridning bedöms därigenom vara låg. Ett omfattande utsläpp från lagringstanken kan däremot ge upphov till en betydande pölbrand med förhållandevis lång brinntid (~20 minuter). I detta fall bedöms risken för brandspridning inom anläggningen vara stor vilket skulle öka olyckans varaktighet.

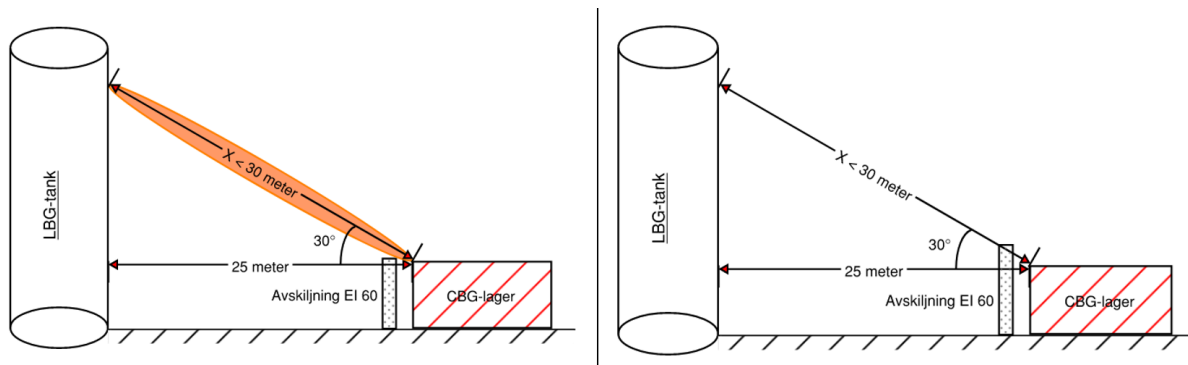
Sannolikheten för allvarliga dominoeffekter vid gasmolnbränder bedöms generellt vara låg då brinntiden är väldigt kort (fåtal sekunder). Risken för brandspridning till övrig processutrustning kan därigenom tänkas vara mycket liten. Vidare kan sannolikheten för betydande tryckuppbbyggd vid gasmolnsbrand förväntas vara mycket låg.

Identifierade olycksscenarier för de mobila CBG-lagerna bedöms kunna medföra allvarliga interna dominoeffekter om inte lämpliga skyddsavstånd upprätthålls gentemot exempelvis lagringstanken för LBG och buffertlagret. Skyddsavståndet behöver exempelvis säkerställa att en eventuell jetflamma från CBG-lagret¹⁶ inte kan medföra direkt flampåverkan på lagringstanken för LBG eller buffertlagret. Enligt LNGA 2020 ska ett skyddsavstånd på minst 50 meter tillämpas mellan lagringstanken och *stor mängd brännbart material* (omfattar bland annat lager med brandfarlig vätska eller gas med en total volym över 600 liter). Föregående skyddsavstånd får enligt LNGA 2020 halveras till 25 meter givet att en brandavskiljning i minst EI 60 uppförs [4]. Genomförda konsekvensmodelleringar indikerar dock att flamlängden vid händelse av en jetbrand i de mobila gaslagerna skulle kunna uppgå till strax under 30 meter¹⁷. Detta innebär i praktiken att brandavskiljningen i fallet med halverat skyddsavstånd (25 meter) behöver utformas så att avskiljningen blockerar jetflammar som har en utfallsvinkel på 30 ° eller lägre, se Figur 27.

BGA 2022 specificerar minsta skyddsavstånd mellan rötammare samt gasklockor (avståndet varierar beroende på utförande) och byggnader men inte gentemot *stor mängd brännbart material* [3]. I detta fall bedöms därmed den beräknade flamlängden för jetbranden bli styrande för minsta nödvändigt skyddsavstånd. Dvs. grundförutsättningen blir att ett skyddsavstånd på minst 30 meter ska tillämpas från CBG-lagret gentemot buffertlager samt rötammare. Skyddsavståndet bedöms kunna reduceras givet brandavskiljning i minst EI 60 men denna behöver då utformas så att avskiljningen blockerar jetflammar från CBG-lagret. Notera att intervallet med "farliga" utfallsvinklar kommer att öka i takt med av skyddsavståndet reduceras. Vid ett skyddsavstånd på exempelvis 20 meter behöver avskärmningen utformas så den blockerar jetflammar med en utfallsvinkel på 45 ° eller lägre.

¹⁶ Även transportolyckor med CBG-trailers inom verksamhetsområdet utgör en möjlig riskkälla för dominoeffekt. Sannolikheten för denna händelse bedöms dock generellt vara så pass låg att den inte påverkar uppskattningen av olycksfrekvensen för övrig processutrustning. Enligt Bevi Risk Manual kan frekvensen för utsläpp (via den största kopplingen) från en vägtransport med tryckkondenserad gas inom ett verksamhetsområde ansättas till $5 \cdot 10^{-7}$ per år [26]. Antalet CBG-transporter per årsmedeldygn uppgår till högst tre och total körsträcka inom vilken en jetflamma från CBG-trailern kan påverka övrig processutrustning (rötammare, buffertlager etc.) uppskattas till drygt 200 meter. Om hastigheten inom verksamhetsområdet antas uppgå till 30 km/h kan den totala exponeringstiden då risk för dominoeffekt föreligger vid händelse av olycka med CBG-transport uppskattas till ~7,3 timmar per år. Det totala frekvensbidraget från CBG-transporterna kan då uppskattas till $2,1 \cdot 10^{-9}$ per år ($5 \cdot 10^{-7} \cdot (7,3/(24 \cdot 365)) \cdot 5$ [antal sektioner per trailer]). Notera även att de utgående transporter med LBG enbart utgöra en reell riskkälla under och efter själva lastningen. Dvs. riskpåverkan från dessa transporter inom verksamhetsområdet bedöms redan täckas in av det lastningsscenario har inkluderats i den fördjupande riskbedömningen.

¹⁷ Jetflamman medför även strålningspåverkan mot närliggande processutrustning men eftersom varaktigheten av utsläppet blir förhållandevis kort bedöms risken för direkt flampåverkan bli dimensionerade för skyddsavståndet.



Figur 27. (t.v.) Avskiljningen är i detta fall låg för att avskärma LBG-tanken från jetflammar från CBG-lagret med en utfallsvinkel på 30 ° eller lägre (Ej godtagbar utformning). (t.h.) Avskiljningen är i detta fall tillräckligt hög och avskärmar LBG-tanken från jetflammar från CBG-lagret med en utfallsvinkel på 30 ° eller lägre (Godtagbar utformning). Notera att figuren endast är illustrativ och inte skalenlig.

Obstruerade jetutsläpp från CBG-lagret kan vid fördröjd antändning även medföra tryckpåverkan på omgivande processutrustning. Vad gäller tryckpåverkan kan sårbarhetskriteriet för dubbelmantlade lagringstankar (LBG-tanken) generellt ansättas till 30 kPa [54]. För enkelmantlade lagringstankar, vilka är något mindre robusta, uppgår motsvarande till 20 kPa [54]. Genomförda konsekvensmodelleringar avseende fördröjd antändning av obstruerade jetutsläpp från CBG-lagret indikerar att riskområdet för 30 kPa och 20 kPa uppgår 15 respektive 20 meter. Rekommenderat minsta skyddsavstånd med hänsyn till direkt flampåverkan blir således dimensionerade.

Flaskruptur kan ge upphov till splitterpåverkan men omslutande transportcontainer kan i viss utsträckning tänkas reducera risken för skador på närliggande lagringstankar. Lagringscisternen för LBG kan till följd av sin dubbelmantling tänkas vara något mindre känslig gentemot splitterpåverkan.

Termiskt sönderfall av järntriklorid och frigörelse av väteklorid utgör ett tänkbart dominoscenario vid händelse av omfattande brand inom anläggningen men förutsätter då en kraftig och långvarig strålningspåverkan på lagringstanken.

Utsläpp av biogas/LBG/CBG med efterföljande antändning kan medföra kraftig strålningspåverkan på lagringstanken för järntriklorid men uppvärmningen blir i dessa fall samtidigt begränsad till följd av den korta brinntiden. Brand i byggnad kan medföra mer utdragna brandförlopp men lagringstankens tilltänka placering innebär att den infallande strålningsnivån mot mantelytan sannolikt blir begränsad. Vidare kan räddningstjänsten i dessa fall rimligtvis kyla lagringstanken genom vattenbegjutning om behovet uppstår. Med hänsyn till dessa faktorer bedöms sannolikheten för denna typ av dominoscenario vara mycket låg.

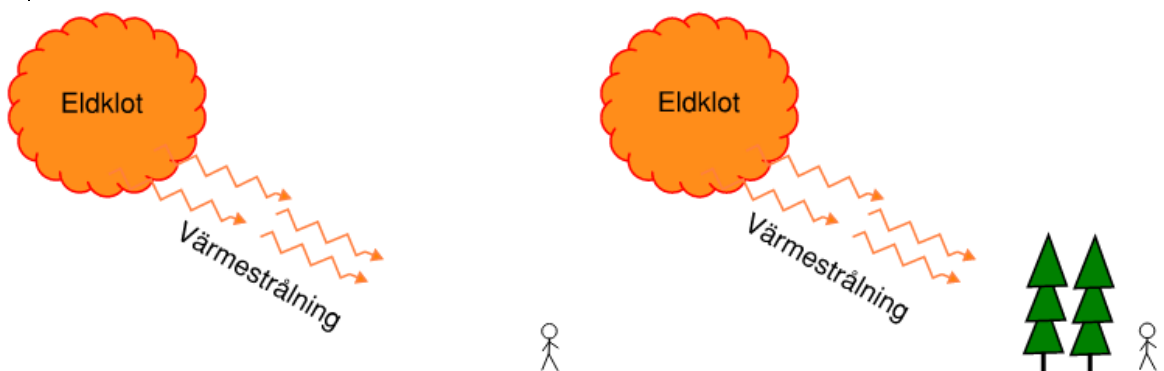
4.6 UNDERLAG FÖR BEREDSKAPSPLANERING

I detta avsnitt redovisas inom vilka områden risk för uppkomst av allvarig personskada kan föreligga vid händelse av en omfattande olycka inom verksamheten. Detta underlag kan ligga till grund för verksamhetens och räddningstjänstens beredskapsplanering. Exempelvis för att utröna vilka områden som bör avspärras/utrymmas/inrymmas vid händelse av omfattande olycka.

I Figur 29 redovisas riskområdet för allvarig personskada (2:a gradens brännskada) vid scenariot *momentant haveri av lagringstank med LBG ("kall" BLEVE – eldklot + pölbrand)* samt *momentant haveri av rötchammar 2* (Eldklot). Inom det markerade området (blått) i Figur 29 är sannolikheten för att erhålla en andra gradens brännskada större än 1 % (beräknat utifrån probitfunktionen i CPR 16E [38]). Notera att denna beräkning inte inkluderar sannolikheten för olycka och redovisningen kan i stället likställas med ett "AEGL-2 värde" för värmestrålning. Dvs. inom det blåa området i Figur 29 går det inte att utesluta uppkomst av allvarig brännskada givet att en olycka har inträffat. Riskområdet för allvarig brännskada uppgår vid ett *momentant haveri av lagringstanken för LBG* uppgår till cirka 235 meter. Beräkningen indikerar att samtliga skyddsobjekt i omgivningen förutom Länsväg 1343 och en

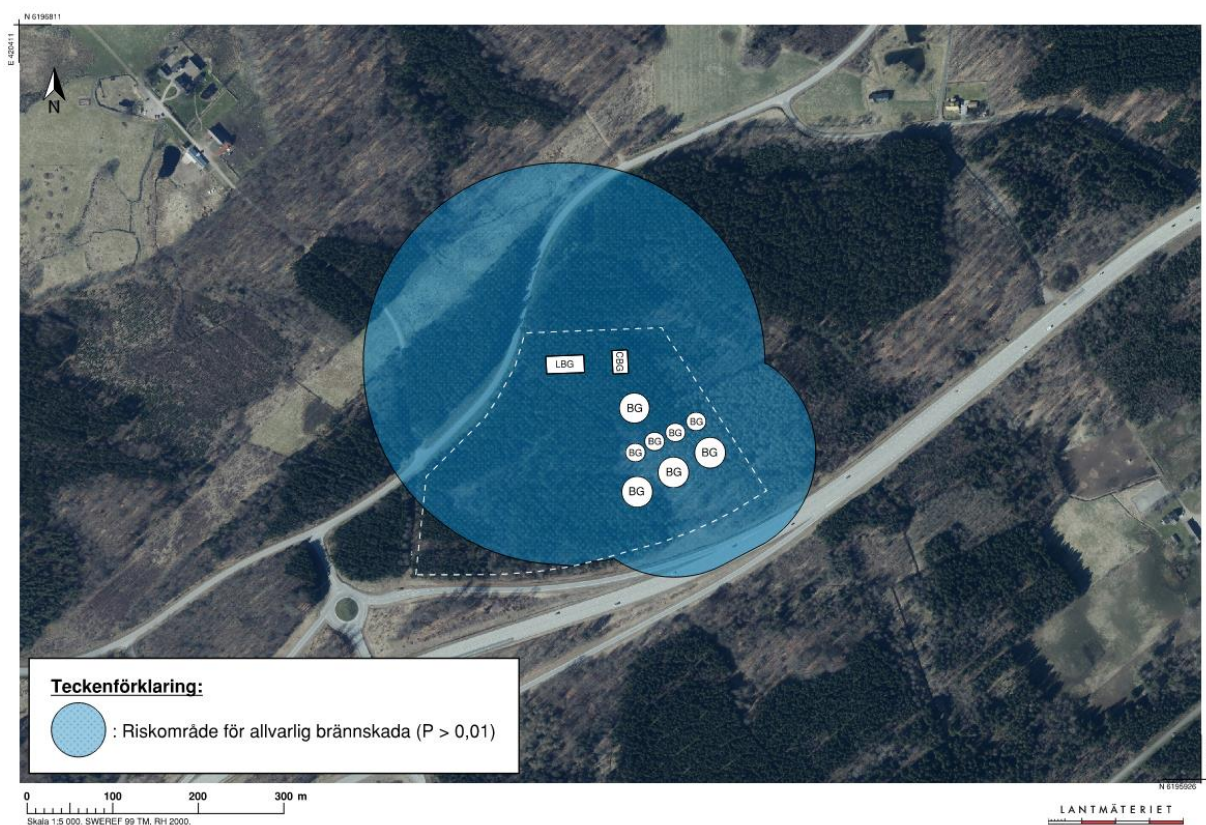
begränsad del av E22 ligger utanför riskområdet för allvarlig brännskada. Det är även viktigt att poängtera att beräkningarna är en förenkling av verkligheten och rimligtvis konservativa med hänsyn till följande aspekter:

- De probitfunktioner från CPR 16E som nyttjas för att uppskatta riskområdena tar inte hänsyn till den skyddseffekt som klädesplagg medför vilken i sin tur kan förväntas vara betydande (dvs. de exponerade förutsätts i princip vara nakna). I medeltal kan klädesplagg förväntas reflektera 50 % av infallande värmestrålning och absorbera 20 % [38]. Dvs. i genomsnittet kommer då enbart 30 % av den inkommande strålningen penetrera tyget och orsaka brännskador på underliggande hud [38].
- Redovisade riskområden förutsätter att den drabbade individen är "synlig" för eldklotet under hela exponeringstiden. Dvs. beräkningsmodellen är inte representativ för fall då den exponerade individen helt eller delvis avskärmas från värmestrålningen av framförvarande objekt (exempelvis av en trädriddå vilket Figur 28 ska illustrera). Människor som befinner sig inomhus eller inuti ett fordon när olyckan inträffar, eller som inrymmer efter ett VMA¹⁸ utfärdats, kan förväntas vara skyddade från värmestrålningen.



Figur 28. Beräkningsmodellen förutsätter att människor i omgivningen är synliga för eldklotet (t.v.). Tänkbart verkligt fall där människor i omgivningen helt eller delvis avskärmas från infallande värmestrålning av framförvarande objekt (t.h.)

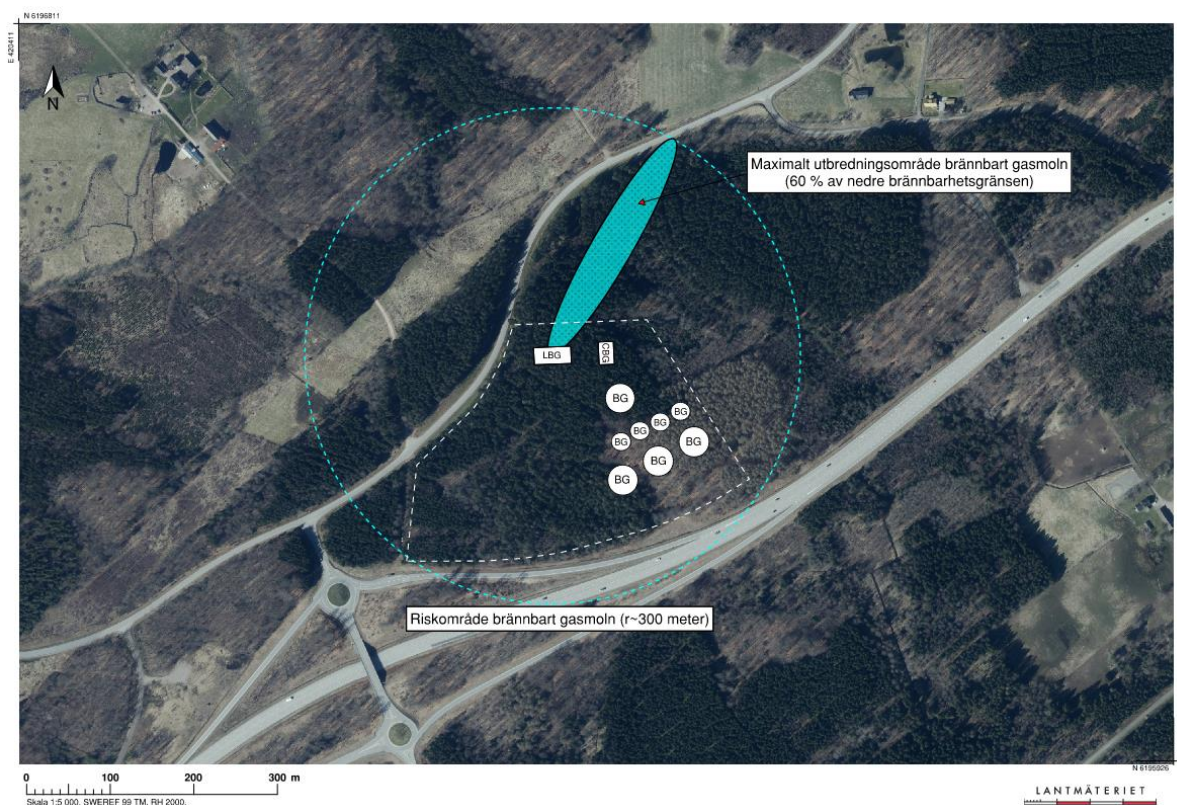
¹⁸ Viktigt meddelande till allmänheten.



Figur 29. Riskområde inom vilket sannolikheten för att erhålla andra gradens brännskada överstiger 1 % vid scenarierna momentant haveri av lagringstank med LBG ("kall" BLEVE) samt momentant haveri av rötkammare 2 (eldklot). Brinntiden för eldklotet som uppstår efter LBG-tanken havererar uppgår till ~11 sekunder, vid en exponeringstid på 11 sekunder uppskattar probitfunktionen i CPR 16E att sannolikheten för att erhålla en allvarig brännskada överstiger 1 % när den infallande värmestrålningen är 14,5 kW/m² eller högre. För pölbranden förutsätts en exponeringstid på 60 sekunder varvid probitfunktionen uppskattar att sannolikheten för att erhålla en allvarig brännskada överstiger 1 % när den infallande värmestrålningen är 4 kW/m² eller högre. Brinntiden för eldklotet som skulle kunna uppstå om rötkammare 2 havererar momentant uppgår till ~8 sekunder, i detta fall överstiger sannolikheten för att erhålla en allvarig brännskada 1 % när den infallande strålningen är 18,4 kW/m² eller högre.

I Figur 30 redovisas riskområdet med avseende på maximal utbredning av brännbart gasmoln vid scenariot *hela innehållet i lagringstanken för LBG släpps ut under 10 minuter* (fördröjd antändning). Simuleringarna indikerar att maximalt utbredningsområde inträffar vid neutral skiktning (Stabilitetsklass D, 5,0 m/s). Under dessa betingelser uppgår radien av det cirkulära riskområdet till cirka 300 meter (294 meter). Vilken del av riskområdet som påverkas beror på rådande vindriktning och plymen i figuren illustrerar det maximala utbredningsområdet av gasmolnet vid varje enskilt olyckstillfälle. Om nordlig eller nordöstlig vindriktning råder vid olyckstillfället kan det brännbara gasmolnet täcka in delar av E20.

Notera dock att dessa vindriktningar inte är förhärskande samt att utbredningsområdet i sig förutsätter att molnet inte antänds i ett tidigare skede vilket bedöms mindre sannolikt. I samband med kommande insatsplanering ska rutiner upprättas gällande i vilka olyckssituationer som länsvägen och E22 bör spärras av.



Figur 30. Riskområde (~ 300 meter) för uppkomst av brännbart gasmoln vid scenariot *hela innehållet i LBG-tanken har släppts ut efter 10 minuter*. Vilken del av riskområdet som påverkas beror på rådande vindriktning vid olyckstillfället (sydlig och sydvästlig är förhärskande). Plymen i figuren illustrerar det maximala utbredningsområdet av gasmolnet då det fortfarande befinner sig inom sitt teoretiska brännbarhetsområde.

5 OLYCKSFJÄRILAR

Utifrån resultaten av den fördjupade riskbedömningen bedöms det inte skäligt att föreskriva ytterligare skyddsåtgärder än de som behandlas i de branschnormer (BGA 2022, LNGA 2020, EGN 2023) som den kommande detaljprojekteringen av anläggningen kommer att följa. För att tydligare åskådliggöra de förebyggande och begränsande åtgärder som förekommer i branschnormerna, samt belysa hur dessa åtgärder reducerar risken för allvarliga kemikalieolyckor, har dock ett antal så kallad olycksfjärilar (Bowtie på engelska) upprättats. Olycksfjärilsmetodiken har flera fördelar när det kommer till att bedöma hanteringen av allvarliga kemikalieolyckor. Några viktiga styrkor med metodiken är:

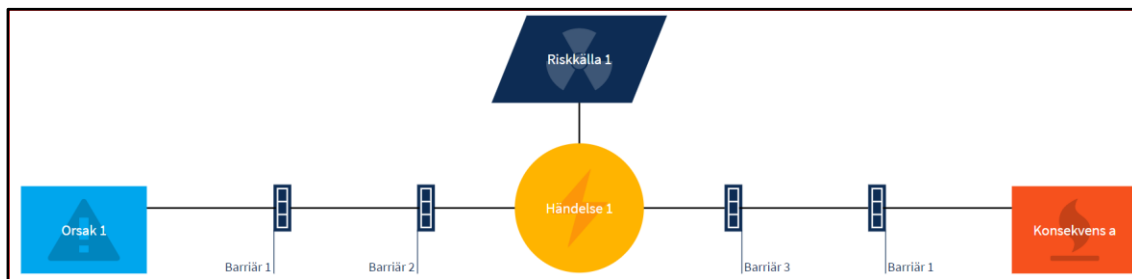
- Ger ett tydligt stöd vid bedömning om hanteringen av allvarliga kemikalieolyckor är tillräcklig i form av barriärer, dvs. bedömning av om det finns ett tillräckligt skydd.
- Metodiken illustrerar hur fördelningen mellan förebyggande och skadebegränsande åtgärder ser ut.
- Med metodiken går det att kartlägga orsakssamband på ett bättre vis, jämfört med exempelvis grovanalys eller what if-metodik.
- Till sist kan metodiken användas för att tydliggöra var ytterligare riskreducerande åtgärder kan vara nödvändiga och därigenom bidra till rätt prioriteringar.

Olycksfjärilar har upprättats för tre typscenarier vilka i sin tur kan kopplas till de olycksscenarier som avhandlats i den fördjupade riskbedömningen. I respektive olycksfjäril beskrivs hela kedjan, från initierande händelser till konsekvens(er) samt de barriärer som finns för att förhindra händelseförloppet.

Med barriär menas här något av följande:

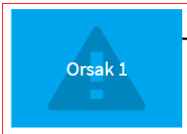
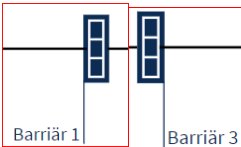
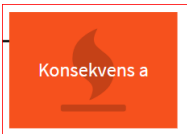
- Organisatoriska åtgärder: Kan vara säkerhetskultur, anställda respektive entreprenörers utbildning och kompetens, olika rutiner och instruktioner.
- Operativa åtgärder: Kan ingå som del i de organisatoriska åtgärderna. Med operativa åtgärder avses mänskliga faktorer och de åtgärder som utförs av en operatör utifrån angivna instruktioner, rutiner och kompetens.
- Tekniska åtgärder: Kan vara funktionella (aktiva) eller fysiska (passiva).

En olycksfjäril kan se ut som figuren nedan. För att beskriva de olika ingående mekanismerna för händelsen finns olika symboler. De beskrivs närmare i nedan.



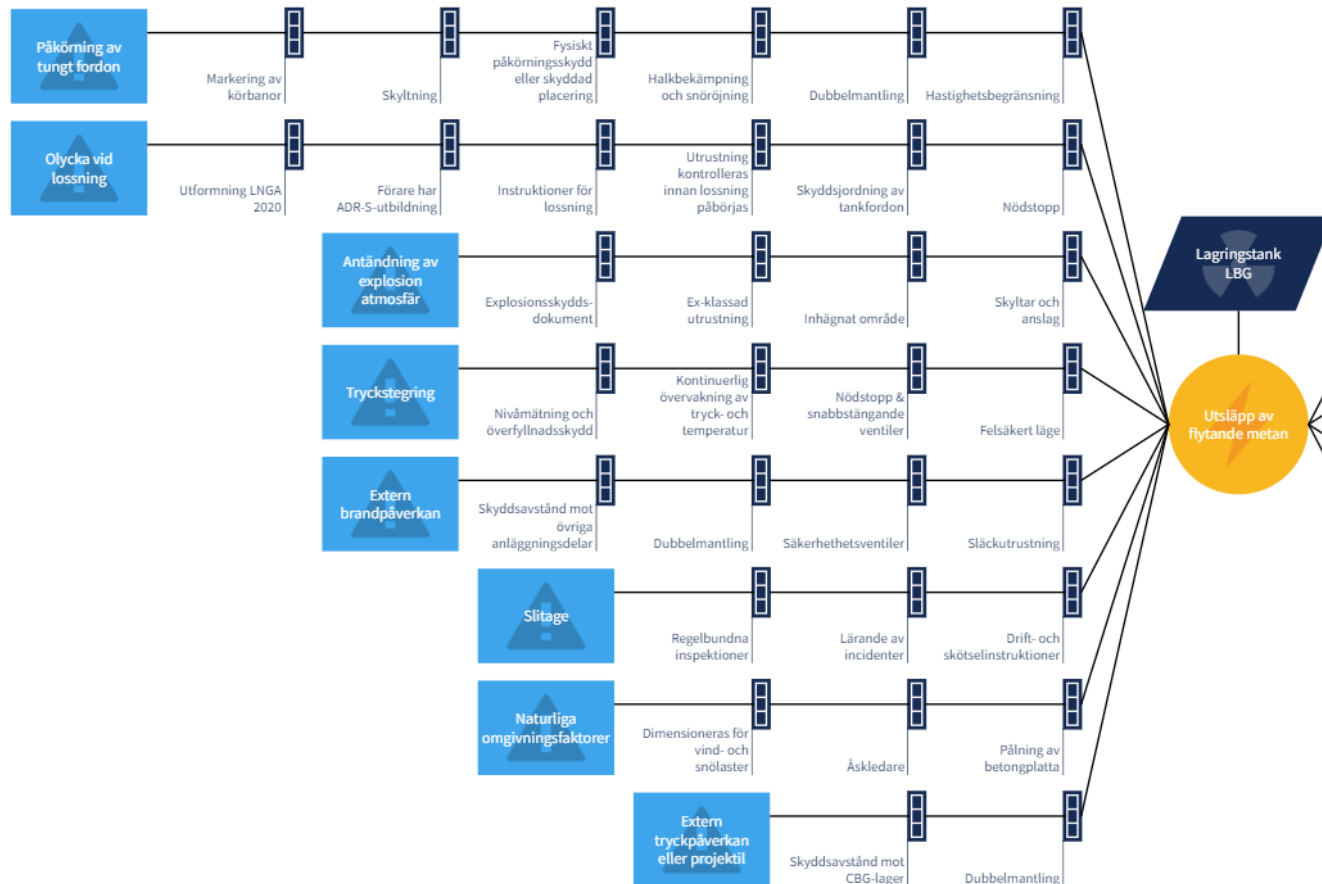
Figur 31. Struktur för en olycksfjärl.

Tabell 9. Symbolförklaring olycksfjärl.

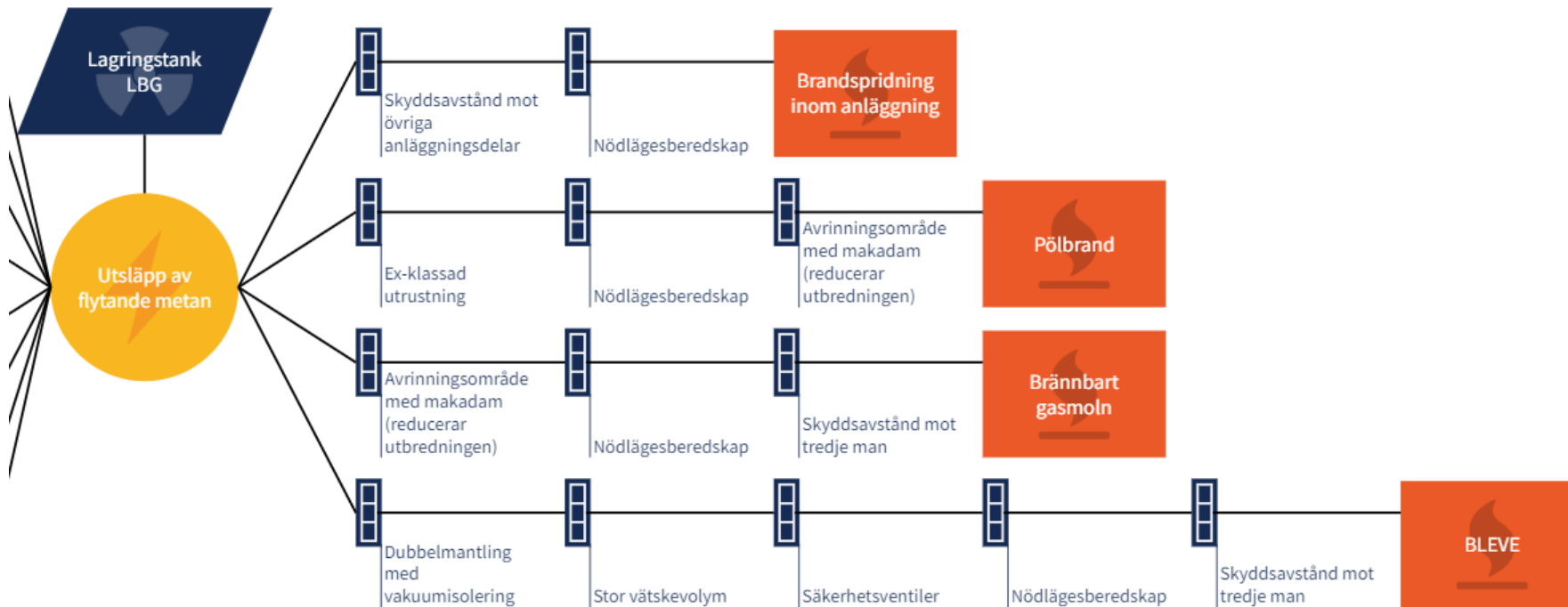
Symbol	Betyder
	Initierande orsak till händelsen.
	En barriär kan vara teknisk, operativ eller organisatorisk och vara olycksförebyggande och/eller skadebegränsande. Samma barriär kan användas för olika orsaker eller konsekvenser i händelsen.
	Den riskkälla som kan medverka till händelsen. <i>Observera att symbolen inte betyder radioaktivitet.</i>
	Skadehändelse kopplad till en riskkälla, kompletteras med en beskrivning. <i>Observera att symbolen inte per automatik betyder blixn eller elöverslag.</i>
	Konsekvensen av en skadehändelse, händelsen kan generera flera konsekvenser. <i>Observera att symbolen inte per automatik betyder brand</i>

5.1 TYPSCENARIO FÖR LAGRING OCH LOSSNING AV LBG

Nedan analyseras det typscenario som representerar vådautsläpp av LBG inom anläggningen. Olycksfjärilen redogör på en övergripande nivå för de olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder som föreligger vid typscenariot. Utformningen av skyddsåtgärderna kommer att fastställas den under kommande detaljprojektering av anläggningen vilken kommer att följa kraven och rekommendationerna i branschnormen LNGA 2020.



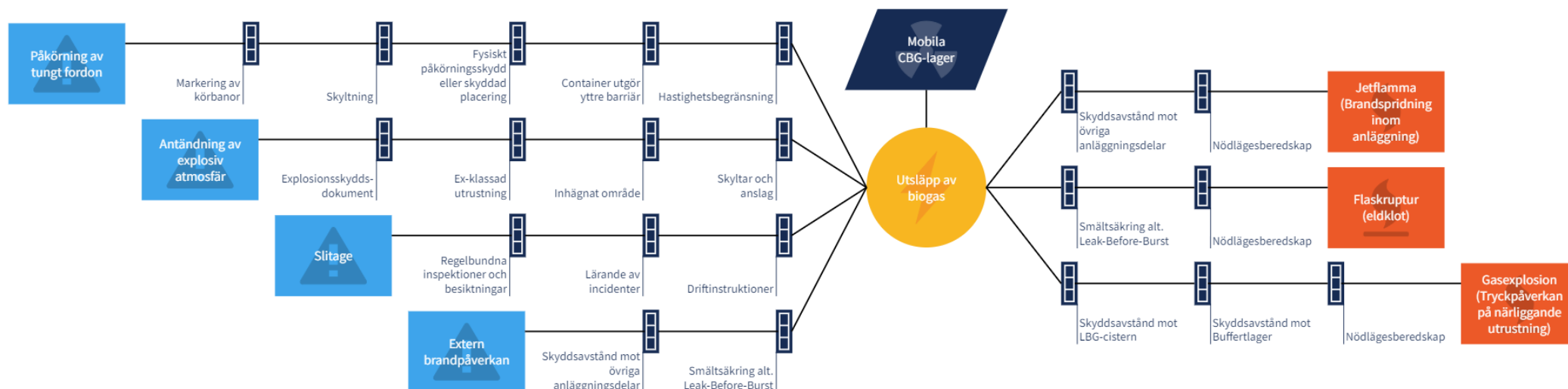
Figur 32. Möjliga initierande händelser och förebyggande åtgärder avseende läckage och antändning av flytande metan (LBG) inom anläggningen.



Figur 33. Möjliga konsekvenser och skadebegränsande åtgärder vid händelse av utsläpp av flytande metan (LBG) inom anläggningen.

5.2 TYPSCENARIO FÖR MOBILA CBG-LAGER

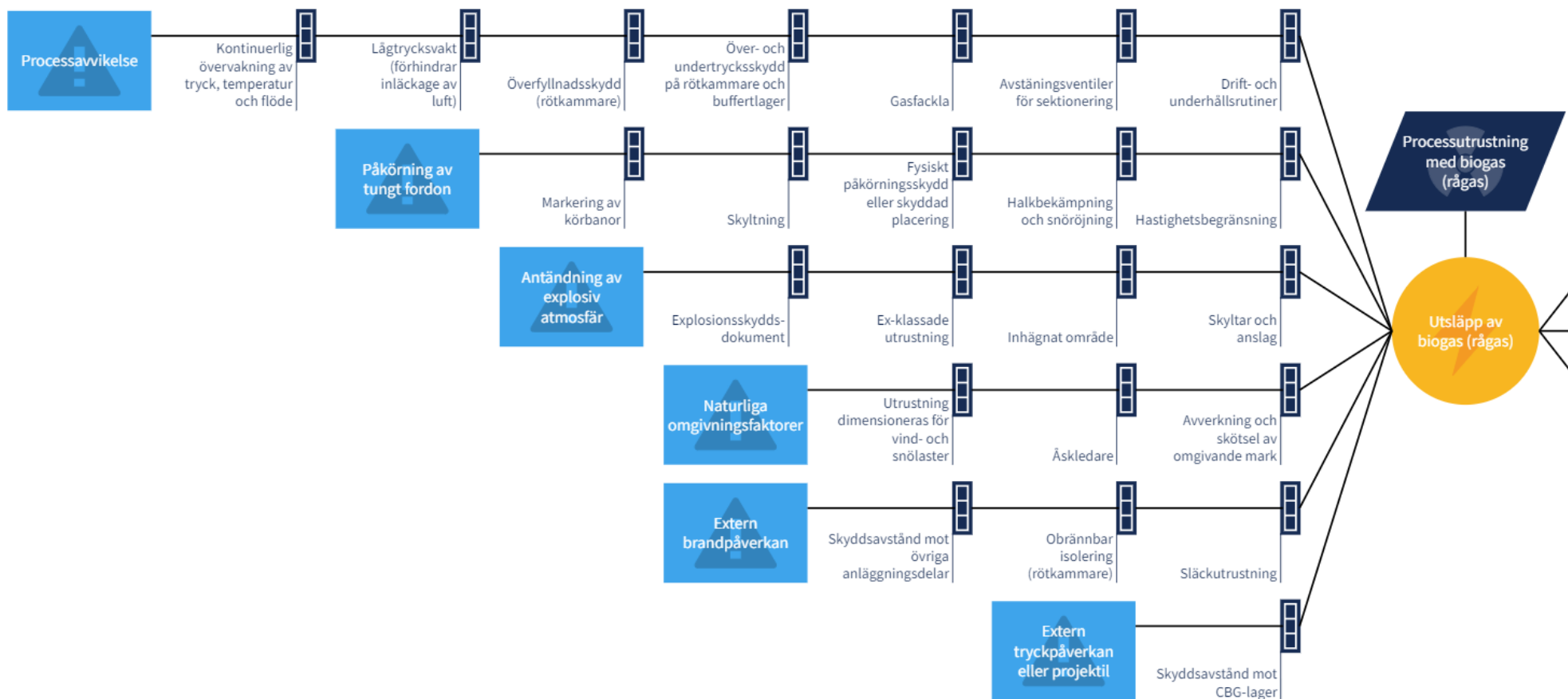
Nedan analyseras det typscenario som representerar vådautsläpp av komprimerad biogas från de mobila CBG-lagera. Olycksfjärilen redogör på en övergripande nivå för de olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder som föreligger vid typscenariot. Utformningen av skyddsåtgärder kommer att preciseras under kommande detaljprojektering.



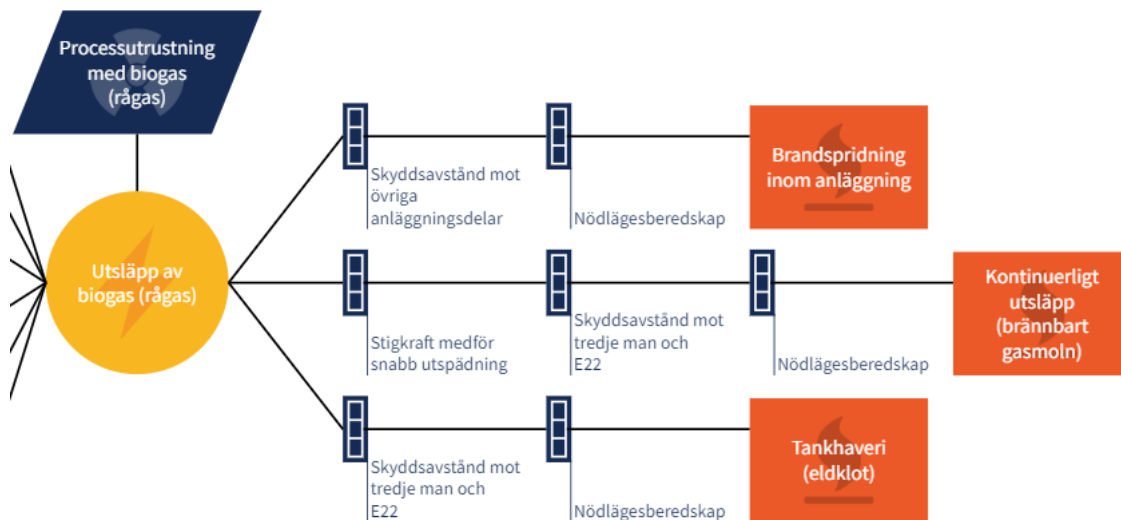
Figur 34. Olycksfjäril för typscenario för den mobila CBG-lagera.

5.3 TYPSCENARIO FÖR PROCESSUTRUSTNING MED RÅ-/BIOGAS

Nedan analyseras det typscenario som representerar vådautsläpp av rå-/biogas inom anläggningen. Olycksfjärilen redogör på en övergripande nivå för de olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder som föreligger vid typscenariot. Utformningen av skyddsåtgärder kommer att fastställas den under kommande detaljprojektering av anläggningen vilken kommer att följa kraven och rekommendationerna i branschnormen BGA 2022 och EGN 2023.



Figur 35. Möjliga initierande händelser och förebyggande åtgärder avseende läckage och antändning av rå-/biogas inom anläggningen.



Figur 36. Möjliga konsekvenser och skadebegränsande åtgärder vid händelse av utsläpp rå-/biogas inom anläggningen.

5.4 SAMLAD BEDÖMNING

Av upprättad olycksfjärilsanalys kan konstateras att branschnormerna behandlar riskreducerande åtgärder för samtliga typscenarier. Åtgärderna är både förebyggande och skadebegränsande. Åtgärder finns i samtliga kategorier; tekniska och organisatoriska, aktiva och passiva, vilket innebär utformningen bör betraktas som robust. Notera även att fjärilarna endast exemplifierar de huvudsakliga barriärerna och att processutrustningen med styrsystem har en stor mängd inbyggda barriärer och säkerhetsfunktioner. Verksamheten kommer parallellt med den fortsatta detaljprojekteringen anläggningen att ta fram och dokumentera rutiner. Se handlingsprogrammet och säkerhetsledningssystem för en beskrivning av verksamhetens övergripande rutiner och arbetsprocesser. Notera även att olycksfjärilarna i detta kapitel inte redogör för initierande händelser eller skyddsåtgärder kopplade specifikt till antagonistiska hot utan dessa (skyddsåtgärderna) beskrivs istället på en övergripande nivå i stycke nedan.

Områdets skalskydd omfattar instängsling av hela anläggningen, inpasseringskontroll av fordon, inregistrering av besökare, närvaroregistrering för anställda samt begränsad/särskild åtkomst till kritiska ytor/system/processer. Gasum utför kontinuerliga riskbedömningar avseende antagonistiska hot, bland annat kopplat till transport och förvaring av farligt gods. Gasum har även en IT-policy och arbetar aktivt med IT-säkerhet. Inga säkerhetskritiska system bedöms kunna slås ut via IT-attacker men leveransförmåga kan påverkas. Om anläggningen måste stängas ned kan kontrollerade utsläpp genomföras. Sabotage och antagonistiska händelser kommer i övrigt beaktas av verksamheten via sekretessbelagda dokument och redovisas inte ytterligare i denna rapport.

6 DISKUSSION

Inledningsvis i detta kapitel redogörs för de osäkerheter som resultatet av riskbedömningen är förenande med samt hur dessa har hanterats. Därefter presenteras en känslighetsanalys som visar hur resultatet skulle påverkas om en "varm" BLEVE av lagringstanken med LBG återigen inkluderas som ett trovärdigt scenario. Vidare beskrivs användningen och förekomsten av LNG/LBG-anläggningar i Sverige. Avslutningsvis diskuteras vilket riskhanteringsavstånd som bör tillämpas gentemot verksamheten i samband med framtida detaljplanering samt återstående arbete och utredningar innan driftsättning.

6.1 OSÄKERHETER

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

- Schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar.

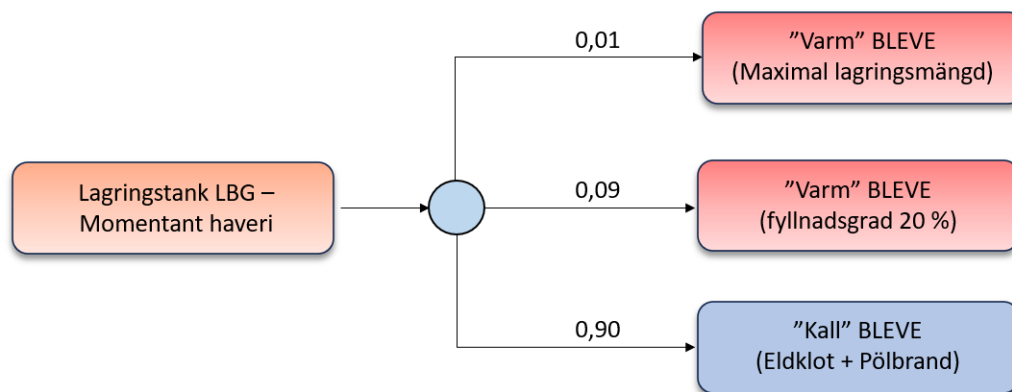
För att anläggningens riskpåverkan på omgivningen inte ska underskattas har ett flertal konservativa antaganden gjorts under riskbedömningen gång, exempelvis:

- Brännbara gasmoln antas antändas vid maximal utbredning.
- Programvaran (ALOHA, version 5.4.7) som nyttjas för simuleringarna beaktar inte temperaturhöjningen som sker i gasmolnet när det blandas med omgivande luft. Plymer med avdunstad metan vars temperatur överstiger -110 °C kan förväntas stiga uppåt vilket begränsar konsekvensområdet i det verkliga fallet.
- Spridningsmodellen som används underskattar den turbulens och utspädningseffekt som fysiska objekt i omgivningen kommer att medföra. Detta innebär i sin tur att gasmolnens utbredning överskattas.

Då riskbedömningen utgår ifrån ett flertal konservativa ingångsvärden samt inkluderar olycksscenarier som bedöms utgöra *rimliga värsta tänkbara fall* för förekommande processutrustning bedöms behovet av känslighetsanalyser vara lågt. I avsnitt 6.2 genomförs dock en känslighetsanalys där scenariot *momentant haveri av lagringstank för LBG*, precis som i tidigare version (2024-04-25) av riskbedömningen, antas yttra sig som en "varm" BLEVE.

6.2 KÄNSLIGHETSANALYS – "VARM" BLEVE

I detta avsnitt redovisas en känslighetsanalys avseende hur anläggningens riskpåverkan på omgivningen skulle förändras när en "varm" BLEVE av den dubbelmantlade och vakuumisolerade lagringstanken för LBG antas vara realistiskt scenario. I Figur 37 redovisas beaktade delscenarier i känslighetsanalysen för scenariot *lagringstank med LBG – momentant haveri*, beroende på bland annat om tankens säkerhetsventiler fungerar vid olyckstillfället eller ej.



Figur 37. Beaktade delscenarier vid känslighetsanalysen avseende lagringstanken för LBG.

I 90 % av fallen antas haveriet föräntas av mekanisk påverkan på tanken och följer då logiken i grundberäkningen där scenariot modelleras som en "kall" BLEVE (eldklot + pölbrand). I 9 % av fallen antas haveriet uppstå till följd av extern brandpåverkan på lagringstanken under en längre tid¹⁹. Dvs. i detta fall antas säkerhetsventilen fungera varvid haveriet först inträffar när vätskenivån i tanken blir så pass låg (~20 % fyllnadsgrad) att denna inte längre förmår att kyla mantelytan [44]. Scenariot yttrar sig i detta fall som en "varm" BLEVE där 20 % av lagringsmängden omsätts i eldklotet. I 1 % av fallen antas haveriet föräntas av extern brandpåverkan men säkerhetsventilen antas felfunkera och hela den maximala lagringsmängden i tanken involveras då i olycksförloppet ("varm" BLEVE).

I Figur 38 syns den sammanlagda individrisknivån för anläggningen när scenariot *momentant haveri av lagringstank med LBG* modelleras enligt delscenarierna i Figur 37. Skillnaden mot grundberäkningen i Figur 25 är att området som omfattas av en individrisknivå inom nedre ALARP (gul markering) har utökats och omfattar nu en längre delsträcka av Länsväg 1343 samt avfarten från E22. Notera dock återigen att markanvändningen trafik generellt kan anses vara tolerabel inom områden oacceptabel individrisk i kontexten samhällsplanering intill transportleder för farligt gods (RIKTSAM). Notera även att gränsen för oacceptabel individrisk i RIKTSAM uppgår till 10^{-5} per och att individrisken inom de gula områdena i Figur 38 är som högst 10^{-7} per år. Dvs. anläggningens riskpåverkan på länsvägen och påfarten är minst en faktor 100 lägre än vad som normalt sett anses vara tolerabelt.

I övrigt indikerar beräkningen att samtliga bostadshus i omgivningen, bullhållplatserna samt Ekerödsrasten fortsatt hamnar utanför anläggningens förväntade påverkansområde vad gäller förhöjd individrisk (dvs. inom ALARP eller högre). Föregående kan även uttryckas som att samtliga av de nämnda skyddsvärda objekten hamnar inom områden där anläggningens riskpåverkan ska betraktas som acceptabel eller försumbar utifrån värderingskriterierna.

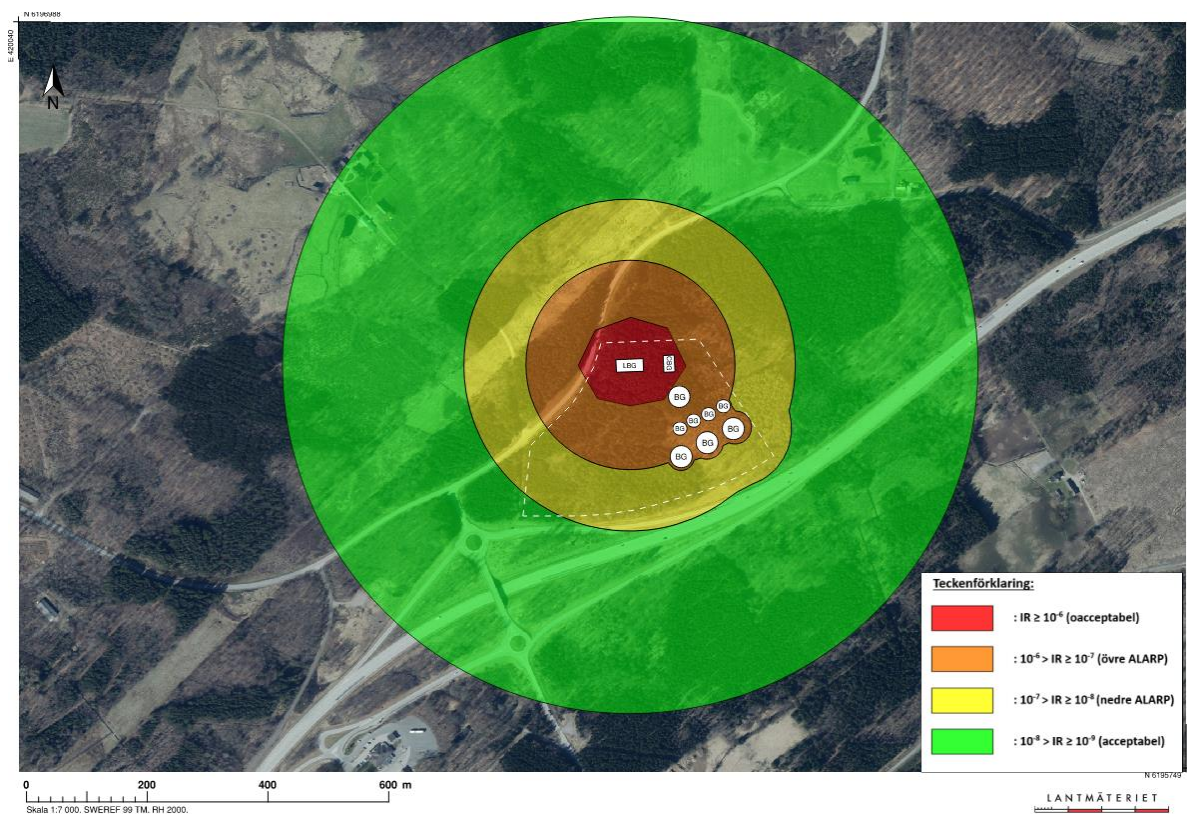
Notera att ovanstående inte ska tolkas som att dessa skyddsvärda objekt aldrig skulle kunna påverkas vid händelse av en olycka inom anläggningen. Riskområdet för allvarig personskada vid scenariot med relativt störst konsekvensområde i känslighetsanalysen, *momentant haveri av lagringstanken med LBG* ("varm" BLEVE) där säkerhetsventilerna har felfungerat, uppgår exempelvis till cirka 740 meter²⁰, se Figur 40. Sannolikheten för att förolyckas inom de grönmarkerade områden i Figur 38 är dock så pass liten att risken blir acceptabel.

¹⁹ Praktiska försök indikerar att värmeisolerade transporttankar med säkerhetsventiler behöver utsättas för kraftig extern brandpåverkan under 90 minuter innan en BLEVE inträffar [33]. Tankarna i dessa försök var dessutom enkelmantlade, dvs. vakuumisolerade dubbelmantlade tankar för LBG kan tänkas medge en ännu högre skyddsnivå. Givet tidsfördröjningen kan förutsättningar för att hinna utrymma riskområdet innan tanken briserar förväntas vara goda. Därav har frekvensen för scenariot reducerats med en faktor 0,1 i förhållande till föregående version av riskbedömningen (2024-04-25), dvs. i 9 fall av 10 antas en lyckad utrymning av riskområdet hinna ske innan tanken brister till följd av extern brandpåverkan. "9 %" i Figur 37 är således produkten av sannolikheten för att säkerhetsventilen fungerar (99 % av fallen) multiplicerat med sannolikheten för att utrymning ej hinner ske (10 % av fallen).

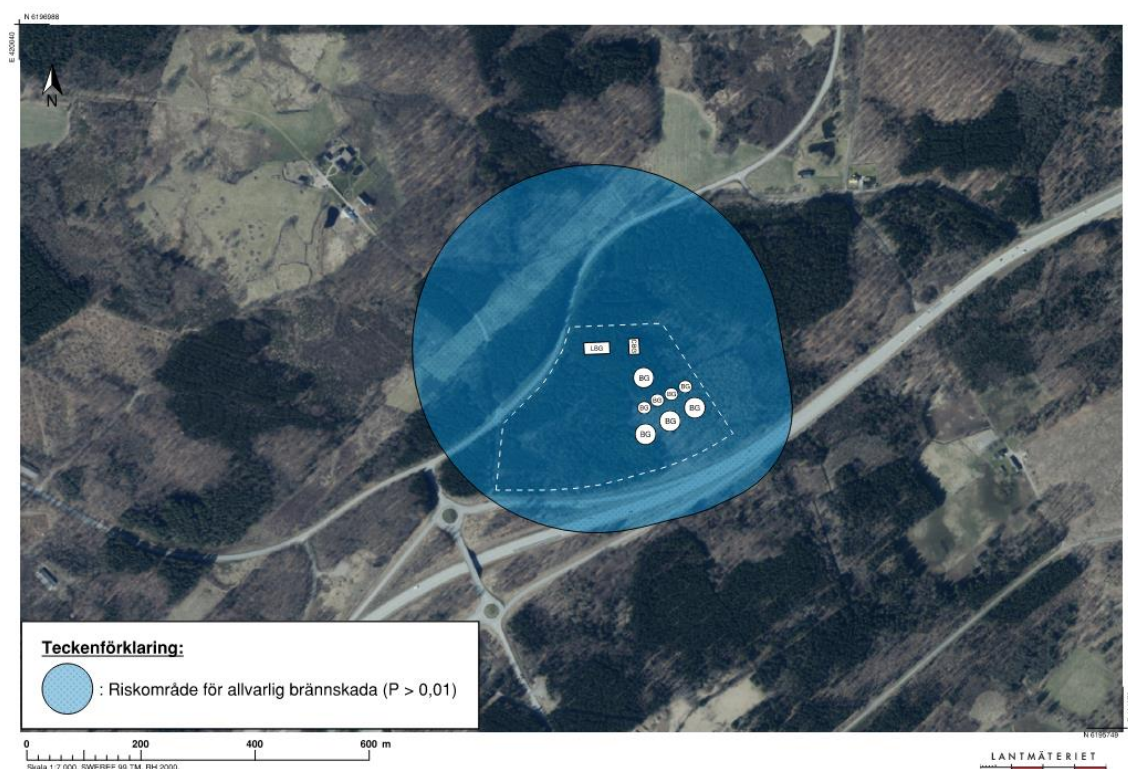
²⁰ Mottagen strålningsdos vid detta avstånd givet oskyddad utomhusvistelse motsvarar utifrån probitfunktionen i CPR 16E att sannolikheten för att erhålla en andra gradens brännskada uppgår till 1 %.

Inom dessa områden är sannolikheten att förolyckas till följd av olyckor inom anläggningen lägre än 10^{-8} per år vilket kan tänkas motsvara eller understiga sannolikheten att träffas av ett störtande flygplan (se Figur 24). Notera vidare att den generella sannolikheten för att träffas av blixten uppgår till 10^{-7} per år enligt Figur 24. Det skulle således vara 10 gånger mer sannolikt att en person som vistas inom de grönmarkerade områdena i Figur 38 förolyckas till följd av ett blixtnedslag inom området än på grund av en olycka inom anläggningen.

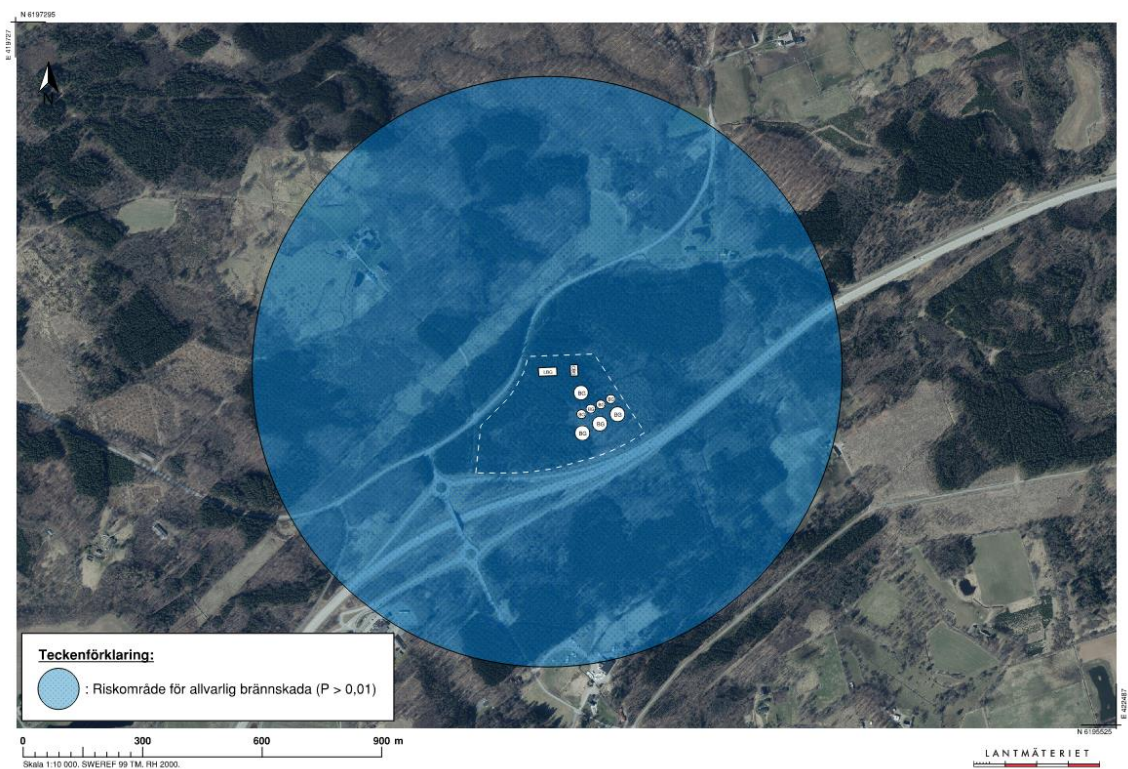
Sammantaget indikerar känslighetsanalysen att anläggningens riskpåverkan på omgivningen förblir acceptabel även när riskbedömningen tar höjd för olycksförlopp som möjligtvis kan anses vara oskäligt konservativa sett till planerade skyddsåtgärder.



Figur 38. Känslighetsanalys - Individrisknivån som hanteringen av biogas (BG, rågas), LBG och CBG inom verksamhetsområdet beräknas ge upphov till när "varm" BLEVE av lagringstanken för LBG inkluderas i analysen (Skala 1:7 000, grundkarta från Lantmäteriet).



Figur 39. Riskområden inom vilket sannolikheten för att erhålla andra gradens brännskada överstiger 1 % vid scenarierna *momentant haveri av lagringstank av LBG (BLEVE) där säkerhetsventilerna har fungerat samt momentant haveri av rötkammare 2 (Eldklot)*. Brinntiden vid BLEVE-scenariot uppgår till ~12 sekunder, vid en exponeringstid på 12 sekunder uppskattar probitfunktionen i CPR 16E att sannolikheten för att erhålla en allvarig brännskada överstiger 1 % när den infallande värmestrålningen är 13,6 kW/m² eller högre.



Figur 40. Riskområden inom vilket sannolikheten för att erhålla andra gradens brännskada överstiger 1 % vid scenariot *momentant haveri av lagringstank av LBG (BLEVE) där säkerhetsventilerna har felfungerat*. Radien på det cirkulära området uppgår till 740 meter. Brinntiden vid BLEVE-scenariot uppgår till ~18 sekunder, vid en exponeringstid på 18 sekunder uppskattar probitfunktionen i CPR 16E att sannolikheten för att erhålla en allvarig brännskada överstiger 1 % när den infallande värmestrålningen är 10,4 kW/m² eller högre.

6.3 ANVÄNDNINGEN AV LNG/LBG I SAMHÄLLET

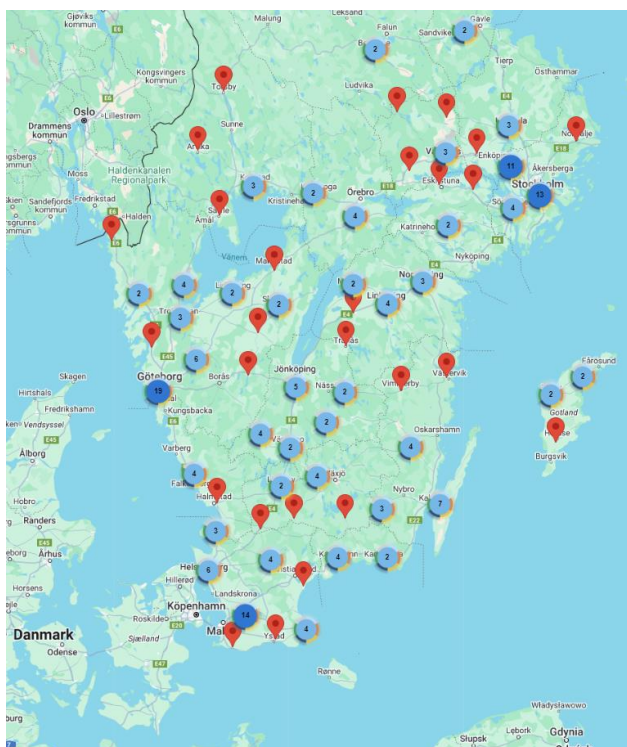
Den begränsade utbyggnaden av distributionsnät för naturgas/biogas innebär att det krävs lagringskapacitet för flytande metan i det fall man som verksamhetsutövare avser använda metan i större mängder. Lagring av flytande metan sker enligt praxis i trycksatta tankar som är dubbelmantlade och vakuumisolerade. Nedan beskrivs användning av flytande metan i samhället i dagsläget. Informationen är hämtad från Energigas Sverige [55].

Naturgas används framförallt som bränsle inom industrin, för kraft- och fjärrvärmeproduktion, som fordonsbränsle och i hushållen. Omkring hälften förbrukas inom industrin, bland annat petrokemiindustrin, livsmedelsindustrin, stål- och metallindustrin är stora användare.

Naturgas kan användas som ersättning för i stort sett alla fasta och flytande bränslen i olika förbränningssammanhang. Genom sin enkla kemiska sammansättning är naturgasen lätt att förbränna och ger mycket små utsläpp av skadliga ämnen jämfört med andra bränslen. Genom att bränna naturgas i en gasturbin som är ansluten till en generator kan man framställa el.

Naturgas kan också användas för fordonsdrift och kallas då fordonsgas. Fordonsgas kan bestå av naturgas eller biogas eller en blandning av dessa. Det finns en branschgemensam överenskommelse att andelen biogas i fordonsgasen ska vara minst 50 %. Biogasandelen har ökat årligen och under 2017 utgjorde biogasandelen hela 90 % av all fordonsgasanvändning i Sverige. Fordonsgasen komprimeras till högt tryck, cirka 200 bar, innan den tankas i fordon speciellt anpassade för gasdrift. Personbilar kan köras på både fordonsgas och bensin, medan tyngre fordon som lastbilar och bussar enbart är anpassade för gas. För tunga långväga transporter på väg används flytande fordonsgas, (LNG/LBG).

Användningen ökar nu kraftigt i Sverige i takt med pågående utbyggnad av tankställen och LBG-produktion. Flytande biogas kan också användas till sjöfart. EU satsar stora pengar på teknikutveckling och infrastruktur för LNG. Idag finns ett 30-tal LNG-terminaler i Europa och fler planeras. I Sverige finns det i dagsläget två LNG-terminaler, i Nynäshamn och Lysekil.



Figur 41. Tankstationer i Sverige för gasformigt och/eller flytande metan (Bild: Energigas Sverige)

På grund av ovanstående blir anläggningar för hantering av flytande metan mer och mer vanliga ute i samhället i form av tankstationer. I dag finns det över 200 publika tankställen för fordonsgas, se Figur 41, som försörjer nästan 55 000 fordon. Lagringscisterner vid de publika tankstationerna är förvisso relativt mindre än den som Gasum avser att uppföra men rymmer fortfarande ansevärda mängder LNG/LBG²¹.



Figur 42 Exempel på lagringsanläggning för flytande metan, i form av publik tankstation lokaliserad i Norrköping. (Gasum.com)

6.4 FÖRSLAG PÅ RISKHANTERINGSAVSTÅND

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har gett ut vägledningen *Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering* [2]. Med storskalig kemikaliehantering avses i huvudsak verksamheter som omfattas av Sevesolagstiftningen och/eller 2 kap. 4 § i Lagen om skydd mot olyckor (2003:778). Vägledningen beskriver hur risker kopplat till storskalig kemikaliehantering kan hanteras vid etablering av nya verksamheter samt vid exploatering i nära anslutning till dessa. Vägledningens syfte är i första hand att vägleda i beslut enligt PBL.

Vägledningen fastställer att mark inom 100 meter från en Sevesoverksamhets fastighetsgräns generellt inte ska planläggas för etablering av ny bebyggelse för annat än industriändamål [2]. Vidare bör ett riskhanteringsavstånd för verksamheten upprättas. Riskhanteringsavståndet representerar det avstånd från fastighetsgränsen inom vilket en olycka kan förorsaka dödsfall eller allvarliga skador på människor i omgivningen.

Baserat på genomförda konsekvensmodelleringar rekommenderas att kommunen upprättar ett riskhanteringsavstånd på 300 meter²² gentemot den planerade biogasanläggningen. Riskhanteringsavståndet ska mätas från fastighetsgränsen och kan bland annat redovisas i kommunens översiktsplan.

²¹ Cisternen i Figur 42 rymmer exempelvis omkring 89 m³ LNG/LBG vilket kan jämföras mot de omkring 290 m³ som den planerade lagringscisternen inom verksamhetsområdet dimensioneras för.

²² Rekommendationen baseras på maximalt utbredningsområde av brännbart gasmoln, se Figur 30.

Framtida detaljplaner inom detta riskhanteringsavstånd behöver utreda lämpligheten med markanvändningen med hänsyn till riskpåverkan från biogasanläggningen/LBG-cistern. Riskhanteringsavståndets funktion är alltså att tydliggöra inom vilket avstånd riskpåverkan från anläggningen behöver tas i beaktande. Själva riskhanteringsprocessen ska således genomföras inom ramen för den då aktuella detaljplanen.

6.5 FORTSATT ARBETE

Aktuell riskbedömning utgör underlag till verksamhetens säkerhetsrapport och tillståndsansökan enligt miljöbalken samt den detaljplan som Hörby kommun tar fram. Hanteringen av brandfarlig gas (rågas, CBG, LBG) inom verksamheten kommer även att omfattas av lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor (LBE). Gasum kommer således att behöva erhålla ett tillstånd för hantering av brandfarliga och explosiva varor ("LBE-tillstånd") innan verksamheten får tas i drift.

Vidare medför klassningen enligt Sevesolagstiftningens högre kravnivå att verksamheten per automatik kommer att utgöra en så kallad *farlig verksamhet* enligt lag (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO). Gasum behöver därmed enligt LSO 2 kap. 4 § ta fram en riskanalys för farlig verksamhet innan driftsättningen. Syftet med den riskanalysen är att avgöra skälig omfattning av verksamhetens egen beredskap för att hantera och begränsa konsekvenserna av olyckor. Vidare kan analysen ligga till grund för räddningstjänstens insatsplanering. Exempelvis utröna vilka områden som behöver spärras av eller inrymmas vid händelse av överhängande risk olycka/utsläpp inom verksamheten. Notera att de konsekvensberäkningar som genomförs inom ramen för aktuell riskbedömning, se exempelvis Figur 29 och Figur 30, kan ligga till grund kommande beredskapsplanering.

7 SLUTSATS

Genomförd riskbedömningen indikerar att den planerade anläggningens omgivningspåverkan är acceptabel ur ett riskhänseende. Beräkningarna indikerar att samtliga bostadshus i omgivningen samt Ekerödsrasten med betydande marginal ligger bortom anläggningens förväntade påverkansområde med avseende på individrisk. Tilltänkt lokalisering och utformning av anläggning medför betryggande skyddsavstånd gentemot tredje man och risken för allvarlig personskada eller dödsfall i omgivningen vid händelse av olycka bedöms vara mycket låg. Riskbedömningen av följdverksamheten indikerar att två busshållplatser kan få en något förhöjd individrisknivå (nedre ALARP-området) till följd av etableringen. I båda fallen är det dock frågan om tillfällig vistelse under begränsande delar av dygnet varvid denna riskökning anses vara acceptabel. Möjlig påverkan på miljö vid olyckor inom anläggningen bedöms i huvudsak utgöras av spridning av kontaminerat släckvatten efter en räddningsinsats. Förslag på åtgärder och strategier för hantering av släckvatten inom verksamhetsområdet behandlas i en separat utredning

Av upprättad olycksfjärlsanalys kan konstateras att branschnormerna behandlar riskreducerande åtgärder för samtliga identifierande typscenarier. Åtgärderna är både förebyggande och skadebegränsande. Åtgärder finns i samtliga kategorier; tekniska och organisatoriska, aktiva och passiva, vilket innebär att utformningen bör betraktas som robust. Risken för interna dominoeffekter bedöms vara acceptabel givet att ett skyddsavstånd på minst 30 meter upprätthålls mellan CBG-lager och övriga anläggningsdelar. Skyddsavståndet bedöms kunna reduceras givet brandavskiljning i minst EI 60 men denna behöver då utformas så att avskiljningen blockerar jetflammar från CBG-lagret, se avsnitt 4.5 för vidare beskrivning av detta funktionskrav.

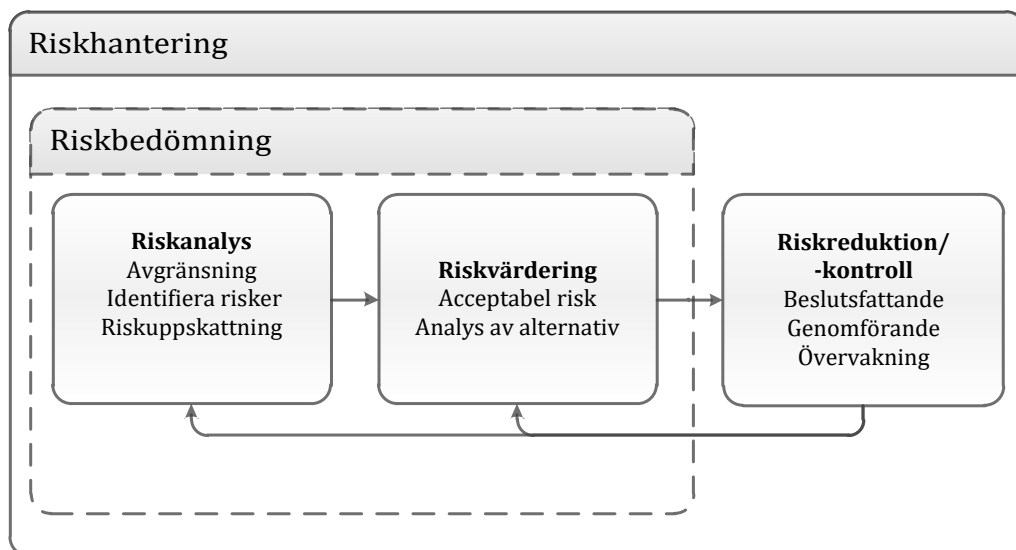
BILAGA A. RISKANALYSMETODER

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

A.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.

Risikanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [56] [57], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 32. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.



Figur 43. Riskhanteringsprocessen.

Efter att riskerna analyserats görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas riskreduktion/ riskkontroll. I det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

A.2. RISKANALYSMETODER

Vad gäller riskanalysmetoder skiljer man ofta på kvalitativa, semi-kvantitativa och kvantitativa metoder enligt nedan. I denna utredning tillämpas en kvantitativ metod.

A.2.1 Kvalitativa metoder

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten. Eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra, görs inget försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall [58]. Inom de kvalitativa metoderna ryms även logiska resonemang.

A.2.2 Semi-kvantitativa metoder

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ. En riskmatris är ett exempel på ett semi-kvantitativt verktyg [58].

A.2.3 Kvantitativa metoder

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [59].

A.3. TERMINOLOGI

I samband med hantering av risker används en rad olika begrepp. Utöver de begrepp som beskrivs ovan används i denna rapport en del begrepp från *Lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa allvarliga kemikalieolyckor*, dessa beskrivs nedan:

Allvarlig kemikalieolycka är en olycka med ett eller flera farliga ämnen inblandade. Det kan röra sig om utsläpp, brand eller explosion som orsakas av ett okontrollerat händelseförlopp i samband med driften av en verksamhet. En allvarlig kemikalieolycka medför omedelbar eller fördröjd fara för människors hälsa, inom eller utom verksamheten, eller för miljön. Denna definition används i Sevesolagen (SFS 1999:381).

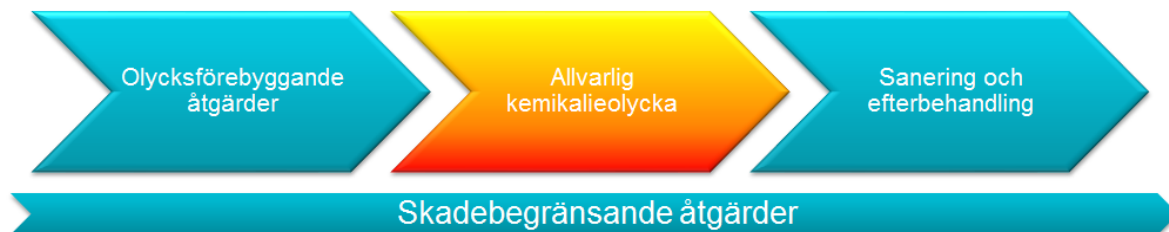
Olycksförebyggande åtgärder skall förhindra att en olycka sker och kan vara av teknisk eller organisatorisk karaktär. Tillförlitligheten på åtgärderna beror ofta på den mänskliga faktorn. Därför är regelbunden repeterande utbildning med kunskapskontroll viktig. Med tid och engagemang kan rutiner och kontrollprogram förbättra säkerhetsnivån avsevärt. Det är även viktigt att informationen i rutinerna är tydlig och kommunikationen strikt.

Skadebegränsande åtgärder skall förhindra storleken på en skadehändelse. De kan vara rutiner som insatsplaner, men är framförallt teknisk utrustning och installationer. Om en olycka sker trots de olycksförebyggande åtgärderna är det viktigt att de skadebegränsande åtgärderna har hög tillförlitlighet. Eftersom teknisk utrustning och installationer ofta är dyra måste de åtgärder som ger störst effekt prioriteras först.

Säkerhetsarbete är ett arbete som syftar till att utreda riskförhållanden och genom olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder minimera sannolikheten för och följderna av olyckor som kan medföra negativa konsekvenser för människor, miljö och egendom.

Tillbud är ett händelseförlopp som kunde ha medfört en skada. En skadehändelse av mindre omfattning kan ofta ses som ett tillbud till en större olycka.

Riskreducerande åtgärder Olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder samt saneringsåtgärder är riskreducerande åtgärder som vidtas innan, under eller efter en olycka. Dessa åtgärder kan karaktäriseras i tidsplanet enligt .



Figur 44. Skadebegränsande åtgärder kan vidtas både före och efter en olycka.

A.4. DEFINITIONER

1:a person:	Arbetade personer inom den studerade verksamheten. Kan även inkludera verksamhetsutövare inom en gemensam industripark. Begreppet omfattar även tillfälliga personer så som chaufförer och entreprenörer som utför uppdrag på verksamheten.
2:a person:	Avser arbetande person på intilliggande industrier, kontor och dylikt utanför den studerade verksamheten.
3:e person:	Avser människor i allmänheten som uppehåller sig eller bor utanför det studerade verksamhetsområdet.
ALARP:	As Low As Reasonably Practicable (ALARP) är ett begrepp som utgår ifrån att risker ska reduceras så långt som är praktiskt och ekonomiskt rimligt.
FAR:	FAR (Fatal Accident Rate) är ett riskmått för arbetstagare, dvs. 1:a person. FAR definieras som antalet dödsfall till följd av olyckor under 100 miljoner exponerade timmar.
Individrisk:	För 3:e personer avser detta risken att omkomma för en hypotetisk person som antas vistas kontinuerligt och oskyddad på en specifik plats, till exempel på ett visst avstånd från en studerad riskkälla (industri eller transportled).
LFL:	LFL (Lower Flammability Limit), undre brännbarhetsgräns (tidigare benämnt undre explosionsgräns). Avser den nedre begränsningen av koncentrationsintervallet inom vilken en blandning mellan en brännbar gas och luft är brännbar. Om koncentrationen av den brännbara gasen i luftblandningen understiger LFL så finns det inte tillräckligt med bränsle för att underhålla förbränningsförloppet.
UFL:	UFL (Upper Flammability Limit), övre brännbarhetsgräns (tidigare benämnt övre explosionsgräns). Avser den övre begränsningen av koncentrationsintervallet inom vilken en blandning mellan en brännbar gas och luft är brännbar. Om koncentrationen av den brännbara gasen i luftblandningen överstiger UFL så finns det inte tillräckligt med syre för att underhålla förbränningsförloppet.
QRA:	Quantitative Risk Analysis (Kvantitativ riskanalys)

BILAGA B. RISKREGISTER

I Tabell 10 redovisas riskregistret för anläggningen.

Tabell 10. Riskregister för anläggningen.

ID	Anläggningsdel	Utrustning	Identifierade olycksscenarier
1.	Transporter	LBG-tankbil	Trafikolycka med LBG-transporter med efterföljande utsläpp, brandpåverkan på tank.
		CBG-gasflaskor under transport	Trafikolycka med CBG-transporter; Läckage/bristning av gasflaska med CBG.
2.	Personalbyggnad	-	N/A*
3.	Vågstation	-	N/A*
4.	Mottagningshall	-	N/A*
5	Servicebyggnad (luktande substrat)	-	N/A*
6	Plansilo (ej luktande substrat)	Silo med fast tak	Brand i substrat till följd av biologisk nedbrytning (självantändning) eller extern brandpåverkan.
7	Biogödseltank	Lagringstank	Självantändning möjligt men förekommer endast begränsande mängder brännbar gas (metan) i tanken.
8	Processbyggnad	-	Omfattande brand i byggnad till följd av självantändning av substrat eller fordonsfel.
9	Bufferttank	Lagringstank	Självantändning möjligt men förekommer endast begränsande mängder brännbar gas i tanken.
10	Rötkammare 1	Rötkammare	Utsläpp av biogas på grund exempelvis materialfel, handhavandefel, mekanisk påverkan (påkörning), övertryck eller blixtnedslag.
11	Rötkammare 2	Gasklocka	Utsläpp av biogas på grund exempelvis materialfel, handhavandefel, mekanisk påverkan (påkörning), blixtnedslag eller övertryck.
12	Bufferttank	Gasklocka	Utsläpp av biogas på grund exempelvis materialfel, handhavandefel, mekanisk påverkan (påkörning), blixtnedslag eller övertryck.
13	Substrattank	Lagringstank	Självantändning möjligt men förekommer endast begränsande mängder brännbar gas (metan) i tanken.
14	Biogödsellager	Lagringstank	Självantändning möjligt men förekommer endast begränsande mängder brännbar gas (metan) i tanken.
15	Yta för vattenhantering	-	N/A*

ID	Anläggningsdel	Utrustning	Identifierade olycksscenarier
16	Hygienisering		Självantändning möjligt men förekommer endast begränsande mängder brännbar gas (metan) i utrustningen.
17	Uppgraderingsanläggning	Processutrustning med uppgraderad biogas	Utsläpp av biogas på grund exempelvis materialfel, handhavandefel eller mekanisk påverkan (påkörning).
		Absorptionstorn	Läckage av absorptionsvätska (amin) pga. materialfel eller handhavandefel i samband med underhållsarbeten.
18	Förvätskningsanläggning	Processutrustning med uppgraderad biogas	Utsläpp av biogas på grund exempelvis materialfel, handhavandefel eller mekanisk påverkan (påkörning).
		Kylanläggning med 25-125 kg köldmedium	Läckage av köldmedium (ammoniak) på grund materialfel eller handhavandefel.
19	LBG-anläggning	Lagringstank med drygt 125 ton LBG	Omfattande skador och utsläpp från tank till följd av mekanisk påverkan (påkörning), materialfel, extern brandpåverkan eller tryck- och splitterpåverkan från en explosion inom en annan del av anläggningen.
		Lossningsstation	Utsläpp av LBG i samband med lossning från lagringstanken till följd av materialfel.
20	CBG-lager med gasflaskor	Gasflaskor med CBG, 250 bar.	Läckage/bristning av gasflaska till följd av mekanisk påverkan eller kraftig extern upphettning.
21	Biobränslepanna	Bränsleupplag (pellets)	Brand i bränsleupplag till följd av biologisk nedbrytning (självantändning), blixtnedslag eller extern brandpåverkan.
		Panna	Felfunktion som medför tryckupbyggnad i utrustningen och därigenom risk för explosion.
22	Fackla	Fackla	Inga allvarliga skadehändelser har identifierats men objektet utgör en möjlig tändkälla.
23	Luktbehandling	-	N/A*
24	Järnkloridtank	Lagringstank	Omfattande skador och utsläpp från tank till följd av mekanisk påverkan (påkörning), materialfel eller tryck- och splitterpåverkan från en explosion inom en annan del av anläggningen.
25	Dag-/släckvattenmagasin	-	N/A*
26	Separering biogödsel	-	N/A*
27	Dag-/släckvattenmagasin	-	N/A*

BILAGA C. TIDIGARE INTRÄFFADE OLYCKOR

I Tabell 11 redovisas några exempel på tidigare inträffade olyckor relaterade till hantering av biogas som har rapporterats in i någon av olycksdatabaserna som nämns i avsnitt 3.3.5.

Tabell 11. Exempel på tidigare inträffade olyckor relaterade till hantering av biogas.

Plats och år	Händelse	Mängd
Sverige 2021	Flytande biogas sprutade ut ur en ventil på en tank när en ovan chaufför öppnat fel ventil på tanken vid lastning. Ingen skadades.	-
Sverige 2015	Brand i lastmaskin på biogasanläggning till följd av glödbland i växtmassa ansamlad i motorrummet. Ingen skadades.	-
Sverige 2009	Läckage från biogasledning i mark på grund av korrosion. Ingen skadades.	-
Sverige 2008	En gasexplosion inträffade i ett elrum i en byggnad där rågas renas till biogas efter att en tryckökning i tilloppsledningen medfört att gasen spridits via en kondensatbrunn till markbädden under elrummet. Delar av omslutande väggar trycktes ut vid explosionen. Ingen efterföljande brand och inga personskador.	-
Europa 2019	Underhållsarbete startade en brand på en biogasanläggning i en fermentor som sedan spred sig. Ingen skadades.	-
Europa 2018	Blixtnedslag orsakar brand på biogasanläggning. Ingen skadades.	400 kg
Europa 2017	Två uppblåsbara tak och gasmembran gick sönder i ett oväder med starka vindar och stora mängder biogas läckte ut. Ingen skadades.	18 000 kg
Europa 2017	Starka vindar (upp till 150 km/h) medför att en portalkran välter och skadar en rörledningsbrygga från en tank med LNG. Stort efterföljande utsläpp av LNG som resulterar i egendomsskador men inga personskador eller dödsfall.	27 800 kg

BILAGA D. FREKVENSBERÄKNINGAR

I denna bilaga redovisas de ingångsvärden som har använts för att uppskatta anläggningens och följdverksamhetens omgivningspåverkan.

D.1. GRUNDBERÄKNING

Grundfrekvenser är hämtade från *Bevi Risk Manual*, utgiven av RIVM²³, vilket är en vägledning som beskriver hur kvantitativa riskanalyser för industrianläggningar bör genomföras. I vägledningen redovisas, utöver ett antal typscenarier, även generiska olycksfrekvenser samt utsläppsmängder. *Bevi Risk Manual* behandlar dock enbart risker inom industrianläggningar. Risker förknippade med transporter av LBG och CBG värderas utifrån typscenarierna och olycksfrekvenserna i publikationen *Land transport accident statistics* [27] som getts ut av OGP²⁴. I Tabell 12 sammanställs de ingångsvärden som används vid beräkningen av olycksfrekvenser för processutrustning inom verksamhetsområdet. Grundfrekvensen i kombination med exponeringsvariabeln ger olycksfrekvens för respektive scenario.

Tabell 12. Ingångsvärden till frekvensuppskattning för dimensionerade skadehändelser inom verksamhetsområdet.

Scenario	Grundfrekvens	Exponeringsvariabel	Olycksfrekvens	Varaktighet (sekunder)	Massflöde
Lagringstank LBG - Momentant utsläpp av hela innehållet	$5 \cdot 10^{-7}$ per tank och år	1 tank	$5 \cdot 10^{-7}$ per år	N/A	125 000 kg/s
Hela tankens innehåll har släppts ut efter 10 minuter (LBG)	$5 \cdot 10^{-7}$ per tank och år	1 tank	$5 \cdot 10^{-7}$ per år	600	~210 kg/s
Fullständigt slangbrott på överföringsledning (LBG)	$9,7 \cdot 10^{-8}$ per lossningstillfälle	730 lossningstillfällen per år	$7,1 \cdot 10^{-5}$ per år	120	~12 kg/s
Rötkammare 1 – Momentant utsläpp av hela innehållet	$5 \cdot 10^{-6}$ per tank	4 tankar	$2 \cdot 10^{-5}$ per år	N/A	850 kg/s
Rötkammare 2 – Momentant utsläpp av hela innehållet	$5 \cdot 10^{-6}$ per tank	2 tankar	$1 \cdot 10^{-5}$ per år	N/A	5 000 kg/s
Buffertlager – Momentant utsläpp av hela innehållet	$5 \cdot 10^{-6}$ per tank	1 tank	$5 \cdot 10^{-6}$ per år	N/A	7 100 kg/s
Biogödsellager – Momentant utsläpp av hela innehållet	$5 \cdot 10^{-6}$ per tank	1 tank	$5 \cdot 10^{-6}$ per år	N/A	2 200 kg/s
CBG-lager - Flaskruptur	$5 \cdot 10^{-7}$ per flaska	330 flaskor (55 per mobilt gaslager)	$1,65 \cdot 10^{-4}$ per år	N/A	65,5 kg/s
CBG-lager – Fullständigt brott på rörledning (Ø 10 mm).	$1 \cdot 10^{-6}$ per meter ledning och år	240 meter (40 meter ledning per mobilt gaslager)	$2,4 \cdot 10^{-4}$ per år	160*	4,5 kg/s**

* Varaktigheten motsvarar tiden det skulle ta att tömma en sektion av gaslagret (11 sammanlänkande flaskor = Totalt 720,5 kg) givet det initiala massflödet på 4,5 kg/s.

** Initialt massflöde när läckaget uppstår vilket ligger till grund för konsekvensberäkningarna. Massflödet avtar därefter succesivt i takt med att transporttankarna töms varvid riskområdet minskar.

²³ Netherlands National Institute of Public Health and the Environment (RIVM).

²⁴ International Association of Oil & Gas Producers (OGP)

I Tabell 13 redovisas frekvensberäkningarna för transportolyckor.

Tabell 13. Ingångsvärden till frekvensuppskattning för dimensionerade skadehändelser vid transporter av LBG och CBG till och från verksamheten.

Scenario	Grundfrekvens	Exponeringsvariabel	Olycksfrekvens	Varaktighet (sekunder)	Massflöde
Transporter LBG - Punktering av transporttank (Ø 50 mm)	$1,8 \cdot 10^{-8}$ per km	Trafikarbete (730 km per år*)	$1,3 \cdot 10^{-5}$ per år	N/A	13 kg/s**
Transporter CBG - Flaskruptur	$1,8 \cdot 10^{-8}$ per km	Trafikarbete (1095 km per år*)	$2,3 \cdot 10^{-6}$ per år	N/A	61,2 kg/s
Transporter CBG – Brott på gasledning (Ø 10 mm)	$1,8 \cdot 10^{-8}$ per km	Trafikarbete (1095 km per år*)	$2,9 \cdot 10^{-6}$ per år	160	4,5 kg/s**

* Uppskattning baseras på i genomsnitt 2 utgående transporter med LBG och 3 inkommande transporter med CBG per dygn. Transporter antas förekomma 365 dagar per år.

** Initialt massflöde när läckaget uppstår vilket ligger till grund för konsekvensberäkningarna. Massflödet avtar därefter succesivt i takt med att transporttankarna töms varvid riskområdet minskar.

D.2. KÄNSLIGHETSANALYS

I Tabell 14 redovisas frekvensberäkningarna de ”varma” BLEVE-scenarierna i känslighetsanalysen.

Tabell 14. Ingångsvärden till frekvensuppskattningar i känslighetsanalys. Notera att scenariot där säkerhetsventilen fungerar reduceras med ytterligare en faktor 0,1 för att ta höjd för att olycksförloppet i detta fall blir utdraget och en utrymning av riskområdet antas kunna ske i 9/10 fall.

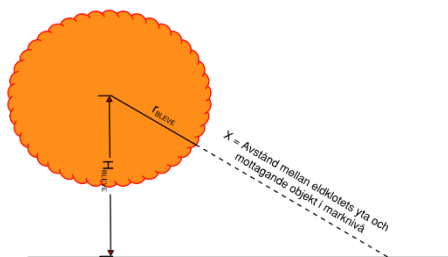
Scenario	Grundfrekvens	Exponeringsvariabel	Olycksfrekvens	Varaktighet (sekunder)	Massflöde
Lagringstank LBG - Momentant utsläpp av hela innehållet + Säkerhetsventiler har fungerat (BLEVE, 20 % av fyllnadsmängden)	$5 \cdot 10^{-7}$ per tank och år $\cdot 0,99$ (säkerhetsventiler har fungerat)	1 tank	$4,95 \cdot 10^{-7}$ per år	N/A	25 000 kg/s
Lagringstank LBG - Momentant utsläpp av hela innehållet + Säkerhetsventiler felfungerar (BLEVE, maximal lagringsmängd)	$5 \cdot 10^{-7}$ per tank och år $\cdot 0,01$ (säkerhetsventiler felfungerar)	1 tank	$5 \cdot 10^{-9}$ per år	N/A	125 000 kg/s

BILAGA E. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

I denna bilaga redovisas resultatet av de genomförda konsekvensberäkningarna och spridningssimuleringarna. För scenarierna som antas yttra sig i en BLEVE eller eldklot beaktas i enlighet med föreslagen beräkningsgång i CPR 16E atmosfärens transmissionsförmåga av värmestrålning. Transmissionsförmågan (T_a) beskriver indirekt hur stor andel av den utfallande strålningen absorberas av omgivande luft när den färdas mellan flammans yta och mottagande objekt. Hur stor andel som absorberas beror approximativt på följande parametrar; avståndet [meter] mellan flamman och mottagande objekt (se illustration i Figur 45), flammans temperatur samt partialtrycket av vattenånga och koldioxid i luften vid olyckstillfället. Partialtrycket av koldioxid i luften är förhållandevis konstant (35-45 N/m²) men partialtrycket av vattenånga varierar med hänsyn till temperatur och luftfuktighet. Därutöver behöver absorptionsfaktorn för vattenånga och koldioxid härledas grafiskt via empiriska data [38]. Det är således inte möjligt att automatisera beräkningen och vissa förenklingar behöver genomföras. Redovisade konsekvensområden för BLEVE-scenarier respektive eldklot nedan baseras på följande schabloniserade reduktion²⁵ av utfallande strålning för att ta höjd för atmosfärens transmissionsförmåga:

- Lagringstank LBG, kall BLEVE 125 ton – Utfallande strålning från eldklot reduceras med en faktor 0,15. Utfallande strålning från pölbrand (2 000 m²) reduceras med en faktor 0,1.
- Lagringstank LBG, BLEVE 125 ton – Utfallande strålning reduceras med en faktor 0,2.
- Lagringstank LBG, BLEVE 25 ton – Utfallande strålning reduceras med en faktor 0,15.
- Process- och lagringskärl för biogas - Momentant haveri – Utfallande strålning reduceras med en faktor 0,1.

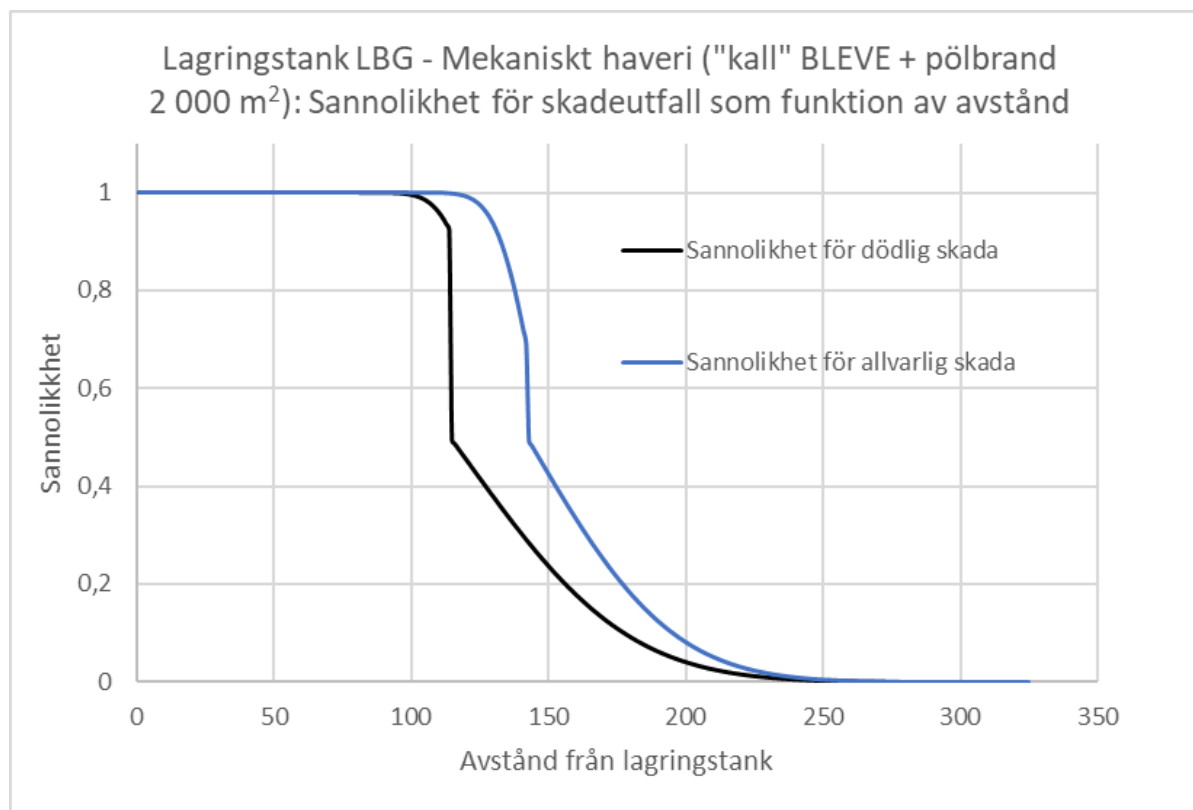
För scenarier som medför relativt mindre pölbränder genomförs ingen reduktion av utfallande strålning med hänsyn till atmosfärens transmissionsförmåga då konsekvensområdet är begränsat till tiotal meter från pölens kant. Effekten av absorptionen blir i dessa fall begränsad men valet att inte inkludera parametern medför sannolikt att konsekvensområdena blir något överskattade. Vidare bör nämnas att den probitfunktion i CPR 16E som nyttjas för att uppskatta sannolikheten för att erhålla brännskador inte tar hänsyn till den skyddseffekt som klädesplagg medför. Dvs. denna förenkling medför indirekt att beräknade konsekvensområden generellt överskattas och en viss säkerhetsmarginal erhålls.



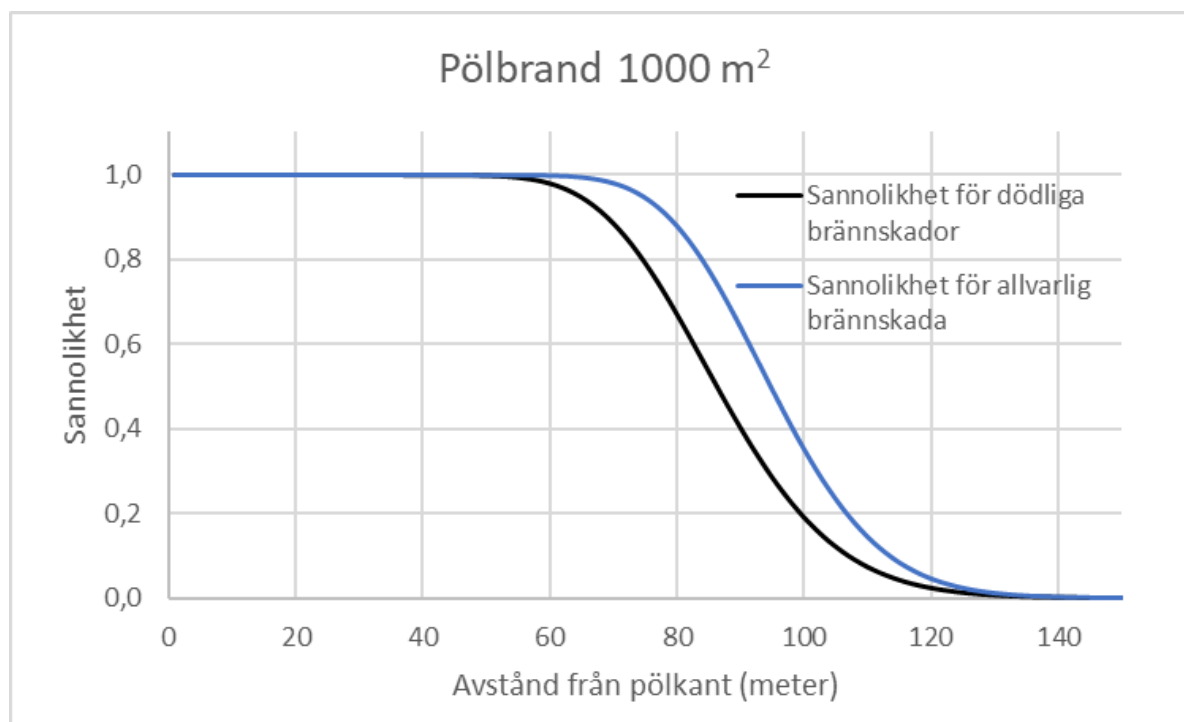
Figur 45. Förenklad illustration över beräkningsmodell vid uppskattning av erhållen dos värmestrålning i marknivå på olika avstånd från ett eldklot.

²⁵ Enligt CPR 16E uppgår flamtemperaturen (T_f) vid pölbränder med LNG till omkring 1500 K [6]. Årsmedeltemperaturen för Hörby är omkring 10 °C och vid en ansatt luftfuktighet om 70 % skulle detta motsvara ett partialtryck av vattenånga på 860 N/m². Under dessa förhållanden kan strax över 20 % av den utfallande värmestrålningen från flammans yta förväntas ha absorberats efter 150 meter (här är det alltså avståndet "X" i Figur 45 som avses). På motsvarande sträcka kan koldioxiden i luften förväntas ha absorberat ~3 % av utfallande strålning.

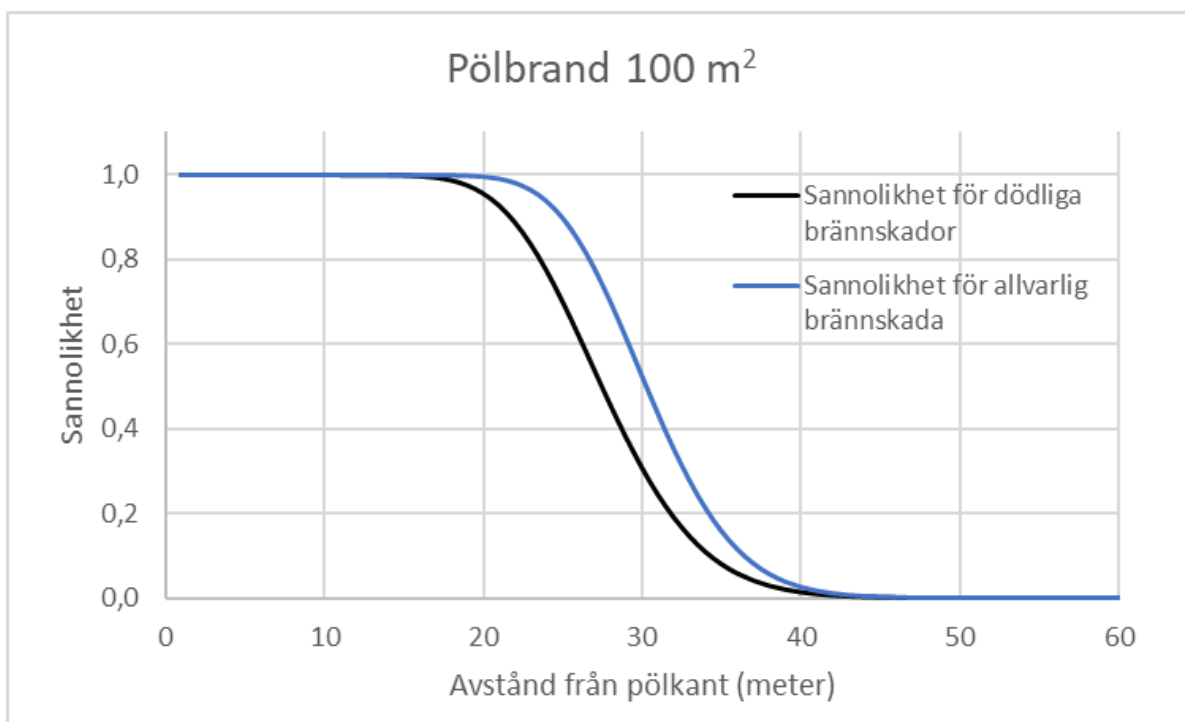
E.1. GRUNDBERÄKNINGAR



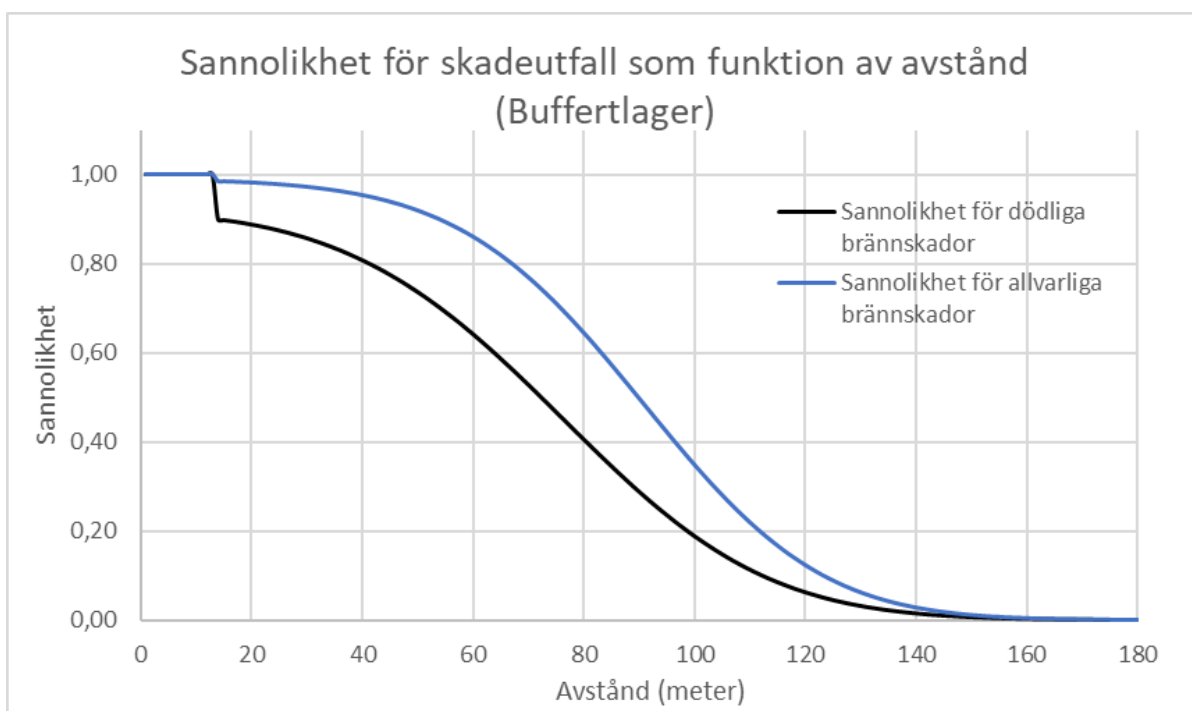
Figur 46. Sannolikhet för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avståndet från lagringstanken med LBG vid ett momentant haveri (eldklot + pölbrand)



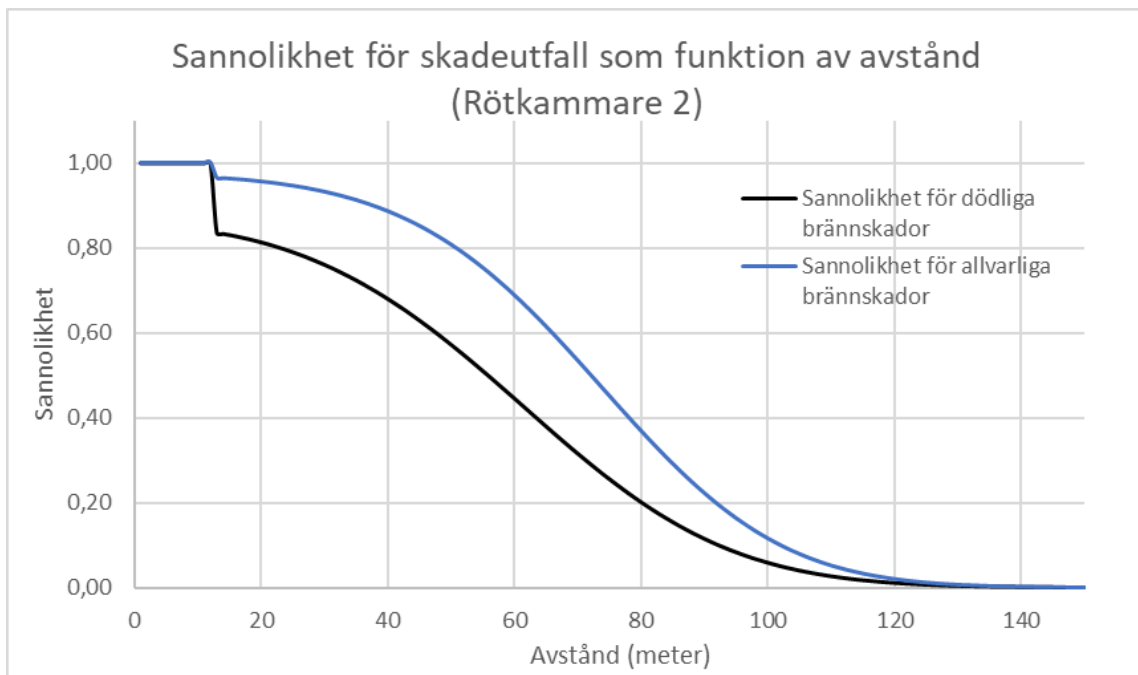
Figur 47. Sannolikhet för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avståndet från pölkant givet en exponeringstid på 60 sekunder. Lagringstank LBG – Hela tanken innehåll har släppts ut efter 10 minuter (Tidig antändning). Pöldiametern uppgår till cirka 36 meter.



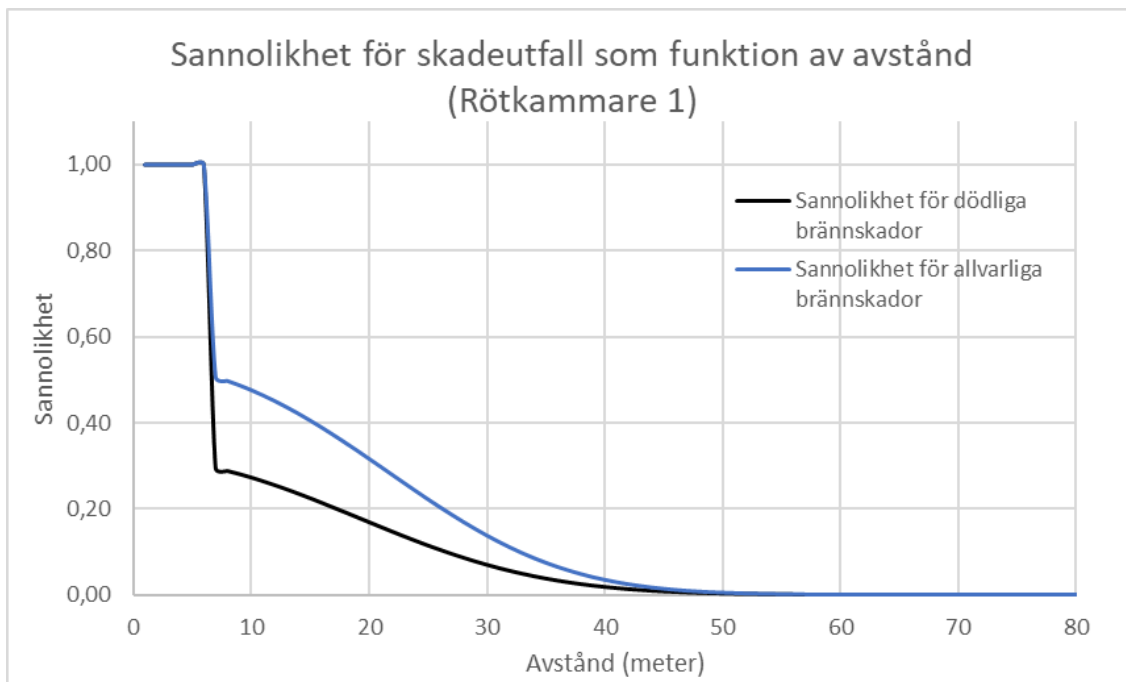
Figur 48. Sannolikhet för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avståndet från pölkant givet en exponeringstid på 60 sekunder. Representativt för scenarierna *fullständigt slangbrott på överföringsledning LBG (tidig antändning)* samt *punktering Ø 50 mm av transporttank LBG (tidig antändning)*. Pöldiametern uppgår till drygt 11 meter.



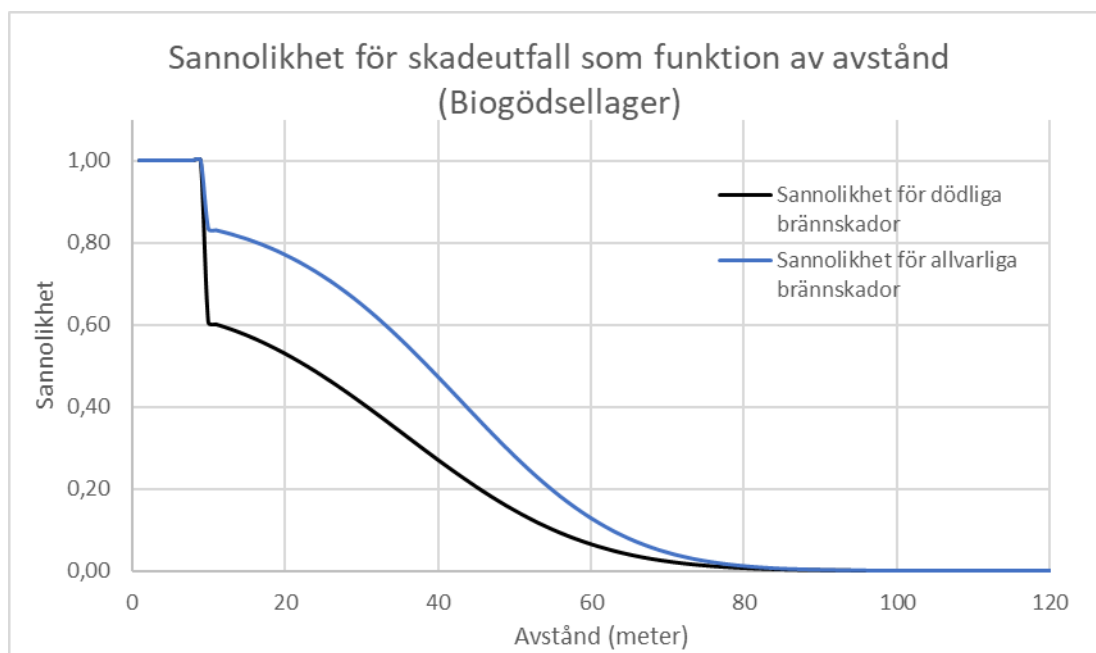
Figur 49. Sannolikheten för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avstånd från buffertlager vid händelse av tankhaveri och efterföljande eldklot – Hela lagringsmängden i omsätts i eldklotet. Sannolikheten för dödlig brännskada antas vara 100 % inom eldklotets initiala radie (~14 meter), i övrigt används probitfunktionen i CPR 16E för att uppskatta sannolikheten för dödlig brännskada som funktion av erhållen stråldos (värmestrålning).



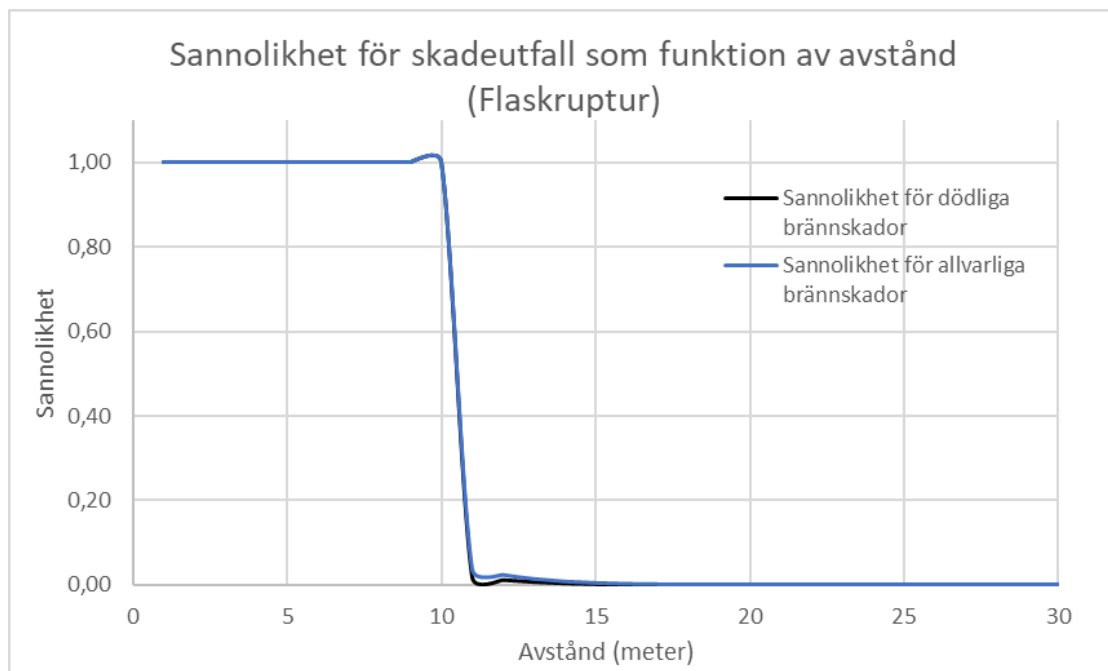
Figur 50. Sannolikheten för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avstånd från rötkammare 2 vid händelse av tankhaveri och efterföljande eldklot – Hela lagringsmängden i omsätts i eldklotet. Sannolikheten för dödlig brännskada antas vara 100 % inom eldklotets initiala radie (~12 meter), i övrigt används probitfunktionen i CPR 16E för att uppskatta sannolikheten för dödlig brännskada som funktion av erhållen stråldos (värmestrålning).



Figur 51. Sannolikheten för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avstånd från rötkammare 2 vid händelse av tankhaveri och efterföljande eldklot – Hela lagringsmängden i omsätts i eldklotet. Sannolikheten för dödlig brännskada antas vara 100 % inom eldklotets initiala radie (~7 meter), i övrigt används probitfunktionen i CPR 16E för att uppskatta sannolikheten för dödlig brännskada som funktion av erhållen stråldos (värmestrålning).



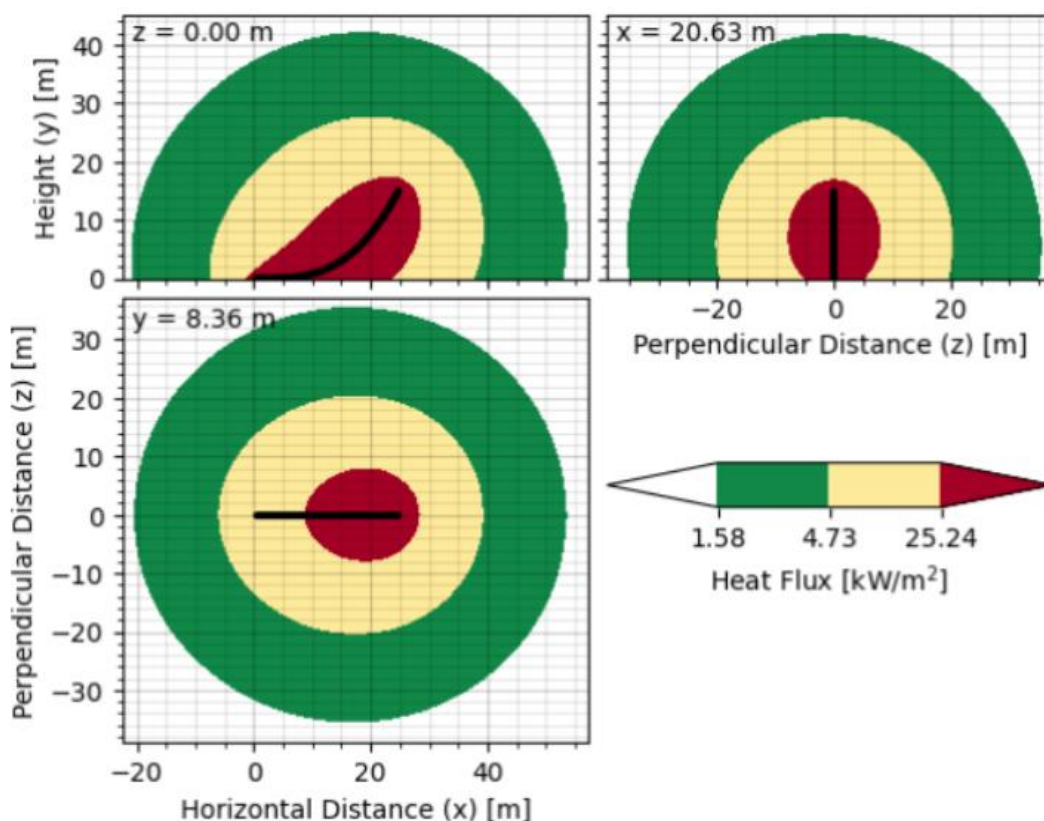
Figur 52. Sannolikheten för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avstånd från biogödsellager vid händelse av tankhaveri och efterföljande eldklot – Hela lagringsmängden i omsätts i eldklotet. Sannolikheten för dödlig brännskada antas vara 100 % inom eldklotets initiala radie (~9 meter), i övrigt används probitfunktionen i CPR 16E för att uppskatta sannolikheten för dödlig brännskada som funktion av erhållen stråldos (värmestrålning)



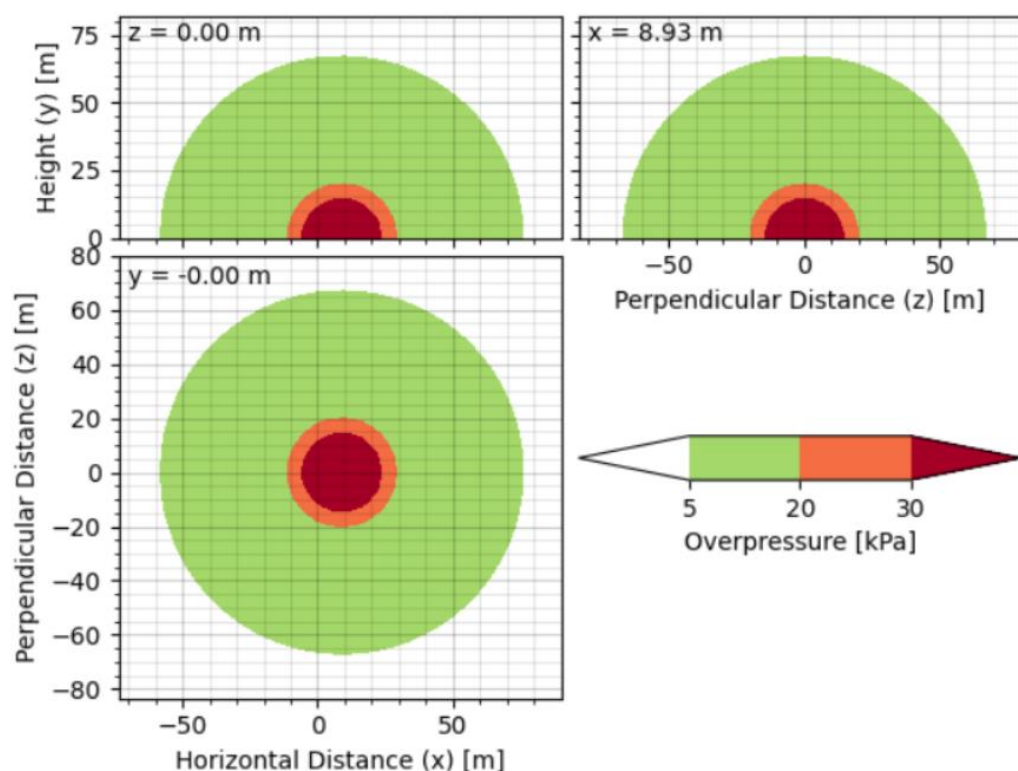
Figur 53. Sannolikheten för dödliga brännskada som funktion av avstånd från CBG-lager vid händelse av flaskruptur (61,2 kg) och efterföljande eldklot – Hela lagringsmängden i omsätts i eldklotet. Sannolikheten för dödlig brännskada antas vara 100 % inom eldklotets radie (~11 meter vid maximal utbredning, då gasen i detta fall är trycksatt till 250 bar kommer eldklotet expandera mycket snabbt varvid den maximala, och inte den initiala radien, nyttjas för att bestämma riskavståndet), i övrigt används probitfunktionen i CPR 16E för att uppskatta sannolikheten för dödlig brännskada som funktion av erhållen stråldos (värmestrålning).

Tabell 15. Utdata från spridningssimuleringar av brännbara gasmoln vid utsläpp av LBG. Genomgående tungasmodell.

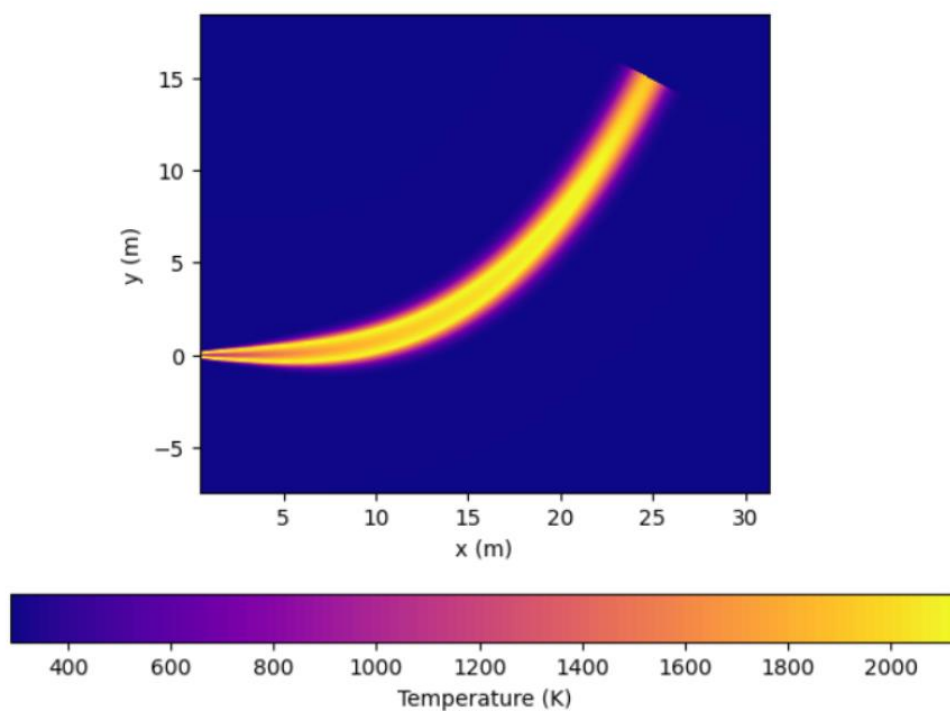
Lagringstank LBG - Hela tankens innehåll har släppts ut efter 10 minuter (Fördröjd antändning): Pölarea 1 000 m ²		
Väderförhållanden	Avstånd till 60 % av LFL	Spridningsvinkel
B, 3,0 m/s	192	23 °
D 5,0 m/s	294	13 °
E 3,0 m/s	200	20 °
F 2,0 m/s	136	60 °
Fullständigt slangbrott på överföringsledning LBG (Fördröjd antändning): Pölarea 100 m ²		
Väderförhållanden	Avstånd till 60 % av LFL	Spridningsvinkel
B, 3,0 m/s	76	23 °
D 5,0 m/s	113	13 °
E 3,0 m/s	110	12 °
F 1,5 m/s	69	38 °
Transporter LBG - Punktering Ø 50 mm av transporttank (Fördröjd antändning): Pölarea 100 m ²		
Väderförhållande	Avstånd till 60 % av LFL	Spridningsvinkel
B, 3,0 m/s	76	23 °
D 5,0 m/s	113	13 °
E 3,0 m/s	110	12 °
F 1,5 m/s	69	38 °



Figur 54. Resultande strålningspåverkan på omgivningen vid scenariot *brott på gasledning Ø 10 mm (Transporter CBG)* med efterföljande jetflamma. Riskområdet för dödlig brännskada givet en exponeringstid på 60 sekunder uppgår till drygt 35 meter. Notera hur jetflaman böjs uppåt till följd av stigrkraften.

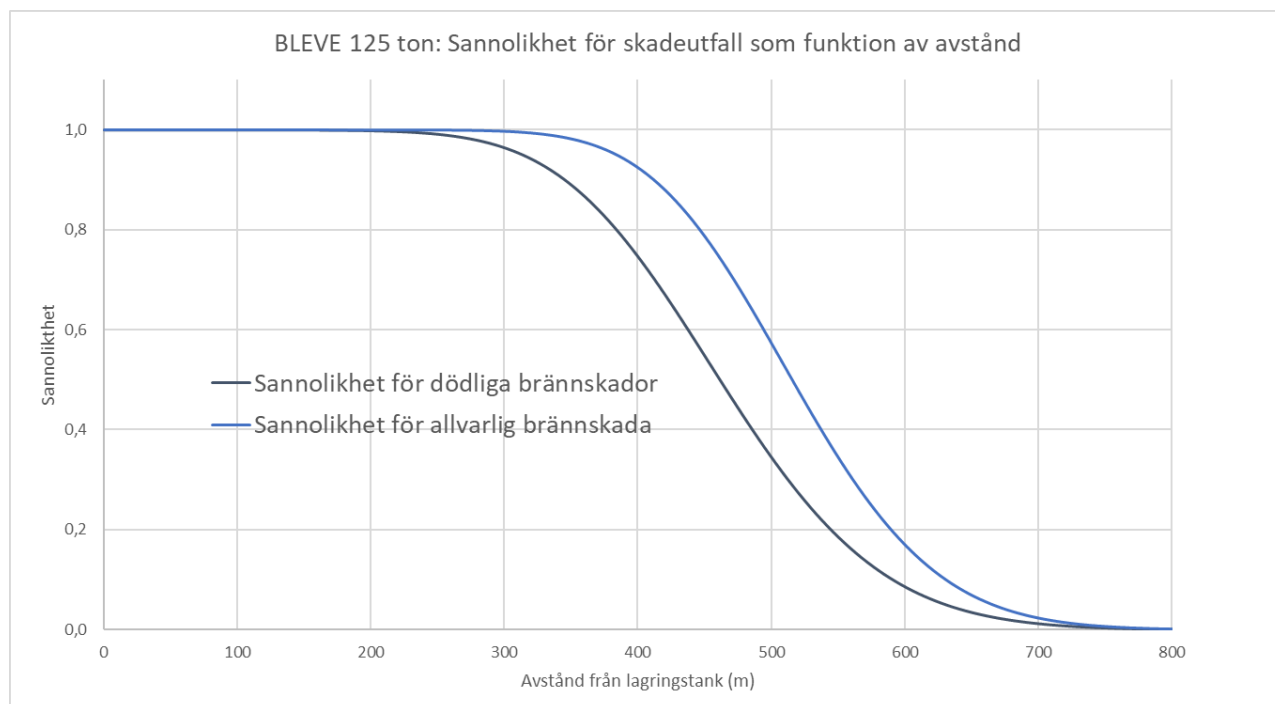


Figur 55. Resultande tryckpåverkan på omgivningen vid scenariot *brott på gasledning Ø 10 mm (Transporter CBG) och fördröjd antändning (gasexplosion)*. Simulerat som en gasexplosion i Mach 5,2 (detonationshastighet).

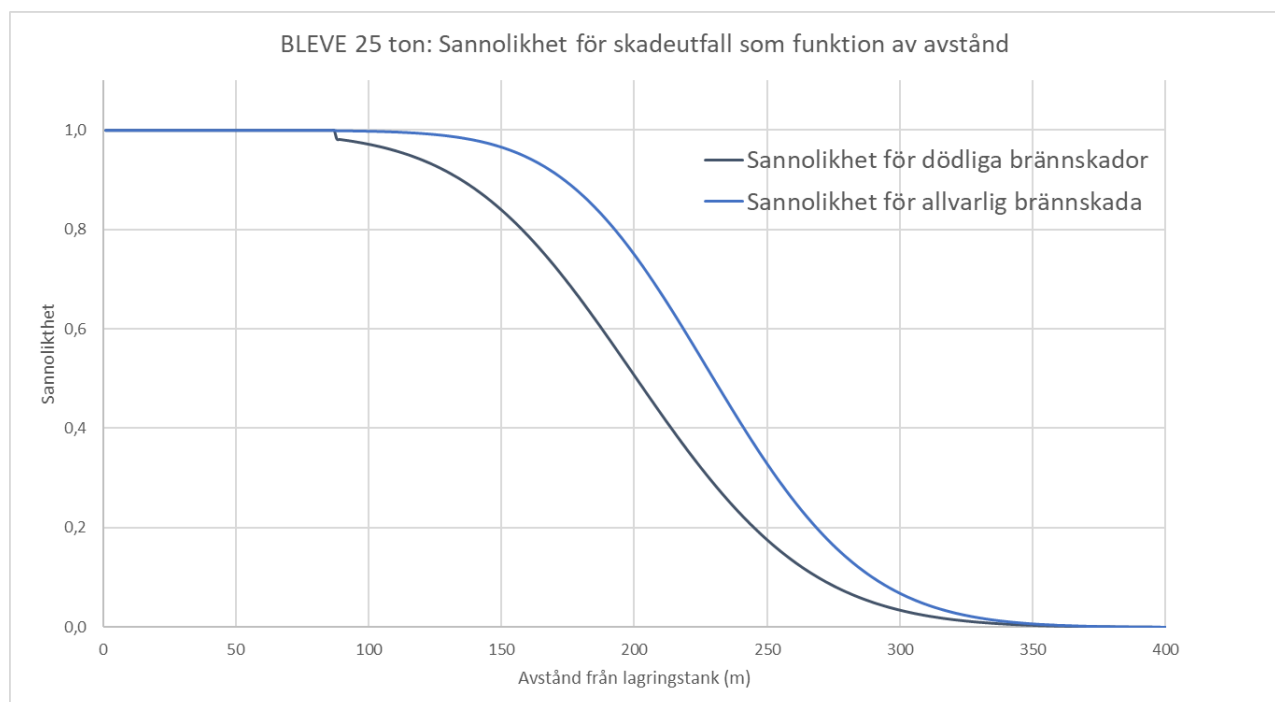


Figur 56. Resultande temperaturpåverkan på omgivningen vid scenariot *brott på gasledning Ø 10 mm (Transporter CBG) med efterföljande jetflamma*.

E.2. KÄNSLIGHETSANALYS



Figur 57. Sannolikhet för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avståndet från lagringstanken LBG vid en "varm" BLEVE där tankens säkerhetsventiler felfungerar (hela den maximala lagringsmängden på 125 ton antas omsättas i BLEVE:n som uppstår när kärlet brister).



Figur 58. Sannolikhet för dödlig brännskada respektive allvarlig brännskada (andra gradens) som funktion av avståndet från lagringstank LBG vid en "varm" BLEVE där tankens säkerhetsventiler har fungerat (~20 % kvar i tanken när den brister).

REFERENSER

- [1] Norconsult AS, Riskbedömning Biogasanläggning Sjöbo, 2023-10-16.
- [2] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, *Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering*, 2015.
- [3] Energigas Sverige, *Anvisningar för biogasanläggningar (BGA 2022)*, Energigas Sverige, 2022.
- [4] Energigas Sverige, "Anvisningar för flytande metan, LNGA 2020," Stockholm, 2020.
- [5] Energigas Sverige, *Energigasnormer (EGN 2023)*, 2023.
- [6] Committee for the Prevention of Disasters caused by Dangerous Substances, *CPR 14E "Yellow Book"*, 1996.
- [7] Gasum, "Funktionsbeskrivning LNG kundterminal - industri," 2021-09-30.
- [8] MSB, *RIB; Ammoniak*, hämtad 2019-05-03:
<https://rib.msb.se/Portal/template/pages/Kemi/Substance.aspx?id=4348>, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2019.
- [9] S. B. Kanungo och S. K. Mishra, *Thermal dehydration and decomposition of Fe(III) chloride hydrate*, Johan Wiley & Sons, Limited Chichester, 1996.
- [10] Trafikverket, "Trafikverkets beslutade riksintressen," 2023. [Online]. Available: <https://bransch.trafikverket.se/beslutade-riksintressen/>. [Använd 14 02 2023].
- [11] Naturvårdsverket, "Skyddad natur - kartverktyg," 2023. [Online]. Available: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>. [Använd 14 02 2023].
- [12] VISS, "Vatteninformationssystem Sverige," 2023. [Online]. Available: <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=3e0dd9145e6e44f298111f47f5b4184d>. [Använd 14 02 2023].
- [13] Trafikverket, "Trafikverkets vägtrafikflödeskarta," 2023. [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikfloden>.
- [14] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [15] SMHI, "Snödjup och markytans tillstånd," 29 11 2023. [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=snowDepth,stations=core,stationid=53570>. [Använd 29 11 2023].
- [16] SMHI, "Antal åskdagar per år för perioden 2002-2014," 20 09 2023. [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/medel/aska-antal-dagar-ar-medel>. [Använd 20 09 2023].
- [17] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [18] MSB, "Säkerhetsrapport - Ett stöd vid det systematiska arbetet," 2016.

- [19] E. Laurin och H. Selin, "Studie – Helhetsbild av risk inom industriparker," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Karlstad, 2015.
- [20] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, "Riskbedömning av naturliga omgivningsfaktorer," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Karlstad, 2017.
- [21] MSB, "Händelser med farliga ämnen 2017-2018, En sammanställning av inrapporterade händelser enligt LSO och LBE," Publikationsnummer MSB1373 – juni 2019 , ISBN 978-91-7383-937-2, 2019.
- [22] MSB, RIB - Järntriklorid (lösning): <https://rib.msb.se/fa/Substance/Index?id=4387>, Kontrollerad 2024-01-17.
- [23] WSP, Släckvattenutredning biogasanläggning Hörby kommun, 2024-01-13.
- [24] Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS), *Handledning om riskkriterier*, IPS, 2012.
- [25] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [26] RIVM, Reference Manual Bevi Risk Assessments (version 3.2), RIVM, 2009.
- [27] International Association of Oil and Gas Producers (OPG), Land transport accident statistics, OPG, 2011.
- [28] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Retningslinjer for kvantitative risikovurderinger for anlegg som håndterer farlig stoff, DSB, 2021.
- [29] Gasum, *Uppgift erhalten från Asbjorn Folvik (Environmental and regulatory coordinator)*, 2024-06-18.
- [30] Energigas Sverige, Säkra transporter av flytande metan - <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/naturgas/sakra-transporter-av-flytande-metan/>, Kontrollerad 2024-01-08.
- [31] W. Townsend, "Comparison of thermally coated and uninsulated rail tank cars filled with LPG subjected to a fire environment.," U.S. Department of Transportation, federal railroad administration, Washington, 1974.
- [32] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [33] S. A. Tasneem Abbasi, "The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE): Mechanism, consequence assessment, management," *Journal of Hazardous Materials* 141, p. 489–519, 2007.
- [34] P. C. Dale Zinn, "LNG Codes and Process Safety," *Process Safety Progress* Vol.24, No.3, 2005.
- [35] J. Manuel Bonilla Martinez, *Liquefied natural gas road tanker explosion*, 2013.
- [36] R. Ouddai, H. Chabane, A. Boughaba och M. Frah, "The Skikda LNG accident: losses, lessons learned and safety climate assessment," *International Journal of Global Energy Issues*, 2012 Vol.35 No.6.
- [37] S. Fischer, R. Forsen, O. Hertzberg, A. Jacobsson, B. Koch, P. Runn, L. Thaning och S. Winter, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor," 1998.
- [38] Committe for the Prevention of Disasters caused by Dangerous Substances, *CPR 16E "Green Book"*, 1996.

- [39] S. Betteridge och L. Phillips, *Large scale pressurised LNG BLEVE experiments*, Shell, 2015.
- [40] EPA, *Hämtat från United States Environmental Protection Agency:*
<https://www.epa.gov/cameo/aloha-software> 2018-05-23, United States Environmental Protection Agency.
- [41] H. Boot och S. Ruiz Perez, *Why a Hydrogen Fireball should not be Modelled as a BLEVE*, AIDIC, 2022.
- [42] Sandia national Laboratieries, "HyRAM+," [Online]. Available:
<https://energy.sandia.gov/programs/sustainable-transportation/hydrogen/hydrogen-safety-codes-and-standards/hyram/>.
- [43] E. Brian och E. Hecht, *Hydrogen Plus Other Alternative Fuels Risk Assessment Models (HyRAM+) Version 5.0 Technical Reference Manual*, Sandia National Laboratories, 2022.
- [44] Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS), *QRA Handling Del 2*, IPS, 2022.
- [45] FOA, *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor*, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [46] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [47] WSP, *Trafik- och logistikutredning biogasanläggning i Hörby*, 2023.
- [48] WSP, *Dagvattenutredning Biogasanläggning Hörby*, 2023.
- [49] WSP, *Biogasanläggning Hörby - PM Geoteknik*, 2023.
- [50] MSB, *Stormar - Handbok i kommunal krisberedskap (MSB1965 - juni 2022)*, 2022.
- [51] SMHI, *Metrologiska observationer - Vindhastighet, max av medel (h) - Hörby A*, Kontrollerad 2024-04-12.
- [52] MSB, *Handbok i kommunal krisberedskap - 4 Riskkatalog - Jordbävningar (MSB1923)*, MSB, 2022.
- [53] Wikipedia, *Artikel - Jordbävningen i SKåne 2008*, Kontrollerad 2024-04-25.
- [54] D. van der Meulen och M. Folbert, "Dominoeffekt- och riskeskaleringsstudie för Energihamnen i Göteborg," DNV, Rotterdam, 2013.
- [55] Energigas Sverige, "Användningsområden," [Online]. Available: <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/naturgas/anvandningsomraden/>. [Använd 02 10 2024].
- [56] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Comission, 1995.
- [57] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [58] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [59] F. Nystedt, *Risikanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.

- [60] K. S. Mudan och P. D. Croce, *Calculating Impacts for Large Open Hydrocarbon Fires*, Fire Safety Journal , 1986.
- [61] K. McGrattan, *Modeling Large Liquefied Natural Gas Fires*, National Institute of Standards and Technology (NIST), 2022.

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 50 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00

wsp.com